
ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ХИДРАВЛИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА НЯКОИ МОДЕЛИ И КОНСТРУКЦИИ НА ДЪЖДОВАЛНИ АПАРАТИ

Д. Георгиев¹, Д. Парасков²

Ключови думи: поливни системи, дъждуване, равномерност на разпределение на дъжда, радиус на действие на дъждов. апарати, стенд за хидравлично изпитване на дъжд. апарати

Научна област: хидромелиоративно строителство

РЕЗЮМЕ

Напоследък редица фирми предлагат различни модели и конструкции на дъждовални апарати, различаващи се основно по хидравличния принцип на хидравлична работа – разпръскване на дъжда, както и на завъртане на апаратите. Някои от тях са предназначени за зелени площи и спортни терени, други – за земеделски площи, а някои се предлагат и в двата случая. Конструиран е специален стенд за хидравлично изпитване при който се поддържа постоянен напор на изпитване и условия на работа, подбрани са подходящи образци. Получените данни от проведените изпитвания, дават възможност да се направят някои обобщени изводи, касаещи работата на различен тип дъждовални апарати при еднакви условия.

1. УВОД

Дъждовалният апарат е основен елемент от една система за дъждуване, стационарна или подвижна, инсталация или машина, от който елемент до голяма степен зависи равномерността на разпределение на падналия изкуствен дъжд върху поливната площ, интензивността на дъжда, едрината на капките, както и експлоатационните разходи и необходимите инвестиции на единица площ.

¹ Димитър Георгиев, доц. д-р инж., кат. „Хидромелиорации”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ 1, 1046 София, e-mail: georgiev_f@abv.bg

² Добромир Парасков, редовен докторант, инж., кат. „Хидромелиорации”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ 1, 1046 София, e-mail: Paraskov.Dobromir@abv.bg

Голямото разнообразие от предлагани различни типове и конструкции дъждовални апарати дава възможност за оптимизация при проектирането на една дъждовална напоителна система, но в същото време поставя въпрос кои от тях биха били най-подходящи. Напоследък от редица водещи фирми в областта на напоителните системи се предлагат най-различни модели и конструкции на дъждовални апарати, голяма част от които са предназначени за зелени площи и спортни терени и могат да се обособят в следните групи: дефлекторни обикновени и изскачащ тип, струйни ротационни – изскачащ тип с въртящо се цилиндрично тяло, роторен тип, и струйни ротационни с кобиличен механизъм.

В голяма част от случаите производителят предлага разстояние на разполагане на апаратите $a = R$, което представлява една силно сгъстена и неикономична схема, особено когато става въпрос за сравнително по-големи площи, в това число и земеделски. В каталожните характеристики няма данни за равномерността на разпределение на дъжда върху напояваната площ и възниква въпросът при каква схема ще се получи нормативна допустима равномерност от 20% и как това ще се отрази върху стойността и експлоатационните разходи за тези инсталации при по-големи напоявани площи, в това число и селскостопанските. За да се получи отговорът на тези въпроси, в настоящата статия са разгледани проведени експериментални хидравлични изпитвания, които представляват част от бъдещи по-широкообхватни изследвания. За целта нека направим кратко описание на така оформените групи на дъждовални апарати. Според принципа на действие те могат да се разделят на струйни, импулсни, мъглообразувачи. Според напора H , при който работят, са нисконапорни ($H \leq 20$ m), среднонапорни ($H = 20 \div 40$ m), високонапорни ($H > 40$ m). Според радиуса на действие се делят на късоструйни ($R \leq 15$ m), средноструйни ($R = 15 \div 35$ m), далекоструйни ($R > 35$ m).

2. Кратка характеристика на дъждовалните апарати

2.1. Дефлекторни дъждовални апарати



Фиг. 1. Дефлекторен дъждовален апарат

Според своята конструкция дефлекторните дъждовални апарати са обикновени и изскачащ тип. Характеризират се с висока интензивност на дъжда и малък радиус на действие. В зависимост от апарата и работните условия интензивността достига до $50 \div 60$ mm/h, а радиусът на действие е най-често в границите на $1 \div 1,5$ m до $8 \div 9$ m.

