

## **ОГРАНИЧЕНОСТ НА ПРИЛАГАНИТЕ КРИТЕРИИ ЗА ИЗБОР НА ВАРИАНТ ЗА ИНВЕСТИРАНЕ В МАЛКИ ВОДНОЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЦЕНТРАЛИ НА ТЕЧАЩИ ВОДИ**

Георги Киранчев\*

В тази студия авторът (в ролята му на участник в разработването на над 50 проектни проучвания в областта на малки водноелектрически централи на течащи води) споделя своите изводи и оценки за практиката при взимането на инвеститорски решения. Сблъсквайки се с един и същ проблем – недостатъчната адекватност на прилаганите методи и критерии за избор, което често пъти се явява пречка за взимане на решение, авторът предлага свое виждане за усъвършенстване на тези методи и критерии.

Тук и навсякъде по-нататък в текста съкращението “МВЕЦ” ще означава малка водноелектрическа централа на течащи води.

През последните 15-16 години интересът към инвестирането в малки водноелектрически централи (МВЕЦ) на течащи води преживява разцвет. Първоначално този интерес се дължеше на модата – хората бяха чували (а някои и виждали) за такива ВЕЦ и бяха решили, че след като ги има по света, то не е зле и те да си имат. След това интересът се поддържаше, от една страна, от възможността горящите в огъня на инфлацията пари да бъдат инвестирани в нещо с дълъг икономически живот, а, от друга – от предоставяната помощ за малки частни инвеститори от страна на МОСВ под формата на безлихвен заем, покриващ по-голямата част от размера на инвестицията. После дойде ред на приватизацията и вече за МВЕЦ се заговори като за кокошка, снасяща златни яйца, или поне произвеждаща пари “от нищо”. Чуждестранни компании, взимащи участие в тяхната приватизация, предизвикаха и появата на български капитали в този процес. Естествено, не се мина и без “пране на пари”, за което можем да съдим по абсурдно високите цени, по които бяха продадени някои ВЕЦ на повече от почтена възраст. Тези цени надминаваха в пъти цената на нова и построена с най-модерни технологии аналогична централа и трудно може да се обяснят с други рационални съображения на инвеститорите. Постепенно настъпи известно отрезвяване. Стана ясно, че инвестициите в МВЕЦ не са за всеки, че те не могат “да върнат парите утре” и че получаването на всички нужни разрешения и документи е едногодишен процес на ходене по мъките. Тогава обаче дойдоха обнадеждаващи и стимулиращи сигнали отвън. Енергийният сектор на страната трябва да се вмести в определени изисквания за дела на енергията, произвеждана от възобновяеми източници, банките в страната имат кредитни линии за обекти с такъв характер, ЕБРД отпуска грантове за ползващите кредити по тези линии, покриващи част от главницата, обещава се преференциални цени за производителите. Именно тези нови стимули отново насочиха вниманието на български и чуждест-

---

\* Георги Киранчев е главен асистент в катедра “Маркетинг и стратегическо планиране”; e-mail: bategoiko@hotmail.com, тел: 0888/34-24-03.

ранни инвеститори към МВЕЦ. В този контекст МВЕЦ (и ВЕЦ въобще) засега представляват най-старата, отработена и технически усъвършенствана технология, докато останалите подобни технологии тепърва трябва да доказват своето право на място в енергийния баланс и най-вече – своята икономическа ефективност. България също ще трябва в недалечно бъдеще да достигне производство на 20% от енергията от възобновяеми източници и е императивно важно това да не стане за сметка на неефективни инвестиционни решения.

Проблематиката за взимане на оптимални решения в икономиката е вечна, защото тук не може да има окончателни, веднъж завинаги взети правилни решения. При инвестиционните проекти актуалността на взимането на оптимални решения е може би още по-голяма, но и проблемът е още по-сложен и труден за решаване. Сложността произтича от увеличаването на управляемите променливи или, ако искаме да използваме друг термин – на степените на свобода на решение. Докато при управлението на вече съществуващи икономически обекти (които **някога** са били обекти на взимане на инвестиционно решение) много от управляемите променливи вече са приели стойностите си (намалели са степените на свобода) и вече са известни, то на етапа на взимане на решение за тези променливи също трябва да се взимат обособени решения. Точно на този етап е възможно и много лесно “да се счупи стомната”, да се вземат неадекватни на сложната действителност решения, които да обрекат на неуспех бъдещия обект още в зародиш. Пренебрегването на необходимостта и на възможността да се потърси и да се намери оптимално инвестиционно решение може да породии обекти, които в последствие се явяват бремене не само за отделните инвеститори, но и които, в зависимост от размера им, могат да се превърнат в бремене и за националната икономика.

Сложността на търсенето и намирането на оптимално инвестиционно решение е породила и определени подходи при вземането на тези решения. В едни случаи се взимат “стандартни” решения, когато практиката е доказала, че дадени параметри на обекта на инвестиране са доказали успешността си в практиката. Но тази практика е приложима в случаите на стандартни ситуации. В това отношение МВЕЦ на течащи води се отличават с уникалност и неповторимост като изходни условия и поради това стандартните решения в този случай са по-скоро обещание за формално взето и неправилно решение.

Друг подход при взимането на инвестиционни решения е някои от параметрите да се фиксират априорно, а останалите да произтичат от така взетите априорни решения, с което и се решава споменатият проблем. Всъщност проблемът се пренася върху априорните решения и от тях зависи доколко ще бъдат правилни произтичащите от тях. В ситуацията, когато тези априорни решения са очевидни или могат да варират в много тесни граници, този подход работи добре. Такива например са случаите на локализация на особени обекти, изискващи комбинация от уникални условия, при които решението не предполага многовариантност. В това отношение проектите за МВЕЦ на течащи води не облекчават проблема за инвестиционно решение дори когато локализацията е определена – остават твърде много вариантни решения, при това – в достатъчно широки интервали, за да може да се очаква, че те ще произтичат еднозначно (или в тесен интервал) от локализацията.

Спецификата на подобни инвестиционни обекти е, че те имат изключително дълъг живот, измерващ се в десетилетия (в страната съществуват МВЕЦ, чийто икономически живот вече надминава 80 години). Това поставя завишени изисквания пред качеството на направения инвестиционен избор. От една страна – защото дори малките подобрения в ефекта, дължащи се на подобрен метод за взимане на решение, с натрупване във времето могат да дадат чувствителни резултати. От друга страна – защото “поправянето” на погрешните решения струва много скъпо на инвеститора. Инвеститорът, станал жертва на недобър избор на инвестиционно решение, ще бъде изправен пред равнотелните алтернативи – да преглътне това решение и да се окаже собственик на неефективна МВЕЦ (със съмнителна възможност да се освободи от тази собственост без да загуби пари) или да вложи допълнителни средства за поправяне на недобрия избор, с което новият обект ще стане изключително скъп в сравнение дори с едно неоптимално, но просто добро решение. В много от случаите на приватизирани стари МВЕЦ в страната в последствие се оказва по-изгодно на тяхното място да се построи нова МВЕЦ, отколкото съществуващата да се приспособява към новите реалности. Като се добавят и нереалистично високите цени, при които се осъществяваха приватизационните сделки, става съмнително дали изобщо тези инвестиции са били продиктувани от икономически съображения и дали някога те ще бъдат ефективни.

В съвременните условия в страната все още не се наблюдава изобилие, камо ли излишък на инвестиционни ресурси, които да могат да се инвестират дългосрочно в инвестиционни проекти с ниска икономическа ефективност. Самите инвеститори не са добре запознати със спецификата на МВЕЦ и в страната липсват защитни механизми, които биха могли да ги предпазят от взимането на неефективни решения. Налице е опасността оскъдните инвестиционни ресурси да бъдат за дълги години “погребани” в скъпоструващи, неспособни да генерират насрещни инвестиционни ресурси обекти. Впрочем България не е изключение, когато става дума за намиране и използване на по-добри методи за взимане на инвестиционни решения. В страните със стари традиции в областта на МВЕЦ търсенето на такива методи също не е прекратено.

Изследванията в областта на оптималния избор при инвестиционни проекти на МВЕЦ на течащи води са били осъществявани в техническа насока и от автори с техническа специалност. Причините за това са очевидни. Един подобен проект трябва да реши множество технически задачи и да отговори на множество въпроси от техническо естество. Като стара технология, чиято еволюция и усъвършенстване във времето се е движила именно от технически специалисти, тя логично е била доминирана именно от решаването на технически задачи и съответно техническият поглед върху инвестиционното решение е станал доминиращ. И още една причина, лежаща в историята на технологията и на нейното разпространение. Преминаването към електрическа енергия е ставало постепенно, в сравнително продължителен исторически период и докато се получи единна енергийна система (макар и само в рамките на националното стопанство) в отделните случаи са се решавали не толкова икономически, колкото технически задачи. В отделните места, където са били изграждани мощности, често пъти е било известно каква мощност е необходима,

което вече е една сериозна даденост. Едва когато се появява свързаност на отделните обекти и конкурентност при предлагането на електроенергия, започват да се проявяват и икономическите аспекти – от инвестицията започва вече да се изисква не само и не просто да осигурява някакво електропроизводство, но и да бъде икономически ефективна. Проблемът с икономическата ефективност започва да се избистря и когато на пазара на оборудването се появяват множество производители, с което вариантноста на избора за инвеститора освен чисто технически измерения (сами по себе си създаващи вариантноста) придобива и икономически измерения. Още един важен аспект – когато големите инвестиции в големи ВЕЦ са били осъществявани от обществото (под формата на държавни инвестиции), икономическите параметри не винаги са били водещи.

