

НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ И ХИДРОЛОГИЯ

инж. Румен Петров Маринов

**ХИДРАВЛИЧНО ИЗПИТВАНЕ НА ТИПИЗИРАНИ КОНСТРУКЦИИ
НА ВОДОМЕРНИ УСТРОЙСТВА ЗА КАНАЛИЗАЦИОННИ ТРЪБИ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

За присъждане на образователна и научна степен “Доктор”
в област на висше образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия (инженерна
хидрология, хидравлика и водно стопанство)

Научен ръководител: проф. д-н инж. Евелин Монеv

София, 2021 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на разширен научен семинар на департамент "Хидрология" проведен на 28.01.2021 г., съгласно заповед НД-04-01/20.01.2021 г. на директора на НИМХ

Състав на научното жури:

проф. дн инж. Оханес Хрант Сантурджиян.....
проф. дн инж. Йордан Георгиев Марински.....
проф. дн инж. Евелин Симеонов Монеv , УАСГ.....
проф. д-р инж. Петър Колев Калинков , УАСГ.....
проф. Жак Самуил Таджер.....

Резервни членове:

доц. д-р инж. Ирена Георгиева Илчева-Михайлова.....
проф. д-р инж. Николай Павлов Лисев , УАСГ.....

Защитата на дисертационния труд ще се състои на ...27.05.2021 г.(четвъртък). в 14. часа в зала „ Акад. Любомир Кръстанов „ на НИМХ, гр. София

Материалите по защитата ще са на разположение на интересуващите се в канцеларията на НИМХ

Наблюденията върху количеството и режима на отпадъчните води в селищните и промишлени канализационни системи няма дълга традиция в нашата страна. Тя възниква във връзка с повишените обществени и законодателни изисквания за опазване на околната среда. Категоризирането на реките по отношение качеството на водите е извършвано по пасивни методи, които се базират само върху анализ на периодично вземани проби при различни характеристични пунктове. За управление на качеството, обаче се изисква непрекъснато следене за динамиката на замърсителите, постъпващи във водоприемниците. Основен компонент на замърсяванията са битовите и промишлени отпадъчни води, постъпващи във водоприемниците (реките и Черно море) от колекторите на канализационните системи. В плановите за управление на речните басейни (ПУРБ) у нас е отделено голямо внимание на състоянието и мерките за неутрализиране на вредното влияние на отпадъчните води. Тези мерки, обаче могат да бъдат значително по-ефективни, ако добре се познава техния обем и режим на генериране.

Друг аспект на този проблем възниква при планирането, проектирането и изграждане на пречиствателни станции за отпадъчни води (ПСОВ), което е повсеместна приоритетна задача за реконструкция и развитие на комуналната ни инфраструктура. Поради липса на реални данни за техния режим, оразмеряването на съоръженията до сега се извършваше чрез доста остаряла и условно възприета нормативна база. Този подход не дава възможност за реална представа относно режима на генерираните отпадъчни води в населените места. Нашите канализационни системи обикновено се изграждат от смесен тип, т.е. с общо отвеждане на дъждовните води и промишлено-битовите отпадъчни води. През отминалия в историята етап, когато селищните канализационни системи се заустваха направо в реките, въпросът се свеждаше само до правилното определяне на пропускателната способност на колекторите. Сега това вече не е достатъчно, защото оптималната мощност на пречиствателните станции силно зависи от обема и режима на битовата компонента. А, сведения за реални наблюдения върху тях повсеместно липсват. Европейските фондове за подпомагане при изграждане на нови пречиствателни станции изискват проектите да бъдат базирани върху реални данни от наблюдения върху размера и режима на отпадъчните води. У нас са на лице редица случаи със задържани от финансиране проекти до съобразяване на изготвените проекти с реални наблюдения върху отпадъчните води.

Изложените кратки съображения мотивират актуалността на проблематиката по разработване на приложни средства за непрекъснат контрол върху режима на отпадъчните води в тръбните колектори на изградените канализационни системи в нашата страна.

1.1. ПРИНЦИПНА ПОСТАНОВКА НА ЗАДАЧАТА

От гледна точка на приложната хидрометрия, измерването и наблюдението върху режима на отпадъчните води в съществуващите канализационни колектори у нас е изключително трудна, а в отделни случаи и практически невъзможна задача. Главните причини за това са следните :

1. Трудната физическа достъпност на канализационните колектори, които нормално са разположени на няколко метра под повърхността на терена , а урбанистичната инфраструктура и комуникационен трафик в селищните райони силно ограничават необходимите организационни и технически дейности .