Работят при сравнително ниски напори от $0,08 \div 0,1$ МРа до $0,35 \div 0,45$ МРа, което е значително предимство в случаите, когато осигуряването на висок работен напор е невъзможно или неефективно.

Техническите им характеристики ги правят най-подходящи за прилагане в напоителни системи на тревни и паркови площи, оранжерийни насаждения. В селското стопанство се използват най-често като елементи на дъждовални машини, работещи в движение (машини с фронтално придвижване, пивоти), като по този начин се избягва високата интензивност и често недобрата равномерност на изкуствения дъжд.

Дефлекторни дюзи за монтаж на изскачащо тяло се предлагат в десетки разновидности с голямо разнообразие от възможности за настройване режима им на работа. Възможно е регулирането на обхвата им (секторна работа или в пълен кръг), настройване на дължината на радиуса на действие, избор на работа с плътна струя (ципа) или няколко отделни струи и др.

2.2. Ротационни дъждовални апарати с въртящо се цилиндрично тяло (роторен тип), фиг. 2



Фиг. 2. Струен ротационен дъждовален апарат – роторен тип

Ротационните дъждовални апарати роторен тип са с конструкция, подобна на тази на дефлекторните апарати изскачащ тип. Най-често са с пластмасов корпус и изскачащо цилиндрично въртящо се тяло, в горната част на което е монтирана дюзата. Въртеливото движение се осигурява от зъбчат механизъм в корпуса на апарата, задвижван от преминаващата вода.

Почти всички модели на този тип апарати се предлагат с комплект сменяеми дюзи с различен размер, което осигурява добра гъвкавост за настройване работата на апарата и на напоителната система като цяло. Чрез подмяна на дюзите могат да се регулират обхватът на дъждовалния апарат, подаваното водно количество, интензитетът на дъжда, както и едрината на капките. Освен това по-голямата част от апаратите от този тип имат възможност както и за работа в пълен кръг, така и работа в сектор, като е възможно настройване в целия диапазон, обикновено от 30° до 360° , опция, осигуряваща голяма гъвкавост по отношение на формата на напояваната площ.

В зависимост от апарата и работните условия интензивността на дъжда се изменя в широки граници от $0,8 \div 1,0$ до $20 \div 25$ mm/h, а радиусът на действие е най-често в границите от $4 \div 5$ m до $55 \div 60$ m. Работят при напори от $0,16 \div 0,18$ МРа до

0,80 ÷ 0,90 МРа. Предлагат се в почти всички области на напоителните системи – паркови и градински напоителни системи, спортни терени и голф игрища, в някои аналогични случаи и в селското стопанство.

2.3. Ротационни дъждовални апарати с кобиличен механизъм

Ротационните дъждовални апарати с кобиличен механизъм в най-общия случай се състоят от присъединителен цилиндър, въртящо се около вертикална ос тяло с един или два струйника със сменяеми дюзи към тях, механизъм за въртене на тялото и разбиване на струята (кобилица). Понякога пред дюзата е монтиран напречно островръх винт, който може да навлиза повече или по-малко в струята. В зависимост от броя и разположението на струйниците – един или два, разположени от едната или на противоположни страни, апаратите са едnodюзови, двудюзови еднопосочни и двудюзови двупосочни.

Струйниците сключват определен ъгъл с хоризонта (най-често $15^\circ \div 30^\circ$), като той зависи от предназначението на апарата и от самите му конструктивни особености. Също както апаратите от роторен тип, повечето кобилични дъждовални апарати имат възможност за използване на дюзи с различен диаметър, както и настройване за секторна работа или работа в пълен кръг.