На различните исторически етапи са се решавали различни проблеми. Не така стоят нещата обаче при малките ВЕЦ, които от самото начало и по замисъла си се строят от дребни, частни инвеститори, които очакват тяхната инвестиция да бъде именно икономически ефективна, т.е. те от самото начало се ръководят от икономически критерии при вземането на решение. В този момент се появява и разминаването между “техническият” подход към инвестиционния избор, предлаган от съществуващите методи, и “икономическият” възглед на инвеститорите върху това, за какво те ще дадат парите си. Често пъти се получава така, че брилянтното (в очите на “техническият” подход) решение се отхвърля от инвеститора – било защото не се вмести в неговия бюджет, било защото не отговаря на неговата представа за икономически оправдана инвестиция. Тогава двете страни влизат в безрезултатен спор и брилянтното решение търпи изменения, които (за предложилите го от “технически” позиции) свидетелстват за “неграмотността” на инвеститора.

Традиционният “технически” подход следва определена логика, която може да се опише по следната схема:

1. Обработка на наличната хидроложки редица.
2. Определяне на застрояването на МВЕЦ.
3. Определяне на брой агрегати (обикновено един, или в случаите на два – обикновено еднакви).
4. Определяне на оптимален диаметър на тръбопровода за това застрояване.
5. Изчисляване на очакваното електропроизводство, основано на средни величини (среден к.п.д., средни водни количества, средногодишна използваемост на пълна мощност).
6. Изчисляване на стойността на произведената електроенергия.
7. Изчисляване на инвестиционните разходи.
8. Изчисляване на сводни икономически показатели за проекта.

Тази логика е основана на последователното определяне на параметрите на проекта, при което едно решение следва от друго. В същото време няма единно мнение за определяне на оптималното застрояване на МВЕЦ, което хвърля съмнение върху началния избор в описаната схема. На икономическата страна на проблема и по-точно на икономическата ефективност се отдава второстепенно, подчинено значение, защото икономическите параметри се явяват не изначална **цел**, на която да са подчинени техническите решения, а **следствие** от приетите технически решение.

На икономическите параметри на взетите решения и на проекта като цяло се възлага задачата те да бъдат “приемливи” за инвеститора и от тях не се изисква да бъдат оптимални, счита се за достатъчно техническите решения да бъдат такива. Към вариантност на решенията се прибегва неохотно, било когато не може еднозначно да се определи някой от изходните параметри, било защото инвеститорът (или кредитираща страна) изисква варианти, било защото взетите решения са довели до неудовлетворителни икономически параметри на проекта и се налага тяхното преразглеждане.

Дори създаваните съвременни системи за автоматизирани разчети<sup>1</sup> следват тази логика и изискват като **входяща информация** споменатите решения с описание на техническите параметри. Удобството на тези системи е, че те позволяват на изследователя (или на инвеститора, ако притежава нужните знания, време и информация) сравнително лесно да пробва няколко варианта, докато се спре на задоволителен, отново според неговите разбирания, и отново без да се разглежда оптималността на този избор.

За разлика от описания “технически” подход, тук оптимизационният подход от самото начало е ориентиран към икономическите параметри, като ги превръща в **цел** и подчинява взимането на технически решения на поставената цел. В този смисъл подходът “обръща” досегашния ход на изследванията. Това се реализира посредством следната логика на разглеждане на проблематиката:

Докато взимането на решения за техническите параметри представляваше последователност от индивидуални решения, разтегнати във верига, при този подход никой параметър не се разглежда като задаван отвън, въпреки че в процеса на оценяване на вариантите и подвариантите отново съществува йерархична подчиненост, разделяща вариантите и подвариантите на класове и позволяваща да се търсят и намират решения, явяващи се най-добри за дадения клас.

Оптимизационният подход за решаване на проблема разглежда всички решения като променливи, които трябва да получат своите стойности в процеса на оптимизация, а не като предварително определени константи.

Той може да се определи като **синтез** на оптималния инвестиционен проект от обективни данни за техническите и икономическите характеристики на отделните елементи; синтез, получаван в процеса на работа на модел, априорно ориентиран към **дефиниран от инвеститора икономически критерий**. Това е и единствено задаваното априорно, зависещо от волята и желанието на инвеститора. Именно поради важността на избора на критерий ще разгледаме доколко различните възможни критерии са подходящи за намиране на оптимален от икономическа гледна точка вариант.

Както е добре известно, не съществува единствен, общоприет и универсален критерий за избор на даден вариант на инвестиционен проект. Причина за това не е теоретическата немощ на икономическата наука или на науката въобще, а изключителното разнообразие на целите, които могат да стоят пред един проект. Докато все

<sup>1</sup> Виж например Logiciel d'analyse de projets d'énergies propres RETScreen International, © Ministre de Ressources naturelles du Canada 1997 – 2007 като цялостна и подробна система или версиите на други езици.

още сме в състояние да посочим един критерий за оценяване на всичко това, което обикновено разбираме под думите “ефективност”, “ефикасност”, “целесъобразност” и други подобни, ситуацията на избор е все още управляема и в определени ситуации това е напълно възможно. Нещата драматично се влошават при наличието на множество цели, поставяни пред даден проект. Разнообразието на цели обикновено поставя вземащите решение пред формално неразрешими ситуации.

Изборът на технически вариант при МВЕЦ се улеснява от обстоятелството, че подобни обекти не са предназначени да изпълняват множество и разнообразни функции, поради което формулирането на един критерий обикновено не е проблем. В зависимост от целите, които си поставя инвеститорът, бихме могли да разграничим следните критерии за избор.

## **НЕИКОНОМИЧЕСКИ КРИТЕРИИ**

В някои частни случаи е възможно инвеститорът да се ръководи от неикономически съображения, на първо място, и да формулира съответните критерии за избор.

### **Максимално електропроизводство**

Критерият е подходящ в случаите на енергиен дефицит в райони, които са изолирани от други възможни доставчици на енергия. Максималното електропроизводство означава и максимални приходи от продажба на електроенергия, тъй че е трудно да приемем пълната липса на икономически съображения при неговия избор. Доколкото обаче този критерий не държи сметка за разходите, чрез които се постига максималното електропроизводство, то той може да бъде възприет и от инвеститори, заинтересувани от дългосрочни инвестиции с нисък риск и неизискващи бърза възвръщаемост. Такива инвеститори могат да бъдат пенсионни фондове, инвестиционни фондове или целеви програми за развитие на местно равнище. Захранването на собствена консумация, особено при по-енергоемки производства, също може да се ръководи от този критерий.

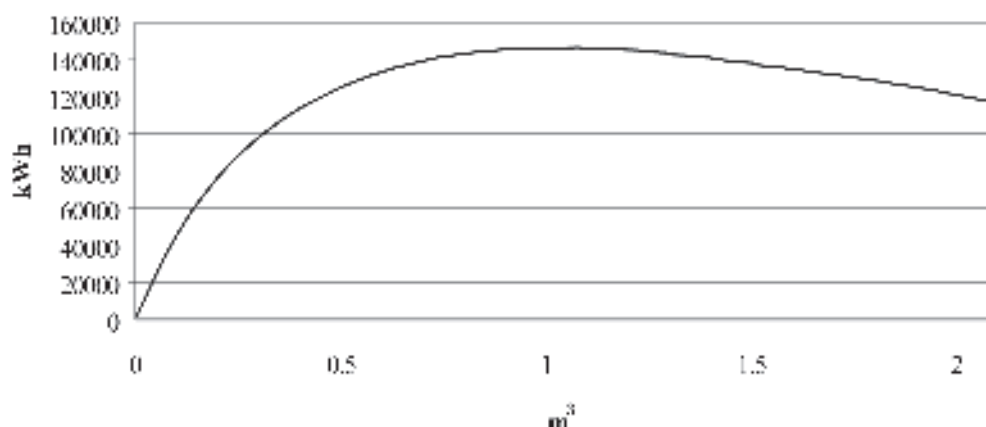
Започваме с този критерий, защото той предоставя възможност да се илюстрира принципната възможност за оптимален избор на технически вариант. Тази възможност ще демонстрираме, използвайки реални данни за определен месец. Същото може да се направи и с данни за по-продължителен период, които ще дадат представа и за вътрешногодишното разпределение, и за разпределението на водните количества в различни по влажност години. В случая ще използваме измерените водни количества за месец декември от различни години.

За да се изследва възможността за постигане на максимално електропроизводство са оценени 200 на брой различни варианти на МВЕЦ, различаващи се помежду си по застроеното водно количество. Предполага се използване на турбини от един и същи тип, имащи сходни характеристики, но различаващи се по максималното си водно количество. Характеристиките на турбините са посочените от производителя. Измерените водни количества обхващат 52 години, което ни дава основание да смятаме, че в този период се включват както сухи, така и влажни години. За същия

период е получено средното (очаквано) месечно електропроизводство. Връзката между застроеното водно количество и очакваното месечно електропроизводство е изобразена на следващата графика.

### Графика 1

Връзка между застроено водно количество и електропроизводство



Както се вижда, очакваното електропроизводство расте забележимо, докато застрояването нараства до 1 куб.м./сек., след това се задържа (приблизително) на едно ниво и след като достигне 1.1 куб.м./сек., започва да намалява видимо. В случая точните стойности за нас не представляват интерес, важното е, че очакваното електропроизводство достига някакъв максимум при определено застроено водно количество и след това започва да намалява.

