

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА УСВОЯВАНЕ НА НЕИЗПОЛЗВАНИЯ ХИДРОЕНЕРГИЕН ПОТЕНЦИАЛ В БЪЛГАРИЯ

Цветан ЦАЛОВ

tsalov@tu-sofia.bg

Технически университет – София, бул. „Климент Охридски“ № 8, 1797 София, БЪЛГАРИЯ

Резюме

Представени са данни за състоянието на хидроенергийния потенциал в България. Разглеждани са възможностите за използване на различните видове водни двигатели при усвояването на незастроената част от него – с мощности до 10 MW. Посочени са типовете водни турбини, чието изследване, разработване на конструкции и производство биха спомогнали за ефективното усвояване на този ресурс.

Ключови думи:

МВЕЦ, водни турбини, хидроенергиен потенциал.

Въведение

В последните години се наблюдава устойчив растеж на цената на електроенергията. В същото време, под различни форми, се предприемат мерки за стимулиране на производството на енергия от възобновяеми източници – в частност източници на водна енергия. Като резултат, редица от тях, смятани до скоро за нерентабилни, са изследвани и се търси начин за тяхното използване. Според наложилата се класификация в Европа, почти всички те попадат в категорията „малки“ – с мощност до 10 MW. За използването на тази енергия е необходимо създаването на евтими, технологични и лесни за обслужване и управление конструкции на водни турбини, способни да работят високоэффективно при условията на естествения отток на източниците.

Целта, поставена в настоящата работа, е да се определи посоката на усилията за изследване, конструиране и производство на малки водни турбини за усвояване на неизползвания хидроенергиен потенциал на страната.

Състояние на хидроенергийния потенциал

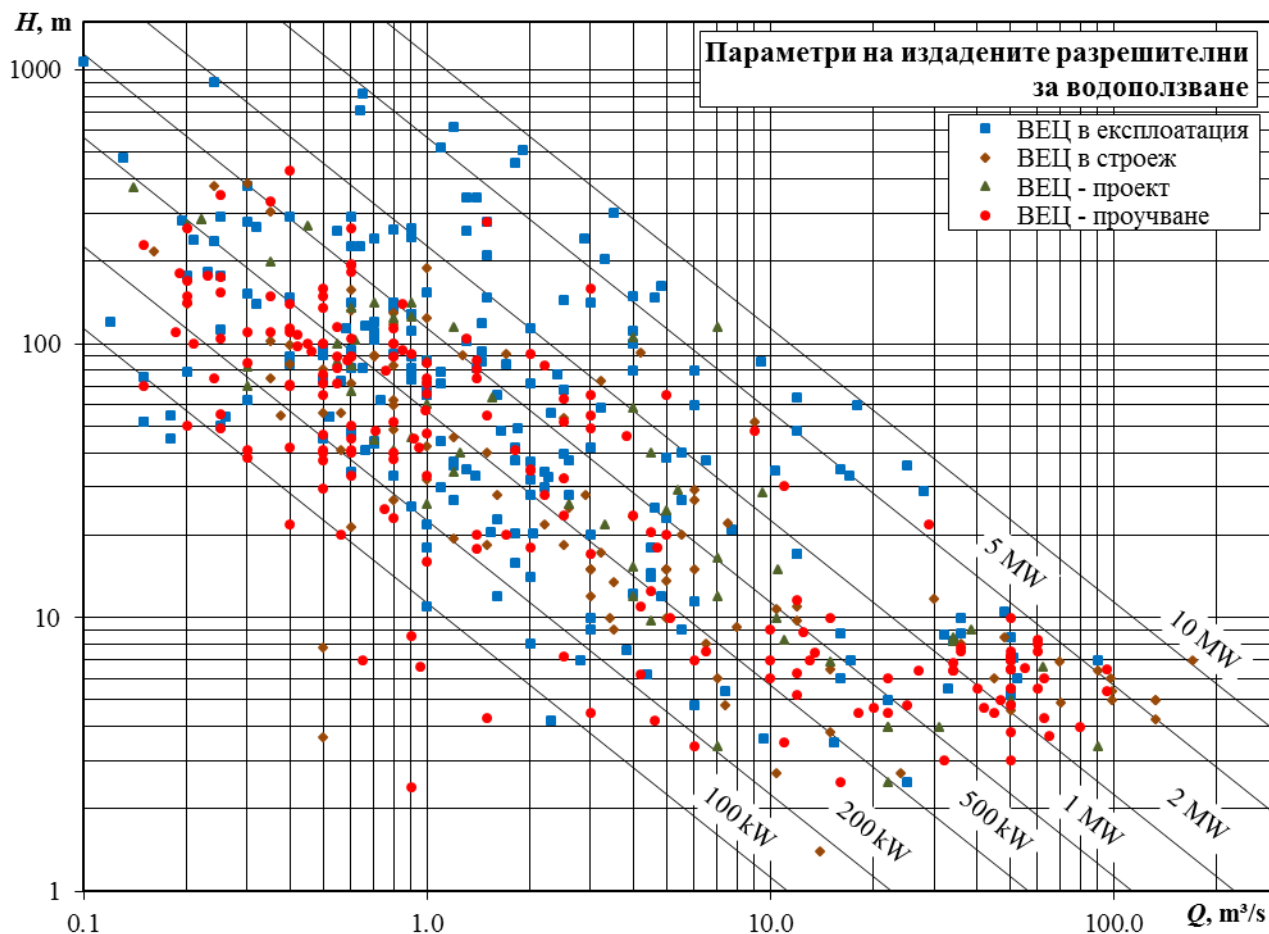
България е сравнително бедна на водни ресурси. Средният многогодишен теоретичен хидроенергиен потенциал се оценява между 21.6 и 26.4 TWh/год. [Любенов 2011; Lehner et al. 2001],