При ротационните дъждовалните апарати с кобиличен механизъм интензивността на дъжда се изменя в широки граници от $0,8 \div 1,0$ до $20 \div 25$ mm/h, а радиусът на действие обхваща по-голям диапазон в сравнение с апаратите роторен тип – от $4 \div 5$ m до $80 \div 90$ m. Работят при сравнително по-висок минимален напор от 0,2 МРа до $0,80 \div 0,90$ МРа.

Също както дъждовалните апарати роторен тип и тук съществува голямо разнообразие от предлагани модели и модификации и изменящите се в широки граници технически характеристики дават възможност за широкото им приложение в различни области на напоителните системи – най-вече при напояване на селскостопански площи, но също така и паркове и градини, спортни терени и др.



Фиг. 3. Струен ротационен дъждовален апарат с кобиличен механизъм

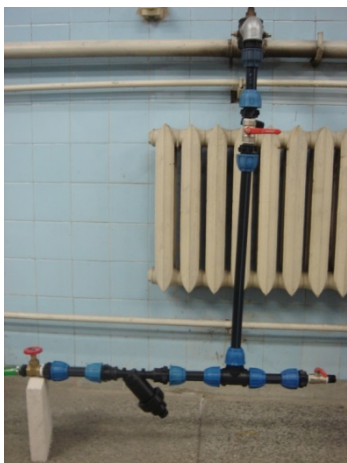
В изпълнение на изследователската тема бяха проучени и закупени апарати на фирмите Perrot, Rain Bird, Irritrol и Gardena, които са едни от водещите производители в областта на напоителните системи, като за нуждите на проведените хидравлични

изпитвания са подбрани набор от различни по тип и принцип на работа дъждовални апарати. Изборът е направен с оглед те да бъдат представителна извадка от най-разпространените и често използвани в практиката конструкции и модели, като за целта са подбрани модели от различни по принцип на работа дъждовални апарати със сходни работни характеристики, така че след провеждане на изследванията да могат да бъдат сравнени техните работни параметри и техникоикономически показатели при еднакви условия на работа. Така ще могат да бъдат направени изводи и дадени препоръки за ефективното им приложение в зависимост от конкретните нужди и условия.

3. Хидравлични изпитвания

3.1. Опитна установка

За провеждане на изследванията бе направена опитна установка в Лабораторията по отводнителни системи и корекции на реки към катедра „Хидромелиорации“, която най-общо се състои от захранващ тръбопровод (фиг. 4), изравнителен и ниво-поддържащ полиетиленов резервоар с обем 1,5 m³ (фиг. 5), смукателен тръбопровод, помпен агрегат, напорен тръбопровод и измервателни устройства (фиг. 6), тринога – стойка за монтаж на изпитваните дъждовални апарати и други арматурни части, монтирани на необходимите за целта места.



Фиг. 4. Захранващ водопровод



Фиг. 5. Полиетиленов резервоар

Инсталацията се захранва с чиста вода от водопроводната мрежа, но за по-голяма сигурност на тръбната връзка е монтиран дисков филтър за пречистване. Сравнително големият обем на резервоара позволява по време на изпитанията да се поддържа постоянно „долно“ водно ниво на захранване (+/- 5 cm), а оттам и постоянен развиван от попения агрегат напор по време на изпитването. За избягване на сравнително малките работни дебита при изпитанията и поддържане на нормална работа на помпения агрегат е предвидена байпасна връзка на помпата с резервоара. Работната площадка за изпитване на дъждовални апарати бе разположена на покривната плоча над подземните гаражи в съседство на лабораторията (фиг. 7), като бе приета радиална схема на разположение на измервателните съдове (канчета). Следва да се отбележи, че непосредствено преди връзката на изпитвания дъждовален апарат бе монтиран допъл-

нителен манометър и водомер. Освен това пространството е обградено от всички страни с високи строителни тела, което възпрепятства вредното влияние на евентуално появил се вятър и придава достоверност на получените резултати, и същевременно дава възможност да се използва само $\frac{1}{4}$ от пълния кръг на оросяване от апарата.



