

СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ВАЛЕЖИТЕ

Анна Йорданова, Станислава Радева, Весела Райнова
Национален Институт по Метеорология и Хидрология – БАН,
София 1784, Р България, e-адрес: Anna.Yordanova@meteo.bg,
Stanislava.Radeva@meteo.bg, Vesela.Rainova@meteo.bg

Резюме

Тук са описани утвърдени методи за измерване на валежите от дъжд, използвани в България. Валежът е единствената метеорологична величина, която няма одобрен стандартизиран инструмент за измерване. Тази статия дава информация за 3 типа от валежометрите, най-много използвани за събирането на метеорологична информация, като са отразени техните предимства и недостатъци.

Ключови думи: precipitation gauge, measurement, rain

ВЪВЕДЕНИЕ

В света има над 50 различни вида национални стандарти за валежомери, използвани от 136 страни (Sevruk et al, 1989)[3]. Валежът е единствената метеорологична величина, която няма одобрен стандартизиран инструмент за измерване (Groisman, P. Ya, 2012)[4]. Има толкова много различни форми валежомери, измервателна техника и изисквания за постамент, че е почти невъзможно да се корелират данните за валежите от една държава с тези от друга.

През 2010г. проведено проучване показва, че 18% от климатичните станции по света използват автоматични валежомери и 82% - използват ръчни. От автоматичните - 82,9% са с завъртащ се контейнер и 16,2% – са тегловни валежомери.

Тази статия дава информация за 3 типа от валежометрите, най-много използвани за събирането на метеорологична информация:

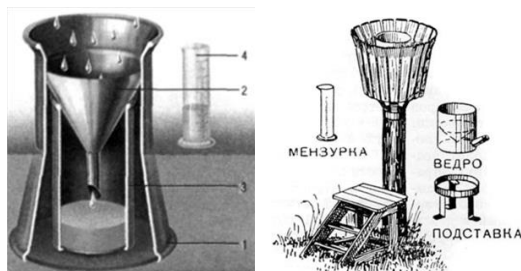
1. Класически (ръчни) валежомери;
2. Автоматични (самопишещи - омбрографи, плювиографи) валежомери:
 - Тип “Helman”;
 - Тип “Преобръщаща се кофичка” (“Tipping bucket” - завъртащ се контейнер);
3. Метеорологични автоматизирани радари.

КЛАСИЧЕСКИ (РЪЧЕН) ВАЛЕЖОМЕР

Ръчният валежомер[2] е най-старата форма на уред за измерване на валеж и най-евтиният. Той все още широко се използва, въпреки че трябва да се поддържа ежедневно или дори по-често за да се получават точни и надеждни данни.

В най-простата си форма за употреба за измерване на валежите, уредът представлява прав кръгов цилиндричен контейнер с точно определен диаметър, който се монтира по начин, че да събира валежите. След това се взима и се претегля течността, за да се изчисли течния еквивалент на валежа. Обикновеният дъждомер се състои от (фиг.1):

- Два еднакви цилиндъра с височина 40 cm и диаметър 25,2 cm (площ $1/20 \text{ m}^2$);
- цинков похлупак за цилиндрите;
- цинкова фуния (събирателна) със същия отвор като цилиндрите;
- цинкова чаша за стичане на водата от цилиндрите;
- дървен стълб за окачване на дъждомера, който е набит така, че височината му над почвата да е 90cm;
- стъклена мерилка.



Фиг.1 Ръчен валежомер

През топлата част от годината дъждомерът се използва в пълен комплект, а през студените месеци чашата и фунията се прибират и се оставя само цилиндърът, за да може снегът да вали направо в него. Когато, обаче, е налице проливен дъжд, който причинява наводнения, прииждане на реки и т.н., освен сутрин, измерването става и веднага след приключване на дъжда. Ако времето на редовното отчитане сутрин съвпадне с валеж, изважда се събирателната чаша, измерва се количеството на дъжда, като през това време валежът се събира в цилиндъра. Вторият цилиндър се използва за заместване на първия, когато се измерват твърди валежи, които следва да се разтопят, за да се измерят. Основен уред за измерване на валежите в България е валежомер система "Вилд".