технически усвоимият на 15 TWh/год. [Енергийна ... 2011], а към настоящият момент икономически приемливият при наложените екологични ограничения на 12 TWh/год. [Любенов 2011].

Към края на 2012 година в експлоатация са въведени 205 ВЕЦ с обща инсталирана мощност 2.19 GW [Регистър ... 2012] и brutното производство за същата година 3.2 TWh [Бюлетин ... 2013].

От проучвания, направени в края на миналия век на територията на страната за изграждане на малки ВЕЦ, са доказани 730 икономически изгодни за използване створа с мощност около 215 MW и годишно производство в рамките на 800 GWh [Колев 1994; Новакова 1994]. По последни оценки теоретичният потенциал, усвоим с малки ВЕЦ, е 1.527 TWh, а икономически приемливият при наложените екологични ограничения е 1.000 TWh [Search ... 2014]. Като около 40 % от последния е останал неувоен.

По данни от Басейновите дирекции [Информация ... 2013а; Информация ... 2013б; Информация ... 2013в; Информация ... 2013г;], в края на 2013 г. има издадени 866 разрешителни за водоползване от повърхностен воден обект с цел производство на електрическа енергия. От тях 841 са за обекти с мощност до 10 MW. Състоянието на тези обекти е представено в табл. 1, а параметрите им са показани на фиг. 1.



Фиг. 1. Параметри на издадените разрешителни за водоползване с цел производство на електроенергия до 10 MW, издадени до края на 2013 г.

Очаквания за търсенето на турбини

Перспективите за търсенето на турбинно оборудване за ВЕЦ с мощност до 10 MW се свеждат до:

- Обекти без започнало проектиране. Според данните от Басейновите дирекции, в края на 2013 г. са издадени разрешителни за водоползване от 459 створа, за които няма данни да е започнало проектирането.

Таблица 1.

Състояние на разрешителните за водоползване с цел производство на електроенергия до 10 MW.

Състояние	Количество, броя	Обща инсталирана мощност, MW
В експлоатация	227	313
В процес на изграждане	96	114
В стадий на проектиране	59	60
Без данни за започнало проектиране	459	-

- Обекти в стадий на проектиране (59 броя), за които все още не са избрани или договорени доставките на турбини.