а *б*
Фиг. 6. Помпен агрегат с напорна връзка и измервателни устройства
а – помпен агрегат с напорна и байпасна връзка; б – дебитомер

На опитната площадка са разположени седем лъча от мерни канчета през 15° . По дължина на всеки лъч канчетата са разположени на 50 cm едно от друго, като само в отделни интервали разстоянието между тях е 1 m. Тези интервали са обикновено в средния участък на радиуса, където не се очакват значителни изменения в количеството паднал дъжд. Избраното разстояние от 50 cm между мерителните съдове е една сравнително сгъстена схема, но тя е избрана поради наличието на достатъчен брой съдове, което пък от своя страна осигурява получаване на по-подробна и детайлна картина по отношение на диаграмата на падналия изкуствен дъжд. Височината на изпитване е приета 1,0 m.

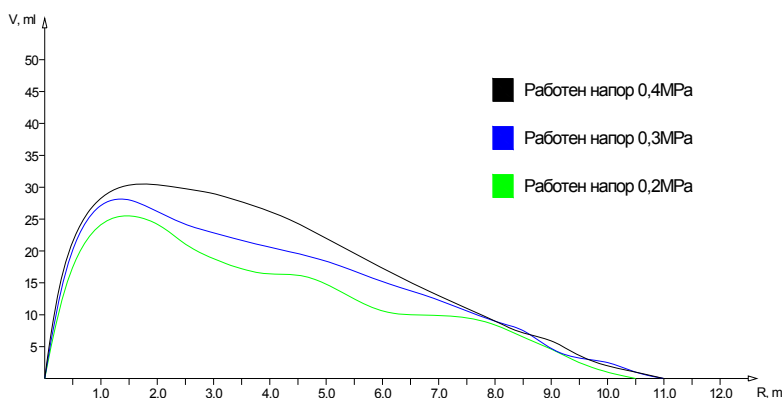


Фиг. 7. Опитна площадка

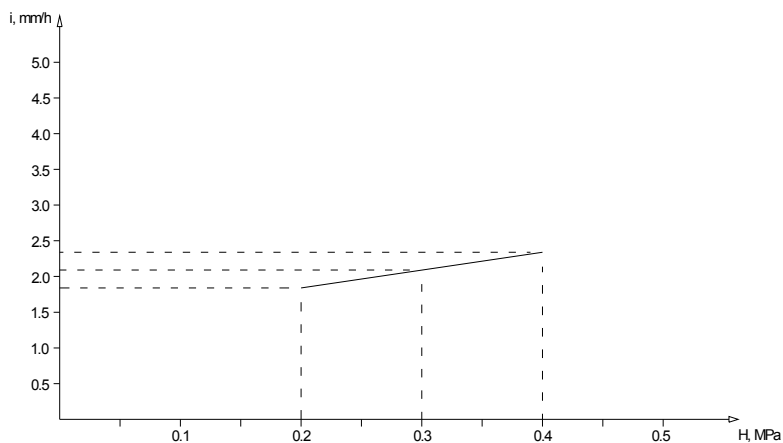
4. Резултати от изпитванията

Изпитванията са проведени върху две двойки разновидни апарати с близки работни характеристики, а именно: Perrot ZX 30 WR / Rain Bird 5000 и Perrot ZS 30 / Irritrol CR500.