2. Достъпните за измерване профили на течението не винаги отговарят на хидрометричните изисквания за призматичност и необходимите дължини на праволинейните участъци

3. Големите амплитуди в размера на отпадъчните води в смесените дъждовно-битови канализационни системи създават неблагоприятни условия за измерване на малките дебити. Промислено-битовата компонента на тези води, която е най-важна за предприетото изследване, е обикновено незначителна част от дебита в канализационните тръби при валеж или снеготопене.

4. Режимът на течението се характеризира с непрекъснати нестационарни преходни процеси, дължащи се както на часовата неравномерност при генерирането на отпадъчните води, така и на рязкото повишаване на дебита при валеж. Наблюдават се и случаите за временно преминаване на безнапорното течение в канализационните тръби към слабо напорен режим.

5. Високата замърсеност на водите, които освен разтворените вещества и суспендирани биологични субстанции в определени периоди влячат органични и неорганични влакнести материали, найлонови отпадъци и твърди предмети



Ограничен достъп
до канализационните тръби



Липса на призматично издържани
праволинейни участъци



Висока замърсеност на водите



Тежки и нехигиенични условия за труд

Горните причини дават основание за сериозен скептицизъм по отношение на възможностите на традиционните хидрометрични методи и апаратура за качествено измерване на дебита в канализационните тръби. Но практическите проблеми изискват инженерни решения, които макар и с известен компромис по отношение на установените хидрометрични изисквания, да отговарят на обществения интерес, като задоволяват във възможната максимална степен потребностите на развитието.

1.2. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА ВОДОМЕРНИТЕ УСТРОЙСТВА ЗА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ

Съвременното състояние на хидрометрията в безнапорни течения се характеризира със значително разнообразие от измервателни методи и средства. Повечето от тях са отдавна известни и не се нуждаят от специално описване в настоящето изследване. Интерес тук представлява онези от тях, които се подават на адаптация към специфичните условия в канализационните тръби, при запазване на метрологичните им качества и намиране на конструктивни решения за вграждане към непригодните за метрологичен контрол стари канализационни системи.

След анализ на съществуващите многобройни литературни източници по хидравлика, хидрометрия и контролно измервателно приборостроене, тук се предлага схемата на една нова систематизация за водомерните устройства, предназначени за безнапорни течения (фиг.1.1). Държейки сметка за хидравличния принцип на измерването, тя е насочена предимно към конструктивните особености на устройствата, съобразени със следните основни критерии за извършване на подбора:

- Независимост на измерването от режима на течението (равномерен или неравномерен).
- Възможност за свободно преминаване през хидрометричното съоръжение на влачените от течението субстанции.
- Минимално подприщване на течението, което води до незначителни промени в проводимостта на колектора и водното ниво при заустените по-горе канални отклонения.
- Приемливост на инвестиционните разходи при масово използване на измервателни съоръжения в канализационните системи.

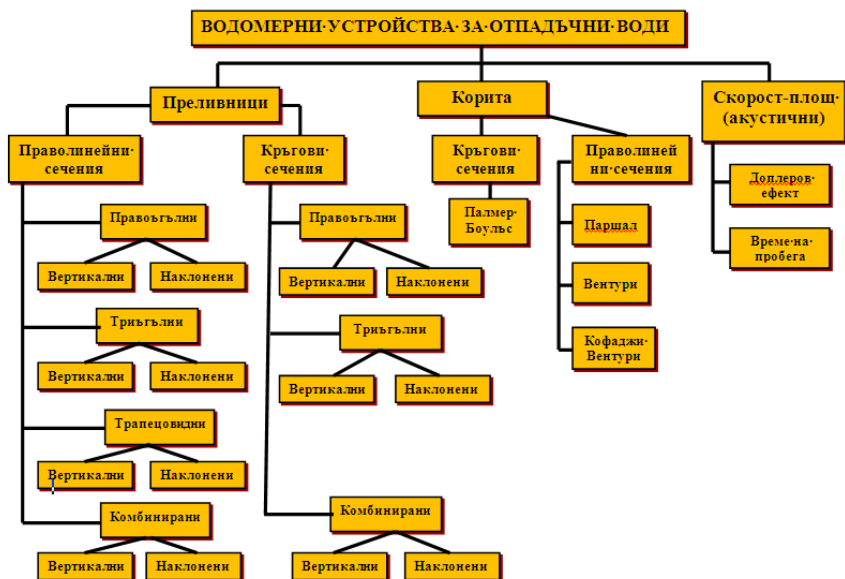
Първото йерархично ниво на систематизацията е хидравличният принцип на измерването, според който устройствата се подразделят на измервателни преливници, измервателни корита и устройствата въз основа на метода „скорост-площ“.