• МВЕЦ, работещи с помпи в турбинен режим. В част от тези МВЕЦ помпените агрегати вече са сменени с такива с турбини. Следствие на по-ниската изкупна цена на енергията, произведена от такива централи се очаква в скоро време това да се случи и в останалите

• За инсталиране на допълнителна турбина във вече пуснати в експлоатация МВЕЦ, с цел оползотворяване на енергията на водата под прага на работа на инсталираните хидроагрегати и тази над максималната им мощност. В някои случаи увеличението на произведената електроенергия може да бъде значително. Например в МВЕЦ „Станкова река“, където има една турбина, е инсталирана допълнителна турбина с мощност на порядък по-малка от основната, но в по-голямата част от времето след нейното инсталиране е работила само новоинсталираната [Обретенов 2013б].

- Подмяна или рехабилитация на турбини с изчерпан ресурс [Obretenov 1999].

- Обекти за които, по една или друга причина, към настоящия момент не са издадени разрешителни за водоползване.

Важно е да се отбележи, че почти всички обекти са на течащи води и то при много голямо вариране на оттока.

Схеми на застрояване

Особена важност за ефективното оползотворяване на разполагаемата енергия на централата има определянето на инсталираната мощност, типа на агрегатите и разпределението на мощността между тях. Обикновено се стига до някой от следните варианти:

- **МВЕЦ с един агрегат.**

Предимство на този вариант е, че при него най-често се получава най-ниска стойност на инвестицията при една и съща инсталирана мощност.

Като основен недостатък може да се посочи стесненият диапазон на изменение на дебита при който централата може да работи, това е особено осезаемо при Францисови и пропелерни агрегати. Друг такъв е спирането на централата при планови и аварийни спирания на агрегата.

- **МВЕЦ с два или няколко еднакви агрегата.**

Основните предимства са по-добрите възможности за покриване на изменението на дебита и възможността плановите спирания да бъдат правени поетапно през периода с малък дебит.

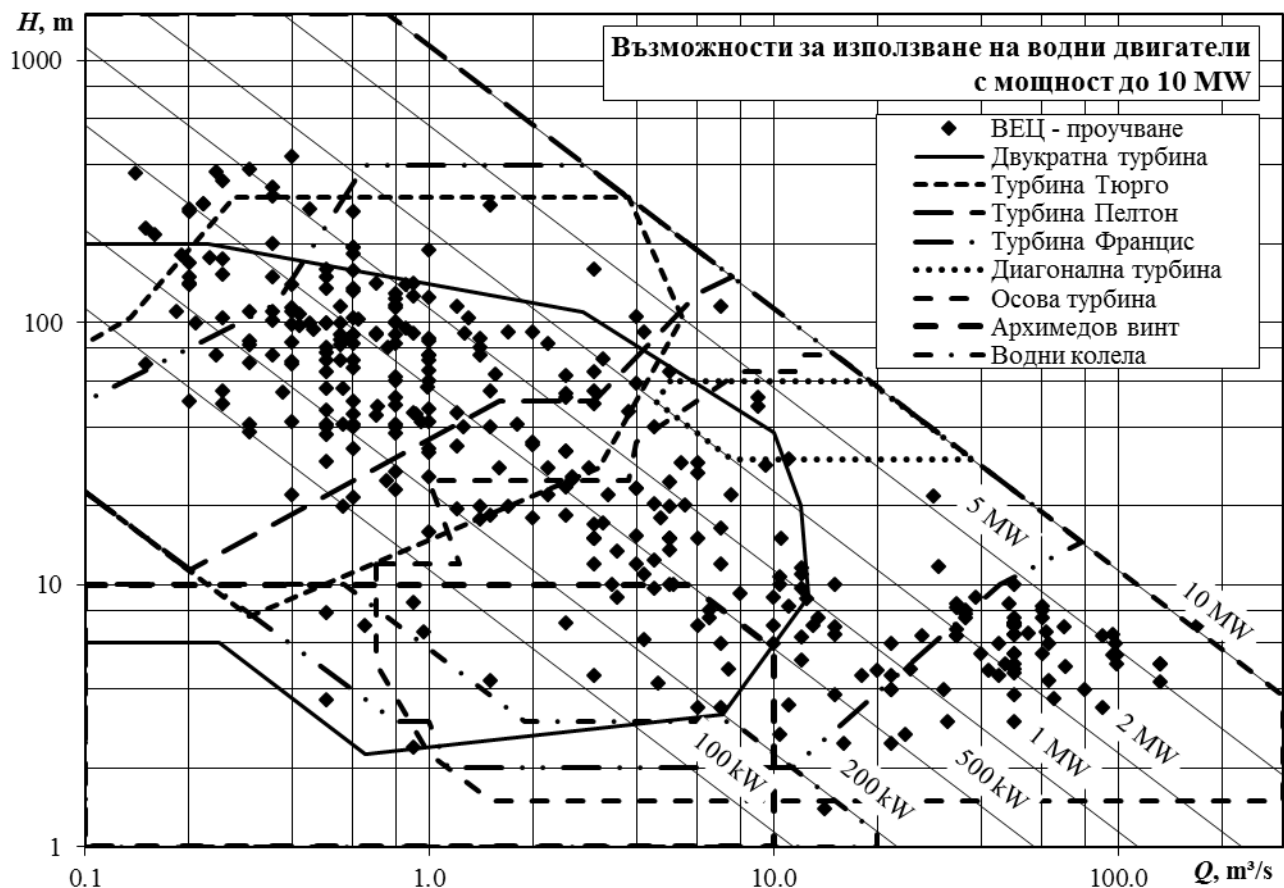
Обикновено инвестицията е по-голяма спрямо варианта с един агрегат, което може да се посочи като недостатък на този вариант.