Получените резултати от изпитванията относно разпределението на дъжда по радиуса на действие на отделните апарати са представени на фиг. 8, 10, 12 и 14, а на фиг. 9, 11, 13 и 15 е дадено изменението на интензивността на дъжда с изменение на налягането. От анализа на тези графики могат да се направят някои по-важни заключения, като:



Фиг. 8. Разпределение на дъжда при изпитване на апарат Perrot ZX 30 WR



Фиг. 9. Зависимост между работното налягане и интензивитета на дъжда при изпитване на апарат Perrot ZX 30 WR

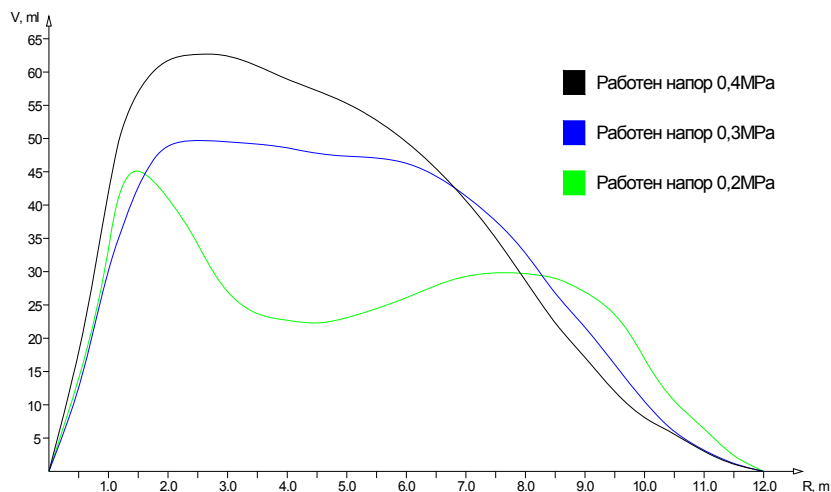
При кобиличнен дъждовален апарат **Perrot ZX 30 WR** (фиг. 8 и фиг. 9):

- Обхватът на дъждовалния апарат R се изменя незначително с изменение на работния напор. При най-ниската стойност на работен напор $H = 0,2$ МПа оросеният радиус е 10,5 m, а при следващите две стойности 0,3 и 0,4 МПа обхванатият радиус е 11,0 m.

- С изменение на работния напор се изменя и количеството паднал дъжд, но влиянието е основно в интервала от 1,0 до 8,0 m по дължина на радиуса. В първия метър от радиуса, както и в крайните три метра изменението на падналия дъжд е незначително.
- Най-високите стойности на интензитета на дъжда са концентрирани в първата половина на радиуса, като пикът е на разстояние $1,5 \div 2,0$ m от дъждовалния апарат.
- Изменението на интензивността на дъжда е в почти линейна зависимост с изменението на работния напор. При всяка стъпка от 0,1 MPa повишаване на напора интензивността се повишава с 0,5 mm/h.

При роторен дъждовален апарат **Rain Bird 5000** (фиг. 10 и фиг. 11):

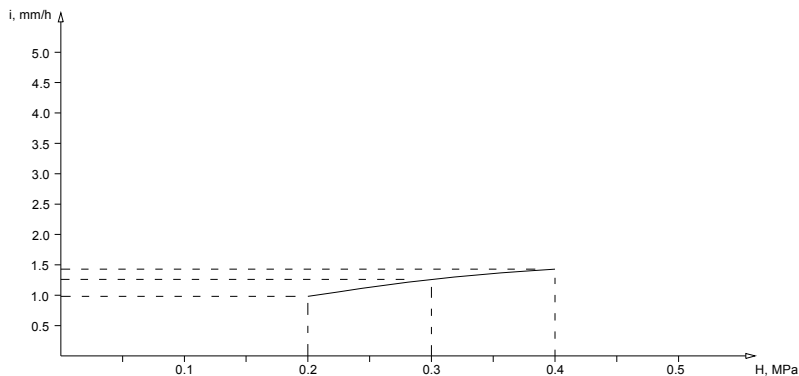
- Обхватът на дъждовалния апарат R не се изменя с изменение на работния напор. Както при най-ниската стойност на работен напор $H = 0,2$ MPa, така и при най-високата 0,4 MPa обхванатият радиус на намокряне се запазва един и същ – 12,0 m.
- С изменение на работния напор се изменя и количеството паднал дъжд, но най-значителното влияние е в интервала от 1,0 до 8,5 m по дължина на радиуса. В първия метър от радиуса, както и в крайните 3,5 метра изменението на падналия дъжд е с по-ниски стойности.