Второто йерархично ниво е формата на напречното сечение на коритото, в което се развива течението. По този признак формите се подразделят на праволинейни и кръгови.

Третото и четвъртото йерархични нива не са издържани по целия обхват на систематизацията и обхващат само преливниковите устройства. Третото йерархично ниво характеризира формата на преливния ръб и според него преливниците се подразделят на правоъгълни, триъгълни, трапецовидни и комбинирани.

Четвъртото йерархично ниво касае конструкцията на преливния щит: вертикален или наклонен напред.

Хидравличните принципи и зависимостите, описващи действието на посочените средства за измерване, са добре изучени и използвани, но тяхното приложение за измерване на отпадъчни води в канализационни тръби е все още в развитие, като се нуждае от допълнителни проучвания и разработване на конструктивни решения и монтажни технологии в непригодните за хидрометрична дейност стари канализационни системи.



Фиг. 1.1 Систематизация на известните водомерните устройства с възможност за приложение при отпадъчни води.

2. СЕГАШНО СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА.

Приложението на водомерни устройства в канализационните тръби е ново направление в инженерната практика. За това свидетелства факта, че такива устройства не са проектирани и изградени по колекторите на старите канализационни системи. Водомерни устройства са изпълнявани само при входа на пречиствателните станции с ограничена цел за технологичното им управление. Като се има пред вид, че капацитета на тези станции, обикновено не обхваща целия обем на отпадъчните води от селищните агломерации, добиваната там информация не е представителна за актуално поставените екологични цели.

Хидравличните принципи на съвременните устройства за измерване на безнапорните течения са известни доста отдавна. Развитие на теорията за трите големи групи устройства от тяхната систематизация започва още през 18-ти век, след като швейцарският учен Даниел Бернули формулира своето основно за хидравликата енергетично уравнение за движението на флуидите.

Теорията на преливниците води началото си от 1716 год., когато Полени разглежда преливането на вода през преграда като специален случай на изтичане през отвор. Италианският учен Вентури първи доказва възможностите за измерване на скоростта на течението въз основа на уравнения на Бернули, като през 1738 год. извежда зависимости за връзката ѝ с налягането и другите физически свойства на флуидите. Въз основа на това са конструирани измервателни тръби и корита., Принципа на Вентури е използван от американските инженери Ралф и Паршал през 1915 год. за конструиране на измервателно корито за правоъгълни канали, наречено по-късно корито на Паршал.

Много по-късно, през 1930 год., двамата американски инженери Палмер и Фред Боулъс създават видоизменена конструкция на коритото на Паршал за вграждане в кръгли или У-видни безнапорни тръби.

Принципът „скорост – площ“ е известен още от създаването на хидравликата като наука, но неговото практическо приложение става възможно едва през втората половина на 20-ти век, когато се появяват безконтактните измервателни технологии.

Водомерните устройства не правят изключение от останалите средства за измерване - те функционират въз основа на отдавна известни физически закони, но се развиват и усъвършенстват в съответствие с общия технически прогрес и специализирания клон на физиката „метрологията“.

Не разполагаме с убедителна информация, кога е започнало измерването на отпадъчните води в другите страни. Вероятно е първите опити за това да са извършени след появата на съвременните инженерни канализационни системи. У нас такава практика се открива едва след втората половина на миналия век, във връзка с започналото изграждане на пречиствателни станции за отпадъчни води. Това са били редки изключения с ограничаваната цел за технологично управление на станцията. Режимните измервания и наблюдения на отпадъчните води в събирателната канализационна мрежа са били напълно непопулярни до около 2005 год. В последствие, след интензифициране на административния натиск за опазване на околната среда при разрешителния режим за използване на водните обекти, се появява интерес и към тази дейност.

През същия период, в търговската дистрибуторска мрежа у нас се предлагат вносни измервателни устройства за отпадъчни води от типа „корито на Вентури“, „корито на Паршал“ и корито „Палмер-Боулъс“ със съответната електронна регистрираща апаратура. Предлагат се и ултразвукови и радарни измервателни устройства по метода „скорост-площ“. По принцип, това са високо технологични устройства предназначени за обекти с развита инженерна инфраструктура, съответстваща на европейските стандарти. Без до коментираме някои теоретични необоснованости при част от тях, високата покупна цена на тези вносни изделия и несъответствието им с неблагоприятните технически условия за монтаж при нашите стари канализационни системи са причина за слабото им застъпване в националната ни практика.