- **МВЕЦ с два или няколко различни агрегата от един и същи тип.**

Предимството на този вариант спрямо предишният се изразява основно в повишената възможност за покриване на измененията на дебита, при това с по-голяма ефективност. За сметка на това, той обикновено е по-скъп.

- **МВЕЦ с два или няколко агрегата от различен тип.**

Към този вариант се прибъгва понякога, когато в централата се инсталира допълнителен агрегат. Обикновено това е агрегат със значително по-ниска мощност от останалите и има възможност да работи при широк диапазон на изменение на дебита. Типичен е примерът с МВЕЦ „Чаир дере“ [Обретенов 2008]. Увеличението на инвестицията е незначително, но произведената енергия е увеличена с 50%.



Фиг. 2. Възможности за използване на водни двигатели с мощност до 10 MW

Таблица 2.
Относителен дял на приложимост на различните видове водни двигатели при усвояване на потенциала на обектите с незапочнато проектиране, %.

Тип воден двигател	Един агрегат	Два агрегата
Турбина Францис	70.4	75.9
Двукратна турбина	67.8	72.4
Турбина Пелтон	50.3	55.3
Турбина Тюрго	55.3	53.3
Осова турбина	41.2	37.7
<i>Вертикална</i>	<i>38.2</i>	<i>34.2</i>
<i>S - турбина</i>	<i>38.2</i>	<i>34.2</i>
<i>Правофокова</i>	<i>35.7</i>	<i>33.2</i>
Архимедов винт	6.0	12.6
Водни колела	1.0	3.0
Диagonalна турбина	1.0	0.0

Приложимост на различните видове водни двигатели

На фиг. 2., в полето $Q-H$, са показани обобщените зони на приложимост на видовете водни двигатели. Отделните зони са получени чрез обединение на зоните на водещите световни производители. В същото поле са представени данните от Басейновите дирекции за параметрите на разрешителните за водоползване без започнало проектиране.

Прави впечатление струпването в зоната на големите дебити, където единствено приложима е осова турбина. Съществува и известно количество обекти за които Пелтоновата турбина е без алтернатива. За останалите случаи е възможен избор, като за голяма част е възможно използването на три и повече типа водни двигатели.