Като се има предвид, че повишаването на степента на застрояване е свързано с увеличаване на капиталните вложения за машинно-електротехническото оборудване, то може да се отбележи, че този допълнителен фактор – капиталът, вложен в машинно-електротехническо оборудване, не винаги води до нарастване на ефекта (очакваното електропроизводство). След определени стойности ефектът започва да намалява, противно на теорията, твърдяща, че допълнителните фактори носят допълнителни ефекти. Можем да твърдим, че съществува оптимум (в случая – максимум) на привличането на допълнителен фактор. Функцията на ефекта в зависимост от фактора не е монотонна, за разлика от общоприетото схващане в икономиката. Причината за това се дължи на същественото влияние на един друг фактор – водните количества, които представляват случайна величина. Обхващането и преработването на водните количества в определени от техническите възможности на оборудването граници води до нарастване на очакваното електропроизводство, но не до безкрайност, тъй като с нарастване на степента на застрояване вероятността да има на разположение нужните водни количества започва да става много ниска. Това на практика означава, че хипотетична МВЕЦ с много висока степен на застроя-

ване би работила много малко време в рамките на една година и поради това би произвела по-малко електроенергия от алтернативна МВЕЦ на същото място, която преработва по-малки водни количества, но през по-продължителен период от време. Другата причина за намаляване на производството е спадането на нетния напор при фиксиран диаметър на тръбопровода и нарастващи водни количества.

Като имаме предвид, че винаги оборудването за по-мощна МВЕЦ е по-скъпо от оборудването за по-малка по мощност, можем да считаме, че въпросът за оптимално от технико-икономическа гледна точка застрояване не е безсмислен и че съответната задача за намирането му има решение.

Разбира се, от икономическа гледна точка не е ефективно да се достига максималното възможно очаквано електропроизводство, тъй като допълнителните разходи за това биха били твърде високи в сравнение с очаквания допълнителен прираст на очакваното електропроизводство, освен в ситуациите на остър дефицит на електроенергия или на още по-висока цена на електроенергията от алтернативни източници. За нас беше важно да покажем, че съществува краен максимум на очакваното електропроизводство и поради това критерият “максимално електропроизводство” не поставя проблеми за намиране на решение при неговото възприемане.

Увеличението на електропроизводството може да се дължи на увеличения диаметър на напорния тръбопровод – още един фактор. Увеличението на разходите за увеличаване на диаметъра на тръбопровода, за разлика от степента на застрояване, винаги ще води до увеличаване на очакваното електропроизводство, включително и на максималното очаквано. Това се обяснява с характера на зависимостта между мощността и напора. Тази зависимост е мултипликативна, като нетният напор е множител със степен 1, т.е. еластичността на мощността от нетния напор е единица.

Влиянието на нарастването на диаметъра може да бъде представено от фамилия криви, които имат обща стойност 0 при нулева степен на застрояване, а след това се раздалечават поради различните нетни напори, дължащи се на различните загуби на напор при различни диаметри. Тогава доколко са верни предишните разсъждения за съществуването на краен максимум, обуславящ възможността за намиране на оптимално застрояване при критерия “максимално електропроизводство”? Не е ли възможно очакваното електропроизводство да се увеличава до безкрайност за сметка на увеличаване на фактора “диаметър” на напорния тръбопровод? Или съществува все пак една от фамилията криви, която доминира останалите и е ограничена отгоре?

Нарастването на диаметъра действително води до нарастване на нетния напор, но все пак не е възможно нетният напор да надмине brutния, който винаги е краен за дадено място на изграждане на МВЕЦ. Следователно наистина съществува такава крива, която доминира останалите и тя съответства на максималния постижим от производителите на тръби диаметър и гладкост, намаляващи загубите.

При разглеждането на критерия “максимално електропроизводство” беше посочено влиянието на основните управляеми фактори за увеличаване на произвежданата електроенергия. Използването на тези фактори е свързано с капитални вложения, следователно – с един от първичните фактори. Тъй като разгледаният критерий е твърде едностранчив и по никакъв начин не държи сметка за разходите, свър-



зани с капитални вложения, едно от изискванията към някой друг, по-подходящ критерий, е той да съдържа под някаква форма и тези разходи.

### **Гарантирано електропроизводство**

При избора на този критерий инвеститорът се ръководи от желанието да осигури с определена вероятност производството на електроенергия от МВЕЦ. Високата обезпеченост при случаен отток се постига за сметка на снижаване на долната (и горната) граница на мощността и на общата величина на електропроизводството. Поради това ниската мощност трябва да е достатъчна за предвидената консумация и така се очертават характеристиките на потребителя – той не е голям консуматор и разчита изключително на този енергиен източник. Вероятно исторически това е бил първият прилаган критерий. Прилаган несъзнателно от тези инвеститори, които са изграждали своите енергийни мощности, подчинени на някакво друго производство, което е диктувало и изискванията за електропроизводство. Вероятно по това време не е можело да бъде и иначе – не са съществували нито достатъчно дълги редове от наблюдения на оттока, нито се е осъзнавала необходимостта от организиране (и заплащане) на набирането, съхраняването и публичната достъпност на подобна информация. Критерият отново е подходящ за изолирани консуматори, за които е трудно (или твърде скъпо) да се свържат с други доставчици на електроенергия. Такива могат да бъдат хижи, станции за наблюдение, вили и ферми в отдалечени места. Удобството на този критерий е, че той е директно приложим върху трайностната крива. След като веднъж е определена минималната мощност при така фиксираната обезпеченост, може да се премине към един чисто икономически критерий, какъвто е цената на оборудването. По този начин се реализира и един от методите за многокритериален избор, а именно този на йерархичните цели, като обезпечеността е цел от висш ранг, а размерът на инвестицията е цел от по-нисък ранг.

Високата обезпеченост може да бъде съображение и при осигуряване на автономно захранване на особено важни обекти, чиято безопасност или ефикасно функциониране изискват такава автономност от енергийната система, а цената на това осигуряване е оставена на по-заден план.

Пряко свързан с този критерий е и един много важен и популярен сред специалистите критерий – съществена характеристика за качеството на всеки проект, и това е следващият разглеждан критерий.

### **Годишна използваемост на пълна мощност**

Както може да се досетим, този критерий е съсредоточен върху това, колко време през годината (измервано в часове) дадената МВЕЦ “работи” на пълна мощност.

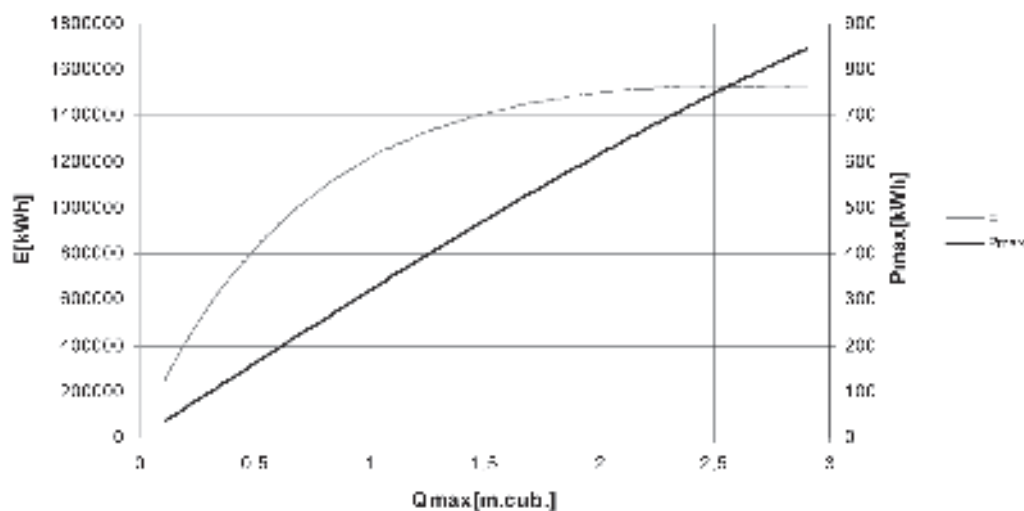
В случая кавичките ни служат, за да подчертаем, че в действителност МВЕЦ няма да работи толкова часове през годината на пълната си мощност. При използването на този критерий се прави едно нормиране на очакваното (средногодишно) електропроизводство с максималната мощност или, иначе казано, се отговаря на въпроса “За колко часа работа на пълна мощност тази МВЕЦ би произвела средно-

годишното количество електроенергия?”. Предполага се, че колкото по-висока е тази стойност, толкова по-добре...

Но тук, ако се предоверим на този критерий, ще получаваме винаги тривиални решения – трябва винаги да се избира вариантът с минимална мощност. Тази тривиалност произтича от характера на критерия и от вида на трайностната крива, която е монотонно намаляваща. Дори интуитивно е ясно, че увеличаването на мощността ще води до намаляваща обезпеченост на водните количества за тази мощност, поради което МВЕЦ ще работи все повече време на мощност, по-ниска от максималната и съответно – все по-малко време на максимална мощност. Очакваното електропроизводство ще нараства при това (до определена мощност), но това ще става за сметка на повече време работа при по-ниска мощност. Като се има предвид и нарастването на знаменателя (максималната мощност), става напълно ясно защо този критерий винаги ще дава предпочитание на вариантите с по-ниска мощност – всяко увеличение на мощността би довело до влошаване (намаляване) на часовата използваемост на пълна мощност. Ще илюстрираме тези “интуитивни” умозаключения с графики.