Фиг. 10. Разпределение на дъжда при изпитване на апарат Rain Bird 5000

- С повишаване на работния напор се повишава и закономерността на разпределение на дъжда. Докато при най-ниската стойност на $H = 0,2$ MPa се наблюдава силна вариация в количеството паднал дъжд, то при $H = 0,3$ тя постепенно намалява и се оформя площадка между втори и шести метър, а при 0,4 MPa постепенно придобива форма, подобна на тази при апарат Perrot ZX 30 WR.
- По-малките количества паднал дъжд при повишаване на работния напор след 8-ми метър от радиуса вероятно се дължат на по-голямата степен на разбиване на водната струя. Образувалите се капки са с по-малки размери и падат по-бързо на терена.

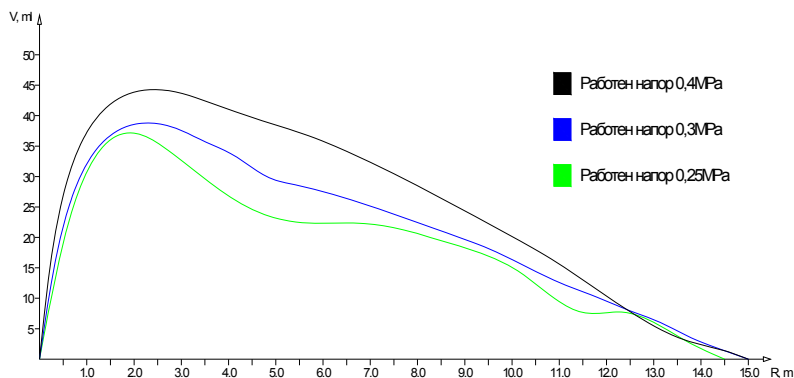
- Изменението на интензивността на дъжда с изменение на работния напор е в близка до линейна зависимост, но не до такава степен, както при апарат Perrot ZX 30 WR. По-голямо изменение се наблюдава при повишаване на напора от начална до средна стойност, а при работа с максимален напор относителното повишаване на интензитета спада.



Фиг. 11. Зависимост между работното налягане и интензитета на дъжда при изпитване на апарат Rain Bird 5000

При кобилъчен дъждовален апарат **Perrot ZS 30** (фиг. 12 и фиг. 13):

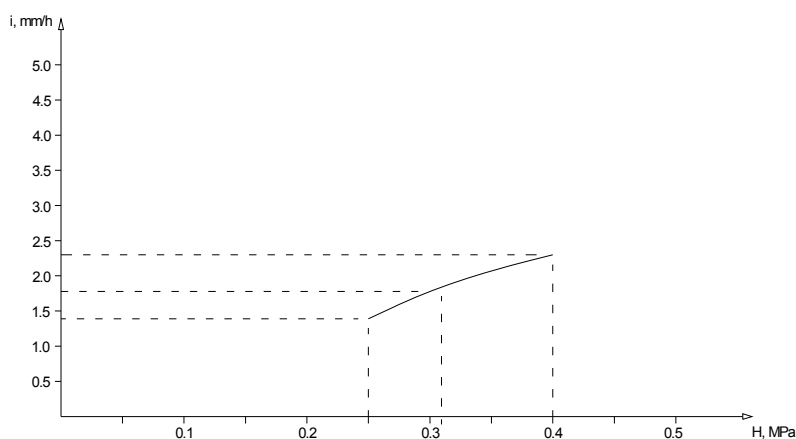
- Обхватът на дъждовалния апарат R се изменя незначително с изменение на работния напор. При най-ниската стойност на работен напор $H = 0,25$ MPa оросеният радиус е 14,5 m, а при следващите две стойности 0,3 и 0,4 MPa обхванатият радиус е 15,0 m.
- С изменение на работния напор се изменя и количеството паднал дъжд. Това изменение е по-чувствително в интервала от 1 до 12 m.