Във връзка с това, през 2006 год. в Института по водни проблеми на БАН бе започнато изпълнението на мащабна научно-приложна програма за създаване на измервателни устройства за отпадъчни води, пригодени към нашите специфични условия и достъпни за финансовите възможности на нашите експлоатационни предприятия и общински администрации. Разработени бяха собствени конструкции на различни типове хидрометрични съоръжения, като прави и наклонени преливници, Вентури корита, корито на Паршал, корита „Палмер-Боулъс“ и калибриран стабилен профил. Тяхното експериментиране се извършваше паралелно с внедряването им при редица проекти за модернизация на канализационните системи у нас – за селищни системи и промишлени предприятия.

2.1. ПРЕГЛЕД НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ ВОДОМЕРНИ УСТРОЙСТВА ЗА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ ПО ПРОГРАМАТА НА ИВП-БАН.

Както е известно, съвременните средства за измерване на физически величини, които не се подават на пряко измерване са немислими без използването на електронни интелигентни системи за регистрация и трансформиране на аналоговите

величини. Водното количество е една от тези величина, за която не съществува пряк метод за измерване.

При хидрометричните съоръжения за теченията с открита водна повърхност, като аналогова величина, обикновено се използва напорът на течението, измерван в определен напречен профил на водомерното устройство. Изключение от това правят само тези, които функционират въз основа на метода „скорост-площ”, при който аналоговите величини са две: осреднената скорост на течението в дадена отсечка от напречния профил и дълбочината на профила.

В програмата на ИВП-БАН са използвани водомерни устройства само от първата група. Напорът на течението се измерва чрез различни видове електронни преобразуватели за ниво, предаващи сигналите на специализиран контролер за трансформацията им във водно количество или водни обеми, демонстрация, запамятване и трансфер на получените резултати.

Електронните устройства включени в състава на тези хидрометрични съоръжения не са обект на настоящата дисертация, защото са приложен продукт от съвсем други технически науки, а тук играят ролята само на помощни средства. Трябва да се спомене обаче, че използваните в програмата изделия са от производствената листа на българската фирма „И. Г. Екзос Интернешънъл” ООД, която е била избрана като постоянен колаборатор и продължава да сътрудничи при развитието на проблематиката до днес.

2.1.1.Хидрометрично съоръжение тип „Стабилен профил”.

Това е най-простият тип за водомерно устройство. Използва се за временно наблюдение върху режима на отпадъчните води.

В същност, тук няма специално хидрометрично съоръжение, а само нивомерен преобразувател, монтиран в калибриран напречен профил на канализационния колектор. Калибрирането, обикновено се извършва теоретично, по формулата на Шези, след което се построява търсената зависимост $Q = f(H)$.

Такива устройства са били използвани при реконструкцията на канализационните системи и строежа на ПСОВ в Ст.Загора (2007), Димитровград (2007), Бургас – Меден рудник (2008) и др. (Фиг. 2.1).



Фиг.2.1 Примери от изпълнени хидрометрични съоръжения тип „Стабилен профил”.

2.1.2. Хидрометрично съоръжение тип „Вертикален преливник с остър ръб”

Този тип хидрометрично съоръжение се прилага при отпадъчни води с относително ниско съдържание на механични субстанции и представлява вграден в канализационния колектор или в подходяща шахта вертикален преливник тънка стена с остър ръб. При малките очаквани дебители е прилаган триъгълен преливник на Томсън, а при промишлени канализации с постоянно оттичане на значителни водни количества – трапецовидни преливници с остър ръб (Фиг.2.2). Добрите метрологични качества на тези преливници ги причисляват към най-точните измервателни средства за отпадъчни води. Но при силно замърсени води с твърди частици се получава бързо затлачване на пространството пред преливника. Такива конструкции на хидрометрични съоръжения са използвани при промишлените канализационни системи на завод „Стомана Индъстри” АД, Перник (2008), завод „Електронни компоненти” – Видин (2008), в селищната канализационна система на гр. Попово .



Фиг.2.2 Хидрометрични съоръжения с вертикални преливници тънка стена и остър ръб.

2.1.3.Хидрометрично съоръжение „ Обикновен наклонен напред преливник”.