## Графика 2

Връзка между застроено водно количество, мощност и очаквано електропроизводство



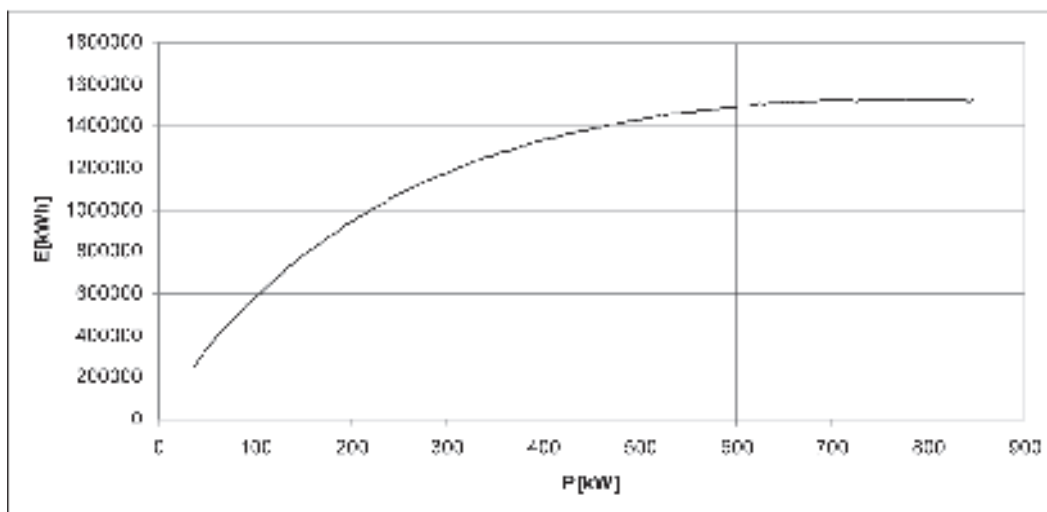
В дадената графика е обхванат интервалът на застроените водни количества, в който очакваното електропроизводство отначало нараства, а след това започва да намалява. Интервалът, в който мощността (при максимално водно количество) ще започне да намалява, е много по-широк и – поради намаляващото очаквано електропроизводство, е безсмислено да се разглежда какво става в тази област с електропроизводството. В действителност, в достатъчно широк интервал изглеждащата тук като права графика на мощността започва да проявява кривината си и да намалява. Както се вижда, мощността продължава да нараства и след като очакваното елект-

ропроизводство започва да намалява, което означава, че от някаква стойност на мощността нататък отношението между електропроизводство и мощност ще намалява, остава да видим дали тази стойност е в краищата на интервала или вътре в него.

За целта ще изобразим данните от Графика 2 по нов начин – като зависимост между очаквано електропроизводство и мощност:

### Графика 3

Връзка между очаквано електропроизводство и мощност



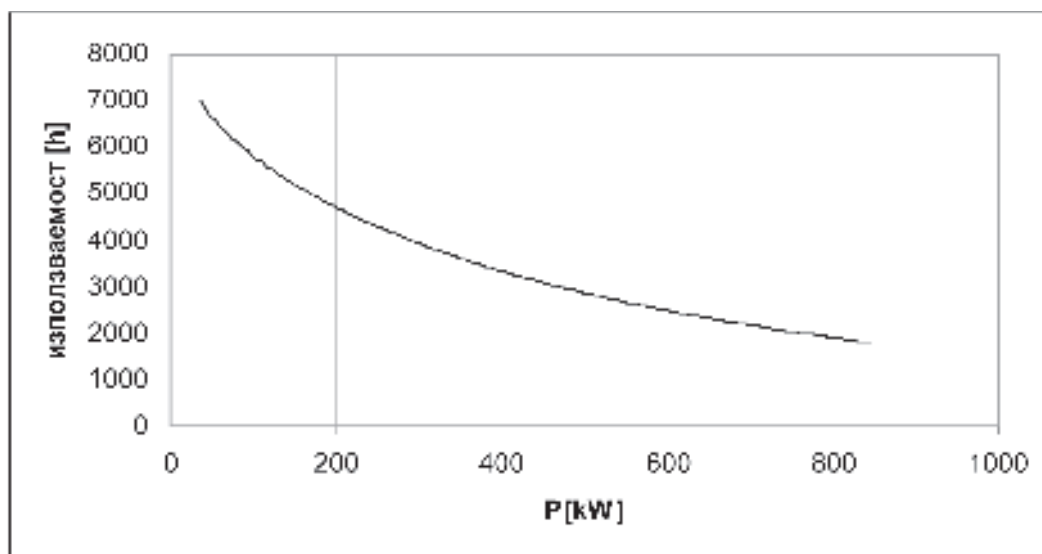
Нека разгледаме по-внимателно кривата на очакваното електропроизводство. Подобни криви са добре познати в икономиката. Това, което ни интересува в случая е тази тяхна особеност, че еластичността на очакваното електропроизводство (от мощността при застроено водно количество) е строго по-малка от 1, което се вижда и от вдлъбнатата крива. Същата тази еластичност очевидно не е константа, защото очакваното електропроизводство започва да намалява след достигането на някакъв максимум, което означава, че първата производна на функцията става отрицателна. За нас е достатъчно само да отбележим, че еластичността за положителните стойности на застроеното водно количество е по-малка от 1. Първото условие за съществуване на максимум на критерия “часова използваемост на пълна мощност” е:

$$\begin{aligned} \left( \frac{f(P)}{P} \right)' &= 0 \\ P \cdot f'(P) - f(P) &= 0 \\ \frac{P \cdot f'(P)}{f(P)} &= 1 \end{aligned}$$

Изискването няма да бъде изпълнено никъде в интервала, което означава, че няма такава стойност на мощността, за която да се достига максимум на критерия, в която тя да е вътрешна за границите на интервала. Това ясно се вижда и от следващата графика:

#### Графика 4

Връзка между мощност и часова използваемост



Кривата на графиката, изобразяваща часовата използваемост като функция от мощността, е изпъкнала (и монотонна). Тя има максимум в някой от краищата на интервала. Ясно е, че този максимум не може да бъде достигнат при увеличаване на мощността, следователно той се достига в “левия край” на интервала, когато мощността се стреми към 0. И наистина, тъй като часовата използваемост е крайно число – броят часове в годината, то МВЕЦ с мощност 0 ще “работи” на тази мощност целогодишно. Или, за да сме по-точни – няма да работи никога. Следователно, ако се ръководим от този критерий, най-добрата МВЕЦ е тази, която има нулева мощност, т.е. – не съществува.

Разбира се, когато се обръща внимание на този критерий, специалистите си дават ясна сметка за неговата едностранчивост и затова той играе второстепенна роля. Възприети са някакви приемливи граници, в които той би трябвало да попада, след като е направен избор по други критерии.

Като добавим и факта, че чрез критерия “часова използваемост на пълна мощност” по никакъв начин не се държи сметка за размера на инвестициите, необходими за изграждане на съответната МВЕЦ, става ясно защо той не може да претендира да бъде водещ или определящ за избора на инвеститора.

Въпреки това, както ще видим по-късно, този критерий може успешно да бъде комбиниран с друг критерий и това да доведе до наистина икономически ефективен избор на вариант.

#### Висок среден к.п.д. на МВЕЦ

Този критерий е свързан с избор на оборудване, което непременно да обхваща модата на разпределението на водните количества.

Подобна централа би работила през по-голямата част от времето с висок к.п.д. и с мощност, близка до максималната. С това, както изглежда, се изчерпват предимствата на този избор и подобна централа би имала по-скоро демонстрационно предназначение за фирми – производители на оборудване.

## ИКОНОМИЧЕСКИ КРИТЕРИИ

Основната част от инвеститорите в МВЕЦ биха искали да печелят пари от продажбата на електроенергия и поради това се интересуват от икономическите показатели на подобна инвестиция, а следователно и техните критерии за избор са свързани с финансови показатели, каквито не липсват. Тук ние няма да изясняваме начина на изчисляване на тези показатели или техния смисъл. Те са добре известни и най-малкото от уважение към читателите не си струва да повтаряме общоизвестни неща. Ще разгледаме по-подробно възможностите и особеностите на прилагането на тези критерии в конкретния случай – избора на вариант за реализация на МВЕЦ.

### Срок на откупуване

Най-разбираемият и предпочитан от българските инвеститори е критерият “срок на откупуване”, формиран като отношение между размера на инвестицията и очакваните приходи, намалени с експлоатационни и други текущи разходи. Срокът се измерва с години и това дълго време отблъскваше българските инвеститори. Появата на чуждестранни инвеститори изглежда действа в правилната посока.

В светлината на оптимизационния подход за взимане на решение възприемането на този критерий би означавало да се намери такава комбинация от капитални вложения в основните елементи на МВЕЦ, при която се минимизира отношението между общия размер на капиталните вложения и средната (очаквана) разлика между приходи и текущи разходи. Тъй като голяма част от текущите разходи са независещи от очакваните приходи и обема на производство, а останалите, които зависят от този обем, се изчисляват на базата на очакваното електропроизводство, то съществува пряка зависимост между стойността на критерия и възможностите за увеличаване на очакваното електропроизводство чрез допълнителни капитални вложения. Докато общият ръст на капиталните вложения е по-малък от ръста на ефекта от тях – електропроизводството, стойността на критерия ще намалява, достигайки някакъв предел, след който допълнителните капитални вложения ще се откупват все по-бавно от допълнителните приходи, което ще води до нарастване на стойността на критерия. Както видяхме, кривата на очакваното електропроизводство започва да става твърде “плоска” с приближаване до стойността на максимума, което означава все по-голям срок на откупуване на допълнителните капиталовложения за получаване на допълнителните очаквани киловат-часове.