Приложимостта на различните видове двигатели за усвояване на обектите в стадий на проучване е представена в табл. 2. Разгледани са само вариантите с един и с два еднакви хидроагрегата. От гледна точка на това, че в България засега няма устойчиво местно производство на осови турбини, а също така и, че те нямат алтернатива в повечето от случаите, в табл. 2 те са представени по-детайлно.

От резултатите ясно се вижда неприложимостта на diagonalната турбина и водните колела и твърде ограничените възможности на Архимедовият винт.

Съвсем очаквано, най-голяма приложимост може да намери Францисовата турбина. За нейното оразмеряване е създадена методика [Obretenov 1989], по която е реализиран софтуе-

рен пакет в ТУ-София. Тя е доказала своята ефикасност при проектирането на редица нови и рехабилитацията на вече въведени в експлоатация турбини в страната. Турбини Францис се произвеждат от водещите в бранша наши фирми – ВАПТЕХ ЕООД и Енергоремонт Пловдив АД. Турбините са с висок максимален к.п.д., но като цяло този тип турбини нямат възможност да работят при големи изменения на дебита.

Много голямо приложение може да намери и двукратната турбина. Този тип турбини се характеризират с изключително проста и евтина конструкция, подаваща се на унификация. В сравнение с другите турбини, тя има ниска стойност на максималния к.п.д., но може да го запази почти непроменен за много големи изменения на дебита. Също така има възможност да оползотвори и част от геодезичната разлика между работното колело и долно водно ниво – за разлика от другите активни турбини. Благодарение на тези си особености, в много от случаите на конкуренция с други видове турбини тя е предпочитана. В ТУ-София е разработена методика за оразмеряване на проточната част на тази турбина [Obretenov 1996]. Разработена е и конструкция, приложима в зоната на средните и високите напори при сравнително малки дебити [Обретенов 2013а]. Доколкото в страната има инсталирани двукратни турбини (намерили са приложение в над 20 малки ВЕЦ), то те предимно са оразмерени и конструирани именно в ТУ-София. Продължаването на изследванията би спомогнало за повишаване на ефективността и усъвършенстване на конструкцията ѝ. За покриване на цялата зона обаче е необходимо да се създаде и изследва модел на двукратна турбина за областта на големите дебити при ниски напори, на базата на който да се разработи конструкция и технология за производство. За целта може да се използва натрупаният опит при високонапорната турбина.

Голямо приложение могат да намерят и турбините Пелтон и Тюрго. В ТУ-София е разработена методика и софтуер за оптимално проектиране на турбини Пелтон [Obretenov 1993] и конструкции с хоризонтален и вертикален вал. Приложимостта на методиката и нейното високо качество са потвърдени при производството на турбини за местния пазар [Обретенов 2013б]. Турбини Пелтон за МВЕЦ в България се произвеждат от ВАПТЕХ ЕООД, Енергоремонт Пловдив АД и РЕДИ ООД. Съществуват и други производители, но тяхната продукция е с ниски енергийни показатели.

Турбина Тюрго има ограничено приложение в света, а в България за сега такава турбина не е инсталирана. В страната тя не е изследвана и няма разработени конструкции. По параметри в

по-голямата част от случаите може да бъде заместена успешно от турбина Пелтон, а в останалите от турбини Францис и двукратна. По сложност и цена почти не се отличава от турбина Пелтон.

В сравнение с другите използвани в страната видове водни турбини осовата може да намери приложение в сравнително по-малко от разглежданите случаи. В същото време тя е турбината, която няма алтернатива при усвояването на нисконапорните створове. В България турбината е недостатъчно изследвана. В ТУ-София е разработена методика и софтуер за нейното оптимално проектиране [Обретенов 1995]. Разработена е и първата моделна осова турбина [Обретенов 2011]. Тя е инсталирана в лабораторията по хидроенергетика и хидравлични турбомашини (ХЕХТ) на ТУ-София. Предстои нейното изследване. Турбината е с хоризонтален вал и двойно регулиране. От данните в табл. 2 се вижда, че трите типа конструкции почти се припокриват. Следователно разработването на една от разновидностите би задоволила почти изцяло нуждите от осови турбини.