ПЛАНИНСКИ ДЪЖДОМЕР (ТОТАЛИЗАТОР)

За планински условия, където количеството на валежа е по-голямо, се използва вариант на обикновения дъждомер с по-дълбок цилиндър и с ветрозащитен обърнат конус[2]. За планински върхове, където отчитането на валежа става веднъж на седмица, на две седмици или на месец, се използват дъждомери с вместимост 100 и повече литра, наречени „тотализатори“. При тях ветровата защита е задължителна, а поставянето на дъждомера става на височина над предполагаемата снежна покривка. Дъното на тотализатора се зарежда със силно хигроскопичен разтвор, обикновено калциев дихлорид, който предизвиква разтопяване на попадналия в дъждомера сняг. Върху хигроскопичния разтвор се налива 0,5 л. течен парафин, който предпазва от изпаряване на валежа при топло време.

По-усъвършенстван валежомер е проектиран в началото на 20 век, има четири съставни части. Една фуния с диаметър 20см., която събира водата в колектор с диаметър 5см., които се държат от външна тръба с 20см. диаметър, която се поддържа от метална рамка. Той е с капацитет от 5см. в колектора и 50см. в контейнера за преливане(фиг.2).



Фиг.2 Планински дъждомер

Мерките на устройството е със стъпка от 0.25мм., използвани при измерване с линията. Входният отвор е 0,81 метра над земята заедно с монтажните крака, с които е снабдено устройството. Хиляди такива уреди се използват в момента в целия свят на места, където разходите за ежедневна поддръжка и ръчно вписване на валежите са непосилни.

Чрез насочване на валежа в тръба с по-малък диаметър, размерът на грешката от изпарение е сведена до минимум.

Предимствата са:

1. Ниска цена и без изискване за ел. захранване, освен при подгриване;
2. Евтина поддръжка, не изисква подмяна на части, формата на правилен кръгъл цилиндър минимизира натрупването на грешка, вследствие на вятър;
3. Малки загуби от изпарение, дължащи се на ограничения вход на фунията и на честата поддръжка;
4. Не изисква масло/антифриз;
5. Дълъг оперативен живот – много устройства са ползвани повече от 50 години;
6. Минимални грешки от замърсяване, тъй като устройството се почиства след всяко измерване;
7. Висока точност, ако се поддържа добре, 0,25 см.

Недостатъците са:

1. Високи експлоатационни разходи, изисква ръчен запис на данни и изпразване на цилиндрите, често - два пъти на ден или повече по време на тежките периоди на валежите.
2. И при най-малко измерване на твърд валеж, като сняг или лед, ще се блокира ограничения вход, освен ако валежа не се загрева или ако присъства човек за да разтопи и измери снега или леда.
3. Възможни са загуби на данни от измервания по време на периода на събирането им.
4. Няма да записва краткосрочни валежи.
5. Загубите от омокряне, толкова колкото 0,2 мм на наблюдение, могат значително да повлияят на акумулативното измерване.
6. Данните трябва да бъдат наблюдавани от обучен персонал и точно регистрирани.

АВТОМАТИЧЕН (ТЕГЛОВЕН, САМОПИШЕЩ) ВАЛЕЖОМЕР

В първоразрядните метеорологични станции задължително се използват и самопишещи (самоотчитащи) дъждомери, наречени плувиографи. Плувиографът се използва само през безснежния период на годината. Чрез този уред се отчита както количеството на валежа, така и неговата интензитет. Събирателната му площ е както при обикновения дъждомер..

Широко се използват три вида плувиографи:

- Тегловен тип - Тип “Helman”;
- Със самостоятелно изпразване на контейнера - Тип “Преобръщаща се кофичка” (“Tipping bucket” - завъртащ се контейнер);
- С поплавок;
- Метеорологични автоматизирани радари.

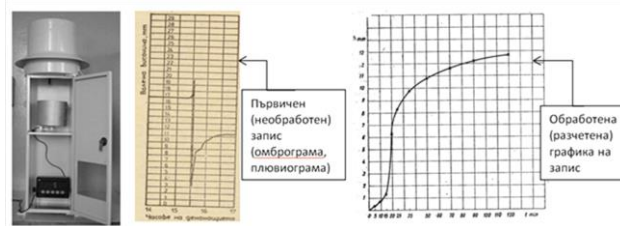
Само първият тип е подходящ за всички видове валеж. Останалите два типа се използват за течни валежи.