Несъмнено този критерий отговаря на изискването да обединява разходите и ефектите.

### Цена на застроен киловат

Това е критерият на “изкушените” – хора, които са работили в енергийния сектор или са контактували по някакъв повод с него.

Критерият се формира като отношение между размера на инвестицията и максималната мощност на централата, като по-ниските стойности са за предпочитане. Това е действително един международно признат показател за енергийния сектор. Проблемът при него е, че той е подходящ за централи, които през по-голямата част от времето ще работят на максимална (или близка до нея) мощност, а не за МВЕЦ. Неразбирането на този нюанс налага, макар и накратко, да кажем нещо за несъстоятелността на показателя “цена на застроен киловат” при МВЕЦ

Големите ВЕЦ, имащи функцията да покриват върховете в потреблението на електроенергия в системата, се строят именно с тази цел, докато количеството произведена електроенергия остава на заден план. Поради това за тях е важно да постигат тази цел с минимални разходи на капитални вложения. Но максималната мощност, която трябва да постига една такава централа е предварително известна. Тя произтича от изискванията на енергийната система и от особеностите на мястото на изграждане на централата.

Не така стоят нещата при МВЕЦ. Преди всичко те нямат достатъчна мощност, за да може по някакъв начин да имат свои специални функции в рамките на енергийната система. На второ място, те като правило не се строят, както големите ВЕЦ, в близост до сигурен източник на необходимите водни количества. Преработвайки случайно водно количество, МВЕЦ не могат да работят на пълна мощност достатъчно дълго. Това е вярно в още по-голяма степен в рамките на годината, поради ясно изразената сезонност на оттока и липсата на значителен изравнител на вариацията на водните количества. Вариацията на водните количества и съответно – на мощността през годината и през сухите и влажни години, не е няколко процента, тя достига пъти. По такъв начин постигането на дадена мощност при МВЕЦ е с някаква вероятност, а що се отнася до максималната мощност, тази вероятност не е голяма.

Най-важен аргумент може би е фактът, че приходите за собствениците на МВЕЦ се формират не на базата на мощността, която осигуряват тези централи (и която, както видяхме, е случайна величина), а въз основа на произведената от тях електроенергия. В зависимост от това по какъв начин се оползотворява постъпващият по случаен начин ресурс, централи с еднаква степен на застрояване могат да произвеждат значително различаващи се количества електроенергия. Освен че те биха се различавали по размера на капиталните вложения и съответно – на цената на застроен киловат, разликата между тях ще бъде и в произвежданата електроенергия, а значи – и в приходите. Приходите, както вече споменахме, представляват случайна величина, която може да се характеризира с традиционните за случайните величини характеристики, но най-интересна и най-лесно съпоставима с размера на капиталните вложения е средната стойност или математическото очакване.

За по-голяма убедителност и за да поседем по-голямо съмнение в приложимостта на обсъждания критерий спрямо избора на вариант на МВЕЦ, нека видим до какви грешки може да доведе неговото прилагане.

Какво би станало, ако съществува евтин вариант с ниски технически характеристики и в същото време – с висока мощност? Сякаш всичко е наред – цената е ниска, мощността е висока, отношението между двете величини е възможно най-благоприятното, изборът е недвусмислен. А резултатът? Ниските технически характеристики означават ниско електропроизводство и съответно – ниски приходи. Високата мощност, както видяхме вече, означава по-голям знаменател на отношението, но може да означава и по-ниско електропроизводство. В резултат инвеститорът може да се окаже щастлив собственик на евтина МВЕЦ с голяма мощност, но за сметка на това непроизводителна, която през повечето време няма да работи било поради честите повреди (ниски технически характеристики), било поради това, че за нея няма вода (висока мощност с ниска обезпеченост на необходимото водно количество за нейното достигане).

Изобщо обстоятелството, че мощността е в знаменател, създава потенциалния риск от свърхзастрояване, което е “болест” на немалко МВЕЦ в страната. Стремешът към по-голяма мощност, без да се държи много-много сметка на това, какво всъщност ще произведе тази мощност, води до изграждане на нискоэффективни “паметници” на този критерий.

Ще добавим още един аргумент. В отношението между цена и мощност по никакъв начин не се държи сметка за ефекта (приходите) от работата на МВЕЦ. Ако мощността лесно и еднозначно (чрез умножаване с коефициент) се превръщаше в електропроизводство и съответно – в приходи, нямаше да има никакви затруднения, но, както вече видяхме при обсъждането на връзката между мощност и очаквано електропроизводство, това съвсем не е така.

Все пак, за да не бъдем крайни в оценките си за критерия “цена на застроен киловат”, в следващия раздел ще видим как той може да бъде използван, без при това да се стига до неправилни решения.

### **Икономическа ефективност**

Понятието “икономическа ефективност” не е нито ново, нито има спорове за това, как тя се измерва. Отдавна е възприето, че икономическата ефективност се измерва чрез отношението между ефект (който трябва да се изразява в мерни единици, с каквито работи икономическата наука) и разходи, чрез които е постигнат този ефект.

Измерването на разходите не предизвиква проблем – това е размерът на инвестицията. Измерването на ефекта може и да поставя някои проблеми, но те не са непреодолими. Преди всичко ще кажем, че мощността **не** е въпросният ефект, защото, както вече беше споменато, приходи, макар и да зависят от мощността, все пак се определят от електропроизводството.

За МВЕЦ е по-характерно очакваното годишно електропроизводство, поради което ние препоръчваме модифицирането на “цена на застроен киловат” в друг показател, който може да се нарече “цена на очакван киловатчас” и е поинформативен за оценяване на един или друг вариант на инвестиране.

Този показател се получава като отношение между размера на капиталните вложения за изграждането на МВЕЦ и очакваното (или средномногогодишно) елект-

ропроизводство. Достатъчно е това очаквано електропроизводство да бъде превърнато в стойностно изражение и ние ще получим показател, съизмерващ инвестиции и приходи, но това не е срокът на откупуване. Отношението е от вида “по-малко е по-добре”, т.е. скалата на предпочитание в случая е т.нар. германическа скала.

За да се придържаме към строгата дефиниция на икономическата ефективност, следва да обърнем отношението и да получим ефект (киловат-часове) на единица разход (инвестиция). Това съотношение би трябвало да е разбираемо за всеки инвеститор – колко киловатчаса електроенергия (средногодишно) ще “произведе” всеки инвестиран в МВЕЦ лев при даден вариант. И колкото повече, толкова по-добре, толкова по-ефективна ще бъде инвестицията – отново преминаваме в т.нар. “латинска скала”.

Сега ще направим връзка между икономическата ефективност, цената на застроен киловат и часовата използваемост и ще покажем, че икономическата ефективност всъщност успешно обединява споменатите вече два критерия, като преодолява посочените техни недостатъци.

Нека направим следните означения:

$E$  – очаквано електропроизводство

$I$  – инвестиция

$P$  – мощност (в случая - максимална мощност)

И нека да видим как изглеждат критериите в термините на тези означения.

“цена на застроен киловат”:  $\frac{I}{P}$

“часова използваемост на пълна мощност”:  $\frac{E}{P}$

“очаквано електропроизводство на единица инвестиция”:  $\frac{E}{I}$

Сега да видим по какъв начин можем да обединим първите два критерия в третия. Ще си припомним, че първият се измерва в “германическа” скала, а вторият и третият – в латинска. Тук се налага малка екскурзия в историята на многокритериалните методи.

Историята сочи като най-вероятен автор на метода “произведение на отношения” Percy Bridgman, а началото на приложението на метода изглежда е било през 1922 г. Както се вижда, исторически методът предхожда появата на науката “Изследване на операциите”. Явно методът е изпреварил с появата си времето, защото едва 42 години по-късно отново му обръщат внимание D. Miller и M. Starr. Без да се задълбочаваме в разглеждането на метода, още повече, че нито това е нашата цел, нито пък той ще се приложи в чистия си вид, ще споменем някои негови явни достоинства.

1. Методът е хомогенен по отношение на измерителната скала и нейната дължина. Това означава, че различните критерии могат да бъдат измервани в своя собствена скала, в ординални или кардинални числа, без това да променя резултатите.
2. Методът силно наказва “слабите” варианти и не допуска компенсиране на слабите характеристики чрез силни. Следователно, вариант, който е “с ниско производство, но затова пък евтин” има малки шансове да бъде предпочетен. Доказателството на това свойство може да бъде открито в “La multiplication des ratios, une méthode multicritère préférable à la somme dans les problèmes de localisation industrielle”, Schärflig A. et Pasche D.



Единственото ограничение при прилагането на този метод е изискването всички критерии да бъдат измервани в еднопосочни скали – било в “латински”, било в “германически”, но не и да бъдат смесвани. Резултатите, естествено, ще бъдат получени в същата по вид скала.

Като се има предвид, че икономическата ефективност се измерва в “латинска” скала, то ще трябва “цена на застроен киловат” да бъде изразена също в “латинска” скала, което означава да се вземе реципрочната ѝ стойност.

И така, нека умножим оценките по двата критерия “цена на застроен киловат” (след смяна на скалата) и “часова използваемост на пълна мощност”:

$$\frac{P}{I} \cdot \frac{E}{P} = \frac{E}{I}$$

В резултат се получи критерият “очаквано електропроизводство на единица инвестиция”, който обединява двата други критерия и държи сметка и за двата.