В България осови турбини се произвеждат, по чужда документация, за външни производители и предимно за ВЕЦ извън страната. Все пак може да се каже, че благодарение на това има натрупан известен опит при производството на тези турбини.

В лабораторията по хидроенергетика и хидравлични турбомашини са инсталирани пет турбинни стенда [Лаборатория ... 2014], на които могат да бъдат провеждани моделни изследвания на практически всички видове водни турбини, в съответствие с изискванията на стандарт ИЕС 60193. Освен това в резултат на системни изследвания са разработени проточни части на Францисова, Пелтонова, Капланова и двукратна водни турбини.

Заклучение

За ефективното усвояване на незастроения хидроенергиен потенциал на България е необходимо:

1. Задълбочено изследване и разработване на високоефективни модели на осова и на нисконапорна двукратна турбини.
2. Разработване на конструкции и технологии за производство на тези турбини.
3. Продължаване на изследванията и на другите видове турбини в лабораторията ХЕХТ с цел повишаването на ефективността на произвежданите в страната турбини.
4. Тясно сътрудничество между изследователи и производители на водни турбини.

Благодарности

Автора изказва благодарност на проф. д-р Валентин Обретенов за прегледа на първата редакция на работата и направените препоръки за нейното подобрене. Те са отразени в окончателният ѝ вариант.

ЛИТЕРАТУРА

Бюлетин за състоянието и развитието на енергетиката на Република България (2013 г.) [онлайн]. Министерство на икономиката и енергетиката на Република България, 2013. [прегледан 04.01.2014]. http://www.mi.government.bg/files/-useruploads/files/buletin_energy_2013_bg.pdf.

Енергийна стратегия на Република България до 2020 г. [онлайн]. Министерство на икономиката и енергетиката на Република България, юни 2011. [прегледан 04.01.2014]. http://www.mi.government.bg/files/useruploads/files/eps/p/22_energy_strategy2020_.pdf.

Информация по ДИ-48/08.08.2013 г. за разрешителни за водоползване с цел производство на електроенергия, съгласно Решение № 37/27.08.2013 г. на Директора на Басейнова дирекция за Черноморски район. Варна: Министерство на околната среда и водите, 2013.

Информация по ДОИ-01-20/21.08.2013 г. за разрешителни за водоползване с цел производство на електроенергия, съгласно Решение № 15/11.09.2013 г. на Директора на Басейнова дирекция Западнобеломорски район. Благоевград: Министерство на околната среда и водите, 2013.

Информация по ЗДОИ-410/20.08.2013 г. за разрешителни за водоползване с цел производство на електроенергия, съгласно Решение № 403/20.09.2013 г. на Директора на Басейнова дирекция Дунавски район. Плевен: Министерство на околната среда и водите, 2013.

Информация по ЗДОИ-43/20.08.2013 г. за разрешителни за водоползване с цел производство на електроенергия, съгласно Решение № ЗДОИ-43/25.09.2013 г. на Директора на Басейнова дирекция за управление на водите на Източнороморски район. Пловдив: Министерство на околната среда и водите, 2013.

Колев, К. Възобновяеми енергийни източници в Република България – състояние и перспективи [онлайн]. - В: Енергиен форум '94 „Ефективно използване на енергията”. Варна: 15-17 юни 1994. INIS-MF—14491. [прегледан 04.01.2014]. http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/26/040/26040811.pdf.

Лаборатория по хидроенергетика и хидравлични турбомашини. 2014. [онлайн]. [прегледан 21.06.2014 г.]. <http://www.hydrolab-tusofia.bg/bg/documents/Stands/StandNo1.html>.