А. Тип тегловен плувиограф

Въведен в средата на 20-ти век, тегловният валежомер(ТВ) отстранява някои от недостатъците на ръчния този с въртящ се контейнер, чрез събиране на всички видове валеж в контейнера непрекъснато и точно измерване на данните върху перфолента или с записващо графично устройство. Техният ранен дизайн се характеризира с 50см. обем и има точност до 0,25см..

Теглото на събирателния контейнер, измерен с помощта на калибрована пружина, се трансформира от вертикално в ъглово движение чрез серия от лостове и ролки. Това ъглово движение след това механично се предава на барабана или разграфена плоска лента или чрез

преобразователя се трансформира в цифров вид. Точността на такъв тип валежомери е пряко свързана с техните характеристики на измерване и/или регистриране, които могат да варират в зависимост от производителя(фиг.3).



Фиг.3 Тегловен плувиограф

В устройствата от този тип се води постоянно записване на теглото на контейнера със събрания валеж в него с помощта на пружинени или лостови везни. Така, общата маса на валежа се записва (както течна така и твърда). Обикновено устройствата от този тип нямат приспособения за отделяне от тях на събраните валежи; капацитет им варира от 15 до 75см. Загубите от изпарение се свеждат до минимум чрез добавяне към контейнера на достатъчно количество масло или други вещества, които да създадат филм на повърхността на водата. Колебанието на теглото по време силни ветрове, усложняващи снемането на показателите, може да се намали, като се използва маслен механизъм или пещиална програма на микропроцесора, която изключва влиянието на тези колебания в показанията на прибора.

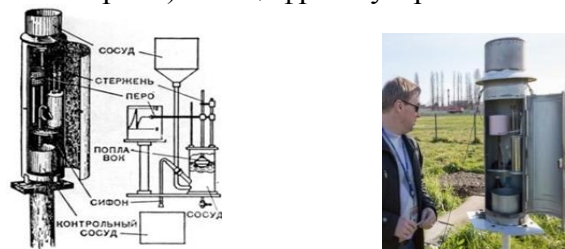
За работа през зимата контейнерът се зарежда с разтвор на антифриз, за да се стопи твърдия валеж. Количеството антифриз зависи от очакваното количество валеж и минималната температура, която се очаква по време на минимално разреждане.

Б. Тип плувиограф с поплавок

Валежът се събира в цилиндричен съд, снабден с поплавок, поплавъчната камера. Съществуват два начина на отчитане на валежа:

а) Когато нивото на водата в камерата се повиши, вертикалното изместване на поплавката привежда в работа перо (което се движи по разграфена лента)

б) Вместимостта на съда се равнява на количество дъжд от 10 mm. Достигайки до това ниво, поплавъкът отваря отвор на сифон, при което набраното количество дъждовна вода се изпразва за много кратко време. Към поплавката е закрепена перодръжка с писец за отбелязване на количеството валеж върху разграфена по часове и mm воден стълб книжна лента, поставена на барабан (плювиограма) или цифрово устройство.



Фиг.4 Плувиограф с поплавок

За да не замръзва водата – трябва да се подава топлина, без да се превишава необходимия минимум, защото излишната топлина води до вертикално движение на въздуха над прибора и загуба за сметка на изпарение. Техническото обслужване е като при тегловния плувиограф. Барабанът с лентата се движи от часовников механизъм.

Предимствата на уреда с плувиограф са:

1. Големият диаметър на отвора предотвратява запушването на инсталираните нагреватели

от отломки или замръзнал валеж, осигурявайки тяхното функциониране ;

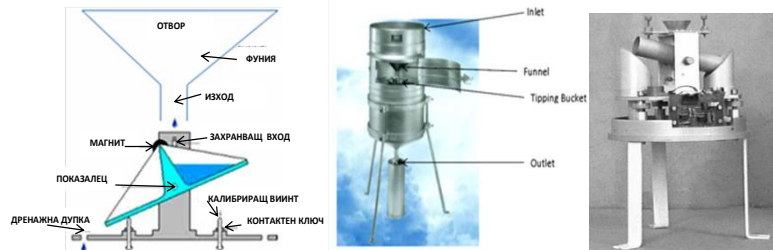
2. Акумулираният валеж е с пренебрежимо изпарение, поради наличието на течно масло и затова данните за него са възстановими дори ако тяхното събиране или обработка са временно загубени;
3. Измерване на интензитета на валежа без ограничение за максимум;
4. Дългосрочна надеждност, неподвижните части осигуряват години обезпечена експлоатация;
5. Изискването за некраткосрочната поддръжка минимизира експлоатационните разходи;
6. Правата входяща тръба, удължаваща контейнера, минимизира грешката от пръски;