Притежава ли критерият “очаквано електропроизводство на единица инвестиция” характеристиките на икономическа ефективност? Очевидно да, защото той отговаря на дефиницията: представлява отношение между ефект (очакваното електропроизводство) и разходи за получаването му (инвестиция).

Както се вижда, максималната мощност  $P$  не фигурира в явен вид в полученото отношение, което е показателно за това доколко един инвеститор би следвало да се ръководи от мощността при взимане на решение. Много инвеститори задават първо въпроса “Каква мощност?” без да си дават сметка, че отговорът в действителност е без значение за икономическата ефективност на инвестицията!

Представеното разглеждане на метода “произведение на отношения” всъщност “пропуска” самите отношения. Каноничното му прилагане предполага разделянето на стойността по всеки критерий (оттам и “отношения”) с някаква нормираща стойност. Въпросът “С каква стойност да се нормира?” има свой отговор, но както е доказано, в действителност няма никакво значение с каква стойност се прави нормирането, дори нещо повече – от него няма нужда. Естествено, възниква съмнение – що за метод е този, при който можем да си изберем произволна стойност, с която да нормираме, а можем и да не нормираме (или, ако искаме да сме по-точни – да нормираме с единица по всички критерии). Тъй като вече се позовахме на този метод, не е зле да хвърлим малко повече светлина върху неговото право на съществуване и прилагане.

Нормирането е било нужно на прилагащите този метод, за да успокоят неизкушените потребители, у които наистина би предизвикало съмнение умножението на круши с ябълки. Хората са по-склонни да приемат умножението на безразмерни величини, при което резултатът също ще бъде безразмерен, отколкото да се умножават неща, мерени в някакви мерни единици, а резултатът от това произведение да бъде някаква странна и противоестествена мерна единица. И наистина, какво би означавало да се умножат левове по хора по часове по... списъкът може да бъде продължен дори с балова оценка от допитване за “външен вид” или “приятен вкус”. Именно трудността да се обясни това умножение е предизвикала нормирането. Сега ще покажем накратко, че всъщност няма значение с какво се нормира и следователно – може и да не се нормира.

Нека различните варианти  $i$  се описват със своите оценки в своите естествени скали по критериите  $j$ . И нека тези оценки означим с  $a_{ij}$ . Нека приемем за нормира-

ща величина по всеки критерий максималната стойност на оценката по различните варианти. Нормирането с такива величини има ясен смисъл – максималната стойност на глобалната оценка би била единица, ако съществува такъв вариант, който има най-добри (най-високи в нашия хипотетичен пример) оценки по всички критерии. И напротив, колкото по-ниски оценки има даден вариант, толкова по-ниска ще бъде и глобалната му оценка. Именно това свойство на метода да “наказва” слабите (по някой критерий) варианти ни обещава, че няма да бъде приет “слаб” по някой критерий вариант. Във формули това изглежда така (при  $n$  варианта и  $m$  критерия):

$$E_1 = \frac{a_{11}}{\max a_1} \cdot \frac{a_{12}}{\max a_2} \dots \frac{a_{1m}}{\max a_m}$$

$$E_2 = \frac{a_{21}}{\max a_1} \cdot \frac{a_{22}}{\max a_2} \dots \frac{a_{2m}}{\max a_m}$$

$$\dots$$

$$E_n = \frac{a_{n1}}{\max a_1} \cdot \frac{a_{n2}}{\max a_2} \dots \frac{a_{nm}}{\max a_m}$$

Така всеки вариант получава глобална (нормирана до 1) оценка и вариантите могат да бъдат подредени по тази оценка с цел да се избере глобално най-добрият вариант. Естествено, ако за някой вариант е вярно, че по всички критерии той е получил най-висока оценка, то неговата глобална оценка ще бъде и най-голяма, в случая – 1. При това тя е безразмерна и просто е “най-висока”, без да се налага да си изясняваме какво става когато се умножават различни оценки по различни критерии, измервани в много различни мерни единици. А сега нека видим какво се крие зад произведението на отношения.

$$\ln E_1 = \sum_j \ln a_{1j} - \sum_j \ln \max a_j$$

$$\ln E_2 = \sum_j \ln a_{2j} - \sum_j \ln \max a_j$$

$$\dots$$

$$\ln E_n = \sum_j \ln a_{nj} - \sum_j \ln \max a_j$$

Както се вижда, в логаритмична скала глобалната оценка е намалена с константа – логаритъмът от произведението на нормиращите величини по различните критерии. Това е нормално, тъй като никой вариант не бива да бъде априорно дискриминиран, което ще рече – не бива глобалната оценка на някой вариант да бъде намалявана с по-голяма стойност. Но след като от глобалните оценки на всички варианти се изважда константа, то тя не би могла да влияе върху класирането на тези варианти по глобална оценка.

Ако е вярно че  $E_1 > E_2$ , т.е. че първият вариант има по-добра глобална оценка от втория и би следвало да бъде предпочетен пред него, то е вярно и че  $\ln E_1 > \ln E_2$ , отношението (на предпочитание) не се променя и след логаритмуване на глобалните оценки и също така е вярно и че  $\ln E_1 - \text{const} > \ln E_2 - \text{const}$  и,

следователно константата не играе никаква роля и не може да промени класирането на вариантите по глобална оценка.

И в частност тази константа би могла да бъде нулева, което означава

$$\sum_j \ln \max a_j = 0$$
$$\prod_j \max a_j = 1$$

Сега остава да се откажем от още една условност – не е задължително нормиращите величини да бъдат най-добрите стойности по даден критерий, те просто могат да бъдат всички равни на 1. Следователно, вместо да делим оценките по всеки критерий на някакви (различни) числа, можем да ги делим на 1 и тогава методът “произведение на отношения” се превръща в простото и кратко “произведение”, без неговата полза и приложимост ни най-малко да пострадат от това.

Именно поради това и методът беше приложен в горния случай без нормиране, просто умножихме оценките по двата критерия “часова използваемост на пълна мощност” и “цена на застроен киловат” след преминаване в еднопосочни скали. Както видяхме, от това произведение се получи друг, напълно приемлив и разбираем критерий, в който мощността отсъства.

Разбира се, при определени допускания за цена на електроенергията и за производствени разходи, очакваното електропроизводство може да се превърне в очаквана печалба и тогава показателят ще бъде аналогичен на реципрочния на срока на откупуване.

Но именно тези “определени допускания” могат да бъдат проблематични, тъй като те са свързани с варирането на цените на електроенергията във времето. По-отдалечените във времето приходи несъмнено ще бъдат по-високи поради нарастването на цената, но тук всеки финансист би се намесил с добре известното “парите днес струват повече от парите утре”. А при МВЕЦ “утре” е доста продължителен период. Поради това е логично да се разгледат и общоприетите, популярни и обичани във финансовите среди показатели, боравещи с дисконтирани парични потоци.

### Показатели, боравещи с дисконтирани парични потоци

Всъщност показателите, опериращи с дисконтирани парични потоци, реализират една от най-старите идеи при многокритериалния избор – тази за агрегиране на множеството критерии в една единствена величина, което по същество представлява и преминаване към един критерий. Този единствен критерий представлява и съответния показател.

В терминологията на европейската (или френската) школа в областта на многокритериалния избор тези показатели представляват един клас от методи, наречени методи “мелнички” – в тях се насипват стойностите на различните критерии, смилат се по **някакъв** начин и в резултат подаряват на финансиста едно число. Целият въпрос е **как** се прави това смилане и по начина на смилане се различават показателите.

### Нетна настояща стойност (NPV)

Техниката на претегляне на различните критерии с някакви тегла и събирането им е възникнала още преди да възникнат самите финансови показатели и поради масовото ѝ приложение в икономическия избор на алтернатива е придобила известност под името “икономическа агрегация”. Представител на този най-примитивен метод-мелничка е фаворитът на финансовите среди – показателят “чиста/нетна сегашна/настояща стойност”. Но историята познава и още по-малко подходящи приложения на метода с претеглени събираеми.

При NPV **поне** различните критерии се измерват с едни и същи мерни единици – това са парични потоци за различни периоди от икономическия живот на инвестиционния проект. Твърдението, че паричните потоци, положителни или отрицателни, от различни периоди в действителност представляват различни критерии, е лесно доказуемо – ако не беше така, те нямаше да участват във формирането на стойността на показателя, инвеститорът щеше да се задоволява само с едно число от тази редица, неизвестно с кое. И понеже е трудно да се реши по кое точно от всички тези числа да се прави изборът, по необходимост се използват всички, останалото е въпрос на техника. Формирането на теглата (дисконтовите множители) се основава на стройна финансова теория и закономерност, а не е въпрос на субективно желание у прилагания метода. Остава да се желае също толкова обективност и в момента на избор на дисконтовата норма.

Това, което ни интересува при приложението на показателя NPV, е дали в нашия конкретен случай той има нужните свойства, за да бъде максимизиран, тъй като високите му стойности са по-привлекателни за финансистите (не и за българските инвеститори). За целта ще разгледаме формирането на този показател в най-общ вид.