Фиг. 12. Разпределение на дъжда при изпитване на апарат Perrot ZS 30

- Подобно на апарат Perrot ZX 30 WR с повишаване на работния напор се повишава и закономерността на разпределение на падналия дъжд. Докато при най-ниската стойност на $H = 0,2$ MPa се наблюдава образуване на стъпала в графиката между втори и дванадесети метър, то при $H = 0,3$ и 0,4 MPa тя постепенно се изправя.

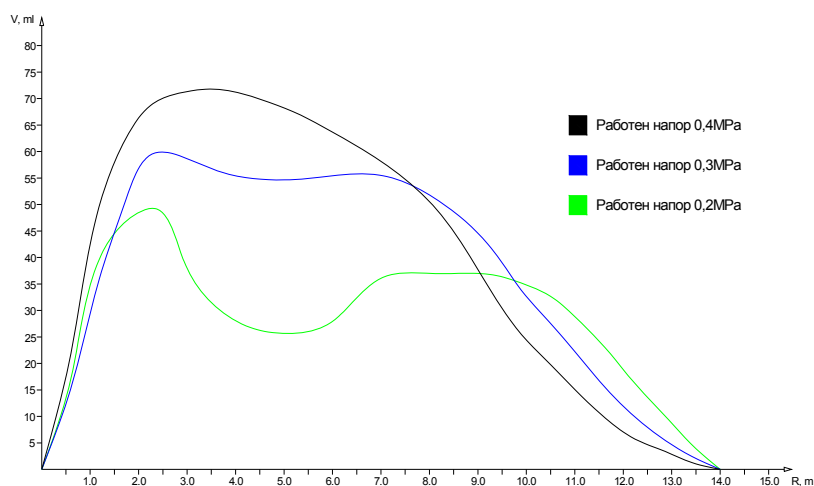
- Най-високите стойности на интензитета на дъжда са концентрирани в първата половина на радиуса, като пикът е около втория метър.
- Изменението на интензивността на дъжда отново е в почти линейна зависимост с изменението на работния напор, но подобно на апарат Rain Bird 5000 относителното повишаване на интензитета при високи стойности на напора намалява.



Фиг. 13. Зависимост между работното налягане и интензитета на дъжда при изпитване на апарат Perrot ZS 30

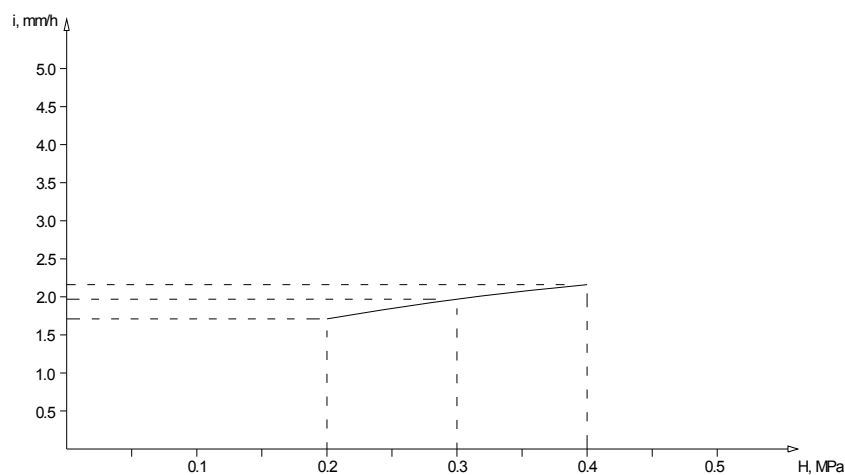
При роторен дъждовален апарат *Irritrol CR500* (фиг. 14 и фиг. 15):

- Обхватът на дъждовалния апарат R не се изменя с изменение на работния напор. Както при най-ниската стойност на работен напор $H = 0,2$ MPa, така и при най-високата 0,4 MPa обхванатият радиус се запазва един и същ – 14,0 m.
- При апарат Irritrol CR500 се наблюдава и най-голямо влияние върху изменението на количеството паднал дъжд по дължина на радиуса с повишаване на работния напор.