Недостатъци:

1. Изискваната мощност за нагревателите и централния процесор е от 30 до 50 милиампера за електрониката и до 7 ампера за нагревателите от 12-волтов източник;
2. Големият отвор ще пуска насекоми и отломки, които ще повишат теглото на претегления като течен валеж. На някои пунктове ще са необходими защитни екрани;
3. Голям размер, тъй като устройството трябва да съхранява целия записан валеж.;
4. Трябва да бъде точно нивелиран за да се балансира теглото на контейнера;
5. След всеки сезонен запис на данните сместа от антифриз/масло/вода трябва да се впръсква;
6. Ограничен обем - наличните типови обеми са 600, 1000 и 1500мм;
7. Висока цена.

В. Тип “Преобръщаща се кофичка” (“Tipping bucket” - завъртащ се контейнер)

Автоматичният тегловен валежомер с въртящ се контейнер е един от най-ранните форми на автоматичен валежомер, тъй като при него изходът може да бъде записан чрез електрически брояч за получаване на акумулираната вода при всеки валеж. Този тип автоматичен валежомер е класифициран като *уред за измерване на събитие* като всяка грешка в механизма на брояча ще доведе до невъзстановима грешка в акумулираното измерване. Обаче, неговият опростен механизъм на измерване го прави евтин за автоматично измерване и е използван като национален стандарт за измерване на валеж в редица страни, най-значителната от които е Япония.



Фиг.5 Валежомер с въртящ се контейнер

Механизмът му е показан на фиг.5. След фунията валежът попада в частта(напр. дясно) на контейнера и като се напълни, контейнерът се накланя на дясно и се изпразва през дренажния отвор, опирайки се на калибриращия винт и излагайки празната лява част от контейнера на следващия валеж. При типичния дизайн на това устройство, всяко накланяне на контейнера представлява 0,25мм. валеж. С всяко накланяне на контейнера, се задвижва магнита отпред чрез показалеца и активира контактния ключ, който се използва в електронното записване събитието.

И колекторът и накланящият се механизъм се загряват поотделно за да се ограничи измерването на замръзнал валеж. Те са изработени от няколко материала, предназначени да издържат на околната среда - износване през продължителните периоди от време -

включително месинг, неръждаема стомана, и някои ултравиолетова защитени пластмаси.

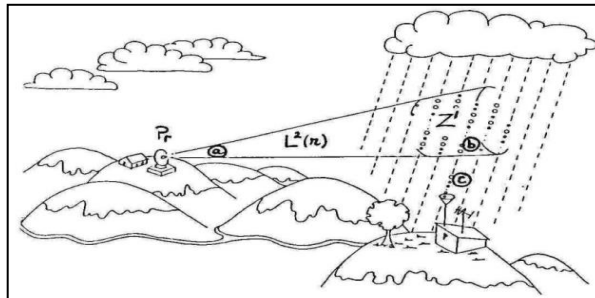
Предимствата на уреда са:

1. Евтин автоматичен валежомер, особено, ако се използва само за запис на темпа на превключващия контакт и количеството;
2. Не изисква ежедневна или по-честа поддръжка;
3. Може да бъде намален размерът му за да се използва на места, където ограниченията за размер са критични, като напр. върху сгради или язовирни стени;
4. Може да измерва интензитета на валежа (с ограничена точност при висок интензитет);
5. Със защитни екрани на входа, той функционира без надзор при наличие на въздушни замърсители;
6. Той има подвижни части и е достатъчно надежден, за да издържи няколко сезона;
7. Няма ограничение за обема или изискване за течно масло/антифриз.