Както видяхме вече, електропроизводството и следователно – приходите, могат да бъдат описани като функция от степента на застрояване, а тя от своя страна определя и размера на инвестициите. Можем да твърдим, че ако  $x$  е размерът на инвестициите, то размерът на производството (очакваното средномногогодишно електропроизводство) представлява някаква функция  $f(x)$ , която е растяща в определени граници на  $x$ , а след това – намаляваща. Функцията е дефинирана само за положителните стойности на  $x$ , което е естествено, като се има предвид, че това е размерът на инвестициите. Следователно можем да запишем:

$$NPV = kf(x) - x$$

В този израз коефициентът  $k$  представлява някаква константа, изразяваща в общ вид дисконтовите множители, пропорционалността на някои разходи спрямо обема на производство и динамиката на цената на електроенергията във времето. Коефициентът  $k$  може да бъде възприет като сума от дроби, чиито числители зависят от динамиката на цените на електроенергията, дела на зависимите разходи, ефективното данъчно облагане и всички фактори, определящи как произведената продукция се превръща в паричен поток. Знаменателите на тези дроби са известните дисконтови множители.

По такъв начин ниските стойности на  $k$  могат да се дължат на ниски стойности на числителите, които като правило означават по-неблагоприятни условия на ин-

вестицията (или на производството) и/или на високи стойности на знаменателите, означаващи висока норма на дисконтиране. Високите стойности на  $k$ , напротив, означават високи стойности на числителите – висок ръст на продажните цени на продукцията, ниски ефективни данъчни ставки, ниски зависими производствени разходи и/или ниски стойности на знаменателите – норма на дисконтиране, близка до 0. Тези бележки бяха необходими за по-доброто разбиране на изводите, които ще следват.

Що се отнася до постоянните разходи, те съзнателно са пропуснати в израза, тъй като са константа и при диференцирането на израза няма да оказват влияние върху решението. Първото условие за да съществува максимум на NPV е първата производна на израза да бъде равна на 0:

$$kf^{\circ}(x) - 1 = 0$$

$$f^{\circ}(x) = \frac{1}{k}$$

Както се вижда, решението, ако то съществува, ще зависи от стойността на коефициента  $k$ . Дали съществува такава стойност на  $x$ , която да е решение на израза в горната формула? Както вече видяхме, производната на електропроизводството намалява до 0 и след това преминава в отрицателни стойности. От друга страна, с нарастването на коефициента  $k$  дясната страна в израза ще клони към 0. Това означава, че при високи стойности на  $k$  няма да има проблеми с намирането на решение. Високите стойности на  $k$  предполагат като цяло висок ръст на цените на електроенергията, ниска норма на дисконтиране, нисък дял на зависимите от обема на производството разходи, както вече беше отбелязано, изобщо – изгодни условия на производство за МВЕЦ. Когато условията на производство са изгодни, логично е да се направи по-голяма инвестиция, позволяваща по-високо производство. Ниската положителна стойност на производната, клоняща към 0 в лявата страна, ще означава, че величината на инвестицията ще клони към този размер, при който се достига максималното електропроизводство.

При МВЕЦ обемът на средномногогодишното електропроизводство се измерва със стотици хиляди или милиони кВтч, рядко с по-малки количества. Високи стойности на производната, измерена в кВтч, са присъщи на началото на интервала, в който очакваното електропроизводство нараства. Но за да бъде стойността на дясната страна в израза голямо число – много по-голямо от 0, трябва коефициентът  $k$  да бъде много малко положително число, а това не е така, защото само сумата на дисконтовите множители при нормалните за икономиката норми на дисконтиране е число, по-голямо от 1. Едва при много високи норми на дисконтиране може да се получи сумата на множителите да бъде число, много по-малко от 1, но дори в този случай ще има решение. Просто то ще бъде в областта на ниските стойности на  $x$  (на инвестицията), което пък, от своя страна, означава и ниска степен на застрояване и ниско очаквано електропроизводство. С това считаме за доказано, че съществува стойност на инвестицията, при която е изпълнено първото условие за съществуване на максимум на NPV

Докато зависимите разходи са технологически обусловени и не зависят от желанието на вземащия решение, то нормата на дисконтиране е изцяло зависима от неговите или на друго лице, участващо в процеса, например от вижданията на някоя

кредитираща институция. Следователно решението на израза за максимизация ще зависи и от вижданията на тези, за които нормата на дисконтиране е най-важното и определящо нещо в икономическия избор. По такъв начин “ефективното” решение за размера на инвестицията  $x$  ще варира за един и същ обект на инвестиране в зависимост от нечий виждания за това, каква е “правилната” норма на дисконтиране.

Но да се върнем на свойствата на показателя NPV. За да бъде намерената стойност на  $x$  именно размерът на инвестицията, при който се достига максимум на NPV, трябва да бъде изпълнено и второто условие:

$$kf''(x) < 0$$

Както видяхме, в интервала на нарастване на електропроизводството е вярно, че втората производна е отрицателна и следователно е изпълнено и второто изискване.

Като се има предвид, че коефициентът  $k$  е положителен, NPV ще достигне своя максимум някъде в интервала на нарастване на инвестицията, в който електропроизводството все още нараства (първата производна е положителна), тъй като в противен случай няма да се изпълни условието от първи ред. Това е така от математическа гледна точка, а от икономическа е необосновано да се прави по-голяма инвестиция, за да се получи по-малко електропроизводство (отрицателна първа производна), както би се получило, ако се надхвърли размера на инвестиции, при който се получава максималното електропроизводство.

От казаното дотук можем да заключим, че показателят NPV е подходящ за максимизация, естествено, при допускането че е диференцируем по  $x$ , тъй като ние правихме нашите разсъждения на основата на това допускане. Нещо повече, като израз този показател е доста удобен за максимизация, тъй като не е сложен.

Все пак, участието на коефициента  $k$  в решението оставя място за субективизъм и произвол, доколкото неговата стойност зависи в много голяма степен от избора на дисконтова норма.

Ако искаме да избегнем влиянието на коефициента  $k$ , върху чиято стойност оказват влияние и неизвестните, а за българските условия – и трудно предвидими бъдещи цени на електроенергията, би трябвало да конструираме показател (критерий за взимане на решение), в който този коефициент не фигурира. Такъв е показателят “очаквано електропроизводство на единица инвестиция”, който в означенията, които използвахме, ще изглежда така:

$$\frac{f(x)}{x}$$

Максимизирането на този израз би довело до решение, което е по-устойчиво на бъдещи изменения в цените на електроенергията или на вижданията за това, какво е “ефективна инвестиция”, намиращо израз в едни или други стойности на дисконтовата норма. Независимо от това какви ще бъдат тези изменения в бъдеще, максимизирането на този показател осигурява нещо много разбираемо за всеки инвеститор – максимално електропроизводство (средногодишно) за един инвестиран лев, или, ако искаме да обърнем значението – производство на електроенергия с минимални инвестиционни разходи. Т.е. на даденото място не може да се изгради друга МВЕЦ, при която съотношението “инвестиции/производство” да бъде по-благоприятно.

Още една причина да отдаваме предпочитание на този критерий е обстоятелство-

то, че той преодолява един от добре известните недостатъци на NPV, а именно трудното сравняване на инвестиционни проекти, различаващи се по размера на инвестицията. Този недостатък често се изтъква от авторите, когато се разглежда въпросът дали показателят е подходящ, за да служи като критерий за избор на някакво количество инвестиционни проекти от съществуващо множество конкуриращи се проекти. Показателят NPV е подходящ за оценяване на един проект сам по себе си – дали той е ефективен при дадена норма на дисконтиране: ако има положителна стойност, значи проектът е ефективен и приемлив (по принцип) за инвеститора.

Не така стоят нещата обаче когато инвеститорът трябва да избира няколко проекта измежду множество проекти или, както е в нашия случай – един измежду множество, тъй като само един вариант на МВЕЦ може да се реализира физически на даденото място. Тогава нещата отново се връщат на фазата “да, този проект носи повече пари, но е по-скъп, а онзи е по-евтин, но пък носи по-малко пари, кой да изберем?”. Отново се появяват множеството критерии – бъдещи приходи, от една страна, и инвестиции, за да се реализират тези приходи – от друга страна, и явно упражнението с умножаване на различните критерии с различни множители не е достатъчно убедително, щом възникват съмнения.

Този мъчителен процес на взимане на решение може да бъде подпомогнат, ако се направи една модификация на показателя NPV, а именно той да се нормира с размера на инвестицията и този показател да служи за критерий за взимане на решение. Ще илюстрираме това предложение с условен пример и ще докажем, че резултатът от приложение на този показател е идентичен с приложението на “очаквано електропроизводство на единица инвестиция” от предишната формула.

Нека съществуват два проекта, характеризиращи се с размера на очакваното (средномногогодишното) електропроизводство – **a**, и с размера на инвестицията – **b**. Нека и двата проекта са приемливи при дадена норма на дисконтиране, т.е. и при двата показателят NPV има положителна стойност. И нека допуснем, че

$$\frac{ka_1 - b_1}{b_1} > \frac{ka_2 - b_2}{b_2}$$

$$\frac{a_1}{b_1} > \frac{a_2}{b_2}$$

Както се вижда, двата израза представляват споменатия нормиран NPV – в числителите са самите NPV по двата различни проекта, а в знаменателите – съответните инвестиции. От отношението на нормираните NPV и като се има предвид, че *k* е положително число, следва:

$$\frac{ka_1}{b_1} - 1 > \frac{ka_2}{b_2} - 1,$$

$$\frac{ka_1}{b_1} > \frac{ka_2}{b_2},$$

$$\frac{a_1}{b_1} > \frac{a_2}{b_2}$$

Следствието от горната формула е вярно независимо от стойността на  $k$ , стига този коефициент да е положителен, което винаги е вярно, като се има предвид какво изразява коефициентът.