Фиг. 14. Разпределение на дъжда при изпитване на апарат Irritrol CR500

- Отново с повишаване на работния напор се повишава и закономерността на разпределение на дъжда. Докато при най-ниската стойност на $H = 0,2$ MPa диаграмата е силно неравномерна, то при $H = 0,3$ тя постепенно намалява и се оформя площадка между втори и седми метър, а при $0,4$ MPa постепенно придобива форма, подобна на тази при апарат Rain Bird 5000.
- По-малките количества паднал дъжд при повишаване на работния напор след 9-ми метър от радиуса вероятно се дължат на по-голямата степен на разбиване на водната струя. Образувалите се капки са с по-малки размери и падат по-бързо на терена.
- Зависимостта на изменението на интензитета на дъжда с повишаване на работния напор е подобна на тази при апарат Rain Bird 5000. По-голямо изменение се наблюдава при повишаване на напора от начална до средна стойност, а при работа с максимален напор относителното повишаване на интензитета постепенно спада.



Фиг. 15. Зависимост между работното налягане и интензитета на дъжда при изпитване на апарат Irritrol CR500

Въз основа на проведените изпитвания, получените данни и графични зависимости могат да се направят някои обобщени изводи, касаещи работата на различен тип дъждовални апарати при еднакви условия.

- Обхватът на действие (радиусът) както при дъждовалните апарати роторен тип, така и при тези с кобиличен механизъм почти не се изменя с изменение на работното налягане.
- Диаграмата на падналия дъжд при апаратите от роторен тип се влияе в много по-голяма степен от изменението на работното налягане, отколкото при апаратите с кобиличен механизъм. При ниски стойности на налягането тя е силно неравномерна.
- Поради различния принцип на разбиване на водната струя, дължащ се на конструктивни особености, е налице и различна закономерност на падналия дъжд в крайната третина на радиуса. Докато при кобиличните апарати той се

запазва, то при роторните стойностите на падналия дъжд намаляват с повишаване на напора.

- При кобиличните апарати зависимостта на интензитета на дъжда от работното налягане е почти линейна, докато при роторния тип апарати относителното повишаване на интензитета намалява с повишаване на работния напор.

Постъпила: април 2015 г.

EXPERIMENTAL HYDRAULIC TESTS OF DIFFERENT TYPES AND MODELS OF SPRINKLERS

D. Georgiev¹, D. Paraskov²

Keywords: *irrigation systems, sprinkler irrigation, uniformity of the rain distribution, range of the sprinklers, hydraulic stand for sprinkler tests*

Research area: *irrigation and drainage engineering*

ABSTRACT

Recently, a number of companies offer various models and designs of sprinklers, differing primarily on their hydraulic principle of work – the forming of the rain, as well as the mechanism of the sprinkler rotation. Some are intended for lawns and sports fields, others for agricultural areas, and some are applicable in both cases. A special stand for hydraulic tests is designed, operating under constant conditions and water pressure. Suitable models of sprinklers are selected. Based on the tests results, some general conclusions concerning the operation of different types of sprinklers under the same conditions can be made.

¹ Dimitar Georgiev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Irrigation and Drainage Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: georgiev_f@abv.bg

² Dobromir Praskov, Eng. PhD student, Dept. “Irrigation and Drainage Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: Paraskov.Dobromir@abv.bg