Недостатъците са:

1. Фунията и въртящият се механизъм са лесно замърсими и това води до грешки в измерването и загуба на данни;
2. Уредът трябва да се инсталира и нивелира така, че наклонящият се механизъм да е в равновесие;
3. Топящият се сняг/лед във фунията след спиране на валежа може да доведе до неточен запис на времето/датата;
4. Ако едно отделно събитие на валеж не е записано поради замърсяване или механична грешка, записът за натрупания валеж е окончателно изгубен, т.е. е за събитийното измерване;
5. Изисква редовна поддръжка при блокиране на входа и замърсяване на наклонящия се механизъм.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕН АВТОМАТИЗИРАН РАДАР



Фиг.6 Схема на измерване на дъждове с радар

Въвеждането в практиката на нови технологии, като стратегии за обемно сканиране, Доплеровия ефект и разнообразие на поляризацията, доведоха до разработване на радарно измерване на валежите. През Втората световна война, учените забелязали, че някои военни радарни честоти могат да дават информация и за валежите. Радарната антена (фиг.6) се върти с честота $0,2 \text{ min}^{-1}$, облъчвайки цялото пространство около себе си до видимия хоризонт [1].

Метеорологичните радари излъчват радиовълни с дължина $3 - 10 \text{ cm}$ и честота $500 - 1000 \text{ Hz}$, които се отразяват от дъждовните капки и мощността (P_r) на отразения сигнал се регистрира от радара. P_r зависи от плътността на отразяващия обект, разстоянието до него и оптичните съпротивления по пътя на сигнала, свързани чрез формулата:

$$P_r = \frac{c \cdot L^2 \cdot z}{r^2}$$

където C е константа на радара; $L^2(r)$ – фактор на разсейване; z' – отразителна интензивност на сигнала, mm^6/m^3 ; r – разстояние от радара до точката на измерване, m .

Връзката между интензивността на дъжда(i) и отразителната интензивност(z) на сигнала се определя чрез емпиричната формула на Marshall и Palmer: $z = A \cdot i^\alpha$.

Или след логаритмуване $i = 10^{f(z)}$, където A и α са емпирични константи (например $A = 200$ и $\alpha = 1,6$). Например, за метеорологичния автоматизиран радар на НИМХ при БАН край с. Гелеменово, Пазарджишко, относно x важи израза:

$$f(z) = \frac{z/3 - 23,01}{16}$$

Докато радарите са разпознати като ключови инструменти за мониторинг, правилното разбиране и оценка на различните източници на грешки са от решаващо значение. Неустойчивостта на резултатите, които влияят върху измерването на валежите с помощта на радари, се дължи на три източника:

- източник, свързан със самата радарна система (калибриране на радарен хардуер, грешки в азимута и ъгъла на издигане);

- източник, свързан с взаимодействието между радарната вълна и околната среда (земни затрупвания или биологични цели, ехо на чист въздух, частично блокиране на лъча, частично запълване на греди, отслабване от дъжд, филтриране по вертикала поради разширяване на лъча с обхват)

- източник, който се появява при преобразуване на индикаторите за моментна позиция на плана за отражение на радарни пластини в натрупвания на повърхностни валежи (неравномерен вертикален профил на отражение, колебания на вълната, вида на валежите, съотношение Z-L, утаяване на валежите).

Тук са описани утвърдените методи за измерване на валежите от дъжд. Нов метод и прибор, които все повече навлизат през последното десетилетие в употреба от оперативната дейност е оптичният валежомер, в основата на който е принципът за оптично разсейване (Фиг.7).



Фиг.7 Оптичен валежомер

ИЗВОДИ

Чрез преглед на горе цитираните предимства и недостатъци за всеки вид уред, процесът на подбор обикновено е продиктуван от ограничените парични ресурси и условията на измерване. В този случай основните източници на ограничения са:

1. Наличие на обучен персонал за поддръжка;
2. Разходи за доставка и монтаж;
3. Наличие на електрозахранване на мястото.

Условията на мястото, които влияят върху избора на валежомера, са:

1. Размерът на максималния годишен валеж;
2. Размерът на максималния валежен интензитет;
3. Размерът на максималния снеговалежен интензитет.

Всеки правилно поддържан и разположен валежомер може да осигурява точна информация за нивото валеж за дадено място.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсов, Р. , 2016, “Лекционен курс по канализационни мрежи и съоръжения“.
2. Александров, В., Денкова, Д., Радева, С., и кол. , 2016, Ръководство за провеждане на метеорологични наблюдения в синоптичните станции на НИМХ–БАН, Изд.на НИМХ.

Science & Technologies

3. Sevruk , B. 1989, S. Klemm, WMO Instruments and Observing Methods Report #39.
4. Groisman, P.Ya., Precipitation, Hydrological Cycle , Vol . II, Encyclopedia of Life Support Systems , 2002-2012.