Вторият цитиран в литературата недостатък на показателя NPV – трудността да се сравняват инвестиционни проекти с различна продължителност на икономическия живот и да се прави избор между тях, в случая не се проявява, тъй като става дума за проекти от един и същ вид – МВЕЦ, които имат достатъчно продължителен икономически живот, за да считаме, че по тази характеристика те не се различават.

### Вътрешна норма на възвръщаемост (IRR)

Другият използван показател и кандидат за критерий е “вътрешна норма на възвръщаемост”. Преди всичко, колкото по-висока е стойността на IRR за даден инвестиционен проект, толкова по-привлекателен е той при равни други условия. Високата стойност на IRR означава висока стойност на нормата на дисконтиране, а това, от своя страна – ниски стойности на дисконтовите множители. Следователно в термините на въведените вече означения коефициентът  $k$  ще има по-ниски стойности, ако нормата на дисконтиране е висока. При максималната норма на дисконтиране, която е възможна за дадено място на изграждане на МВЕЦ, коефициентът  $k$  ще има минимална стойност, което пък означава, че задачата за избор на оптимален вариант на МВЕЦ може да се сведе до минимизирането на коефициента  $k$ .

Все пак подобен подход определено би усложнил нещата като метод, поради което би могло да се потърси “заобиколен” път. Ще докажем, че минимизацията на коефициента  $k$ , която съответства на максимизация на IRR, е еквивалентна на вече разгледания показател “очаквано електропроизводство на единица инвестиция”. За целта отново ще разгледаме в общ вид два проекта, характеризиращи се със свое средномногогодишно електропроизводство  $a$  и размер на инвестицията  $b$ . Тези два проекта ще се характеризират и със свои коефициенти  $k$ , за които ще бъдат изпълнени уравненията за IRR:

$$k_1 a_1 - b_1 = 0$$

$$k_2 a_2 - b_2 = 0$$

$$k_1 = \frac{b_1}{a_1}$$

$$k_2 = \frac{b_2}{a_2}$$



Нека сега да допуснем, че първият проект е “по-добър” от гледна точка на показателя IRR, което означава, че при него нормата на дисконтиране, при която е изпълнено уравнението (пределната норма на дисконтиране), е по-голяма и следователно – коефициентът  $k$  е по-малък. Това означава, че

$$k_1 < k_2 \Leftrightarrow \frac{b_1}{a_1} < \frac{b_2}{a_2} \Leftrightarrow \frac{a_1}{b_1} > \frac{a_2}{b_2}$$

Както се вижда, проектът с по-благоприятен IRR в същото време е и с по-благоприятна стойност на показателя “очаквано електропроизводство на единица инвестиция” – на по-високата стойност на показателя “очаквано електропроизводство на единица инвестиция” съответства и по-висока стойност на IRR (по-ниска стойност на коефициента  $k$ ) и обратно. Поради наличието на тази зависимост можем да твърдим, че когато се оптимизира изборът по единия критерий, в действителност се оптимизира и по другия. Но докато смисълът на показателя (и критерия) “очаквано електропроизводство на единица инвестиция” е ясен и разбираем за всеки инвеститор, то IRR предполага инвеститора да е запознат с неговия смисъл и с идеята за дисконтирането на бъдещите парични потоци.

От друга страна, когато се защитава даден вариант на МВЕЦ пред институция или лице, които държат на стойността на IRR и биха желали този показател да има по-висока стойност, твърдението че това е проектът, оптимален от позициите на този критерий, ще бъде напълно коректно спрямо тази институция или лице. По такъв начин, независимо от това на кой точно показател ще държат възможните страни в инвестиционния процес – собственик на проекта и кредитираща (финансираща) институция, решението за избор на вариант ще бъде едно и също и няма да се стигне до разнопосочност на целите и съответно – до трудност при взимане на решение поради подобно разминаване.

Ако трябва да препоръчваме показател, който да е най-подходящ именно за взимането на инвестиционно решение за изграждането на МВЕЦ, отчитайки спецификата на този вид инвестиции, бихме предпочели именно показателя “очаквано електропроизводство на единица инвестиция”.

Преди всичко трябва да отбележим, че в случая е трудно да се докаже съществуването на максимум на критерия, основавайки се само на общи разсъждения и на най-общите свойства на функциите, както при предишните критерии. Ще трябва функцията на очакваното електропроизводство да бъде представена по-формализирано и впоследствие да се изследва по традиционния начин въпросът за съществуване на максимум на критерия. Една възможност е кривата на електропроизводството в зависимост от застрояването да бъде апроксимирана чрез следната функция<sup>1</sup>:

$$\begin{aligned} f(x) &= \exp(z) \\ z &= a_0 + a_1 \ln x + a_2 \ln^2 x \\ a_1 &> 0, a_2 < 0 \end{aligned}$$

<sup>1</sup> За размера на инвестициите можем да направим най-простото предположение, че е пропорционален на застрояването. За да се уточни това предположение, трябва да разполагаме с подробна ценова информация за всички компоненти на инвестицията, което може да бъде обект на конкретно проучване.

При тази апроксимация, достатъчно точно описваща връзката в интервала на нарастване на очакваното електропроизводство и използвайки класически метод за изследване на функция, се доказва, че посоченият критерий има максимум в точка

$$x = e^{\frac{1-a_1}{2a_2}}$$

В практиката функцията на инвестициите не е дефинирана за всяка стойност на застрояването, защото производителите не предлагат “непрекъсната” гама от оборудване. Тогава оптималното от икономическа гледна точка застрояване ще се намира в околността на това аналитично решение или може да бъде намерено чрез сравняване на варианти с реални цени в тази околност.

## ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

*Efraim Turban, Jack R. Meredith, Fundamentals of Management science*, 5-th edition 1988, BPI IRWIN

*Gabriel Archinard, Bernard Guerrien, Analyse mathématique pour économistes*, 4-ème édition, Economica 1992

*Philippe D eschamps, Cours de mathématiques pour économistes*, Dunod

*Schärlig A. et Pasche D, La multiplication des ratios, une méthode multicritère préférable à la somme dans les problèmes de localisation industrielle*

*Stanley J. Farlow, Gary M. Haggard, Applied mathematics for Management, Life Sciences and Social Sciences*, First edition, Random House NY,

*Евгени Матеев, Рентабельность и планирование*, 1970, БАН

*Евгени Матеев, Управление, ефективност, интеграция (в търсене на решения)*, 1976, Партиздат, София

*Иван Ангелов, Методология за определяне на икономическата ефективност на инвестиционни проекти*, 1987, БАН

## **ОГРАНИЧЕНОСТТА НА ПРИЛАГАНИТЕ КРИТЕРИИ ЗА ИЗБОР НА ВАРИАНТ ЗА ИНВЕСТИРАНЕ В МАЛКИ ВОДНОЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЦЕНТРАЛИ НА ТЕЧАЩИ ВОДИ**

### **Резюме**

Настоящата студия има за цел да изследва приложимостта на различните възможни критерии за избор на оптимален вариант за инвестиране в МВЕЦ (малки водноелектрически централи) на течащи води и да даде на потенциалните инвеститори по-добра представа от какво би следвало и от какво не би следвало да се ръководят те при техните решения.

Сблъсквайки се с един и същ проблем – недостатъчната адекватност на прилаганите методи и критерии за избор, което често пъти се явява пречка за взимане на решение, авторът предлага свое виждане за усъвършенстване на тези методи и критерии.

Интересът към подобно изследване е продиктуван поне от следното:

През последните 15-16 години интересът към инвестирането МВЕЦ на течащи води в България преживява разцвет. България ще трябва в недалечно бъдеще да достигне производство на 20% от енергията от възобновяеми източници и е императивно важно това да не стане за сметка на неефективни инвестиционни решения. Сложността при взимането на оптимални инвестиционни решения произтича от увеличаването на управляемите променливи. Докато при управлението на съществуващи икономически обекти много от управляемите променливи вече са приели съответните стойности, които са известни, то на етапа на взимане на инвестиционно решение за тези променливи също трябва да се взимат конкретни решения.

Използваният в студията математически апарат позволява тя да бъде полезна на широк кръг читатели и не изисква специални математически познания.

**LIMITATION OF THE USED CRITERIA FOR A CHOICE  
OF INVESTMENT'S VARIANT IN THE CASE OF SMALL  
HYDROPOWER PLANTS "RUN-OF-THE-RIVER"****Abstract:**

The present study has for an object to analyze different possible criteria for a choice of an optimal variant of investment in small hydropower plants (SHPP) run-of-the-river and to give to potential investors a better idea to that should, and that should not pay attention, making his decisions.

Colliding with the same problem - insufficient adequacy of the used methods and criteria of decision-making, that often is an obstacle of decision-making, the author proposes his own vision to improvement of these methods and criteria.

Interest to similar researches is due at least to the following reasons:

During the last 15-16 years, the investments in SHPP in Bulgaria experiences a period of increasing interest. In the near future Bulgaria should reach 20 % of produced energy from renewable resources. Therefore, it is imperatively important, that it did not occur due to inefficient investment decisions. Complexity of a finding of optimal investment decisions occurs because of increase in decision variables. Whereas managing an already existing economic objects some part of these variables already have accepted his values and are already known, at a stage of finding of the investment decision it is necessary to find too the values of these variables.

The mathematical instrument used allows the study to be useful to a broad audience of readers and does not demand a special mathematical knowledge