- Любенов, Н. Хидроенергиен сектор на Република България. - В: Научно техническа конференция „Язовирното строителство в Р България – настояще и перспективи“ [онлайн]. София: Българско дружество по големите язовири, 18 февруари 2011. [прегледан 08.06.2014]. http://w3.uacg.bg/UACEG_site/FHE-2011-Konf-Docs/2.pdf.
- Новакова, Р. Хидроенергетиката – шанс за екологията [онлайн]. - В: Енергиен форум '94 „Ефективно използване на енергията“. Варна: 15-17 юни 1994. INIS-MF—14496. [прегледан 04.01.2014]. http://www.iaea.org/inis/collection/-NCLCollectionStore/_Public/26/042/26042475.pdf.
- Обретенов В. Автоматизирано проектиране на осови водни турбини. - В: Сборник доклади от 4-та национална научна конференция “РАЙТ’96” (НТС). ноември, 1996, стр. 30-35.
- Обретенов, В. Анализ на възможностите за оползотворяване на хидроенергийния потенциал от МВЕЦ „Чаир дере“. - В: Сборник доклади от научна конференция ЕМФ’2008, т. II. Созопол: 17-20 септември, 2008, с. 85-89. ISSN 1310-9405.
- Обретенов, В., Ц. Цалов. Двукратна водна турбина за средни напори. - В: Сборник доклади от научна конференция ЕМФ’2013а, т. II. Созопол: 15-18 септември, 2013, с. 72-76. ISSN 1314-5371.
- Обретенов, В., Ц. Цалов. Моделна Капланова водна турбина. - В: Сборник доклади от научна конференция ЕМФ’2011, т. II. Созопол: 17-20 септември, 2011, с. 15-20. ISSN 1310-9405.
- Обретенов, В., Ц. Цалов. Пелтонова водна турбина за малки ВЕЦ. - В: Топлотехника, 2013б, № 5, с. 56-59. ISSN 1314-2550.
- Регистър на сертификати за произход за електрическа енергия, произведена от ВЕИ, приети с решение на ДКЕВР № С-06 от 23.07.2012 г. [онлайн]. София: Държавна комисия за енергийно и водно регулиране, септември 2012. [прегледан 08.06.2014 г.]. http://www.dker.bg/PDOCS/certificates_09_12.pdf.
- Lehner, B., G. Czisch, S. Vassolo. Europe’s Hydropower Potential Today and in the Future - In: EuroWasser – Model-based Assessment of European Water Resources and Hydrology in the Face of Global Change. Kassel World Water Series 5 [online]. Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, December 2001. [Last accessed on 08.06.2014]. http://www.usf.uni-kassel.de/usf/archiv/dokumente/kwws/5/ew_8_hydropower_low.pdf.
- Obretenov V. Modernization of small water turbines. - In: Proceedings of the EMF’99 conference, v.3, Varna: 1999, pp. 20-25.
- Obretenov V. Optimization of Cross-flow Water Turbine. - In: Proceedings of the 26th Israel conference on mechanical engineering. Technion city, Haifa, Israel: 1996. pp. 535-537.
- Obretenov V. Optimum Design of Pelton Turbine Wheels. - In: Proceedings of the Hydroturbo’93 Conference, Brno: 1993, pp. 313-320.
- Obretenov, V., G. Djambazov. Computer-aided Design of Francis Turbine Impellers. - In: Proceedings of the Hydroturbo’89 Conference, v. 2. Brno: 1989, pp. 191-198.
- Search Energy Data – Potential. -In: HYDI - The European Hydro Database. [online]. Brussels: European Small Hydropower Association [Last accessed on 08.06.2014]. <http://streammap.esha.be/20.0.html>.

POSSIBILITIES FOR UTILIZATION OF UNUSED HYDROPOWER POTENTIAL IN BULGARIA

Tsvetan TSALOV

Summary

Data on the state of the hydropower potential in Bulgaria are presented. The possibilities for using different types of water engines in the absorption of undeveloped part of it (up to 10 MW) are considered. The types of water turbines, whose research, development of constructions and manufacture would contribute to the effective utilization of this resource are indicated.

Keywords:

SHPP, water turbines, hydropower potential.