Представяват наклонен напред щит с елипсовиден контур и хоризонтален преливен ръб, разположен в полутръбен корпус (Фиг.2.3). Получената пространствена конструкция придава голяма механична устойчивост на съоръжението, а наклонения преливен щит създава условия за безпрепятствено изнасяне на влачените от водата субстанции. .Такъв тип хидрометрични съоръжения е използван масово при мониторинга на отпадъчните води в канализационните системи на гр. Севлиево (2007), гр. Попово (2008), на завод „Стомана Индъстри” (2008), компресорните станции на „Булгартрансгаз” (2010), АЕЦ „Козлодуй” (2011)



Фиг.2.3 Хидрометрични съоръжения тип „Наклонен напред преливник”

2.1.4. Хидрометрично съоръжение тип „Комбиниран наклонен напред преливник“.

Този тип представлява следващо развитие на хидрометричните съоръжения с наклонен напред преливник. Преливният ръб представлява комбинация от двустранна хоризонтална част разположена около триъгълен преливен отвор (Фиг. 2.4). Създаден е за измерване на отпадъчни води с малък дебит на промишлено-битовата компонента и значително голям дебит на дъждовните води.

При експериментиране на програмата, такива съоръжения са използвани в канализационните системи на завод „България-Флуорид“, гр. Чипровци (2011), завод „Балканфарма“ АД, гр. Дупница (2013), завод за преработка на отпадъци „СПТД Садината“ ОП, с. Яна (2013), завод „Зебра“ АД, гр. Нови Искър и др.



Фиг. 2.4 Хидрометрични съоръжения тип „Комбиниран наклонен напред преливник“

2.1.5. Хидрометрично съоръжение тип „Корито на Вентури“.

Съоръжения от типа „Корито на Вентури“ се използват в канали с правоъгълна форма на напречното сечение. Тяхното основно предимство пред преливниците е, че не създават значителни подприщвания в горния участък на деривацията и свободно пропускат носените от водата механични материали. Приложението им в програмата е извършено по класическия начин, т.е. чрез монолитно изпълнение при строителството на каналите или чрез приспособяване на съществуващите канали чрез допълнително вграждане на стесняващи метални панели (Фиг. 2.5).

Експериментирането му е извършено чрез една негова разновидност, наречена корито „Кофаджи-Вентури“ при редица обекти в нашата страна, като един главен канализационен колектор в гр. Севлиево (2007) и при реконструкцията на ПСОВ „Меден рудник“, Бургас (2008).



Фиг. 2.5 Примери за хидрометрични съоръжения тип „Корито на Вентури“

2.1.6. Хидрометрично съоръжение тип „Палмер-Боулъс“.

Хидрометричните съоръжения тип „Палмер-Боулъс“ представляват модификация на измервателното корито на Паршал за условията на кръгови или овални тръби. Те не са популярни в нашата хидротехническа практика, тъй като до сега не са били провеждани измервания на отпадъчните води в колекторната мрежа на канализационните ни системи. В конструктивно отношение представляват полутръбни корпуси, в които стеснението на сечението е извършено чрез вграждане на наклонени под различни ъгли елипсовидни повърхнини. Получената пространствена форма на съоръжението силно наподобява коритото на Паршал, но кръговото сечение на корпуса придава специфични различия от него (Фиг.2.6).

Монтажните условия при съществуващите стари канализационни системи налагат модификации на размерите и съотношенията между тях. Независимо от теоретично доказаният общ вид на формулата за водното количество, съотношението между основните конструктивни параметри на съоръжението оказват значително влияние, което се нуждае от индивидуално изследване за всяка проектирана конструкция. За първи път у нас тези хидрометрични съоръжения са експериментирани в промишлената канализация на завод „Слънчеви лъчи“ ЕАД, гр. Провадия (2006), при изграждането на ПСОВ „Царево“ (2006) и в един канализационен колектор с диаметър 1200 мм. на гр. Севлиево (2007).



Фиг. 2.6 Примери за хидрометрични съоръжения тип „Палмер – Боулъс“

2.2. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ПРОГРАМАТА.

Събраният значителен опит от досегашното изпълнение на програмата дава широко поле за анализ върху функционалните качества, приложимостта и технологиите за монтаж на хидрометричните съоръжения за режимен контрол на отпадъчните води. На този етап, насоката на тези анализи е към възможностите за тяхното внедряване в изградените вече канализационни системи, които не са проектирани за провеждане на хидрометрична дейност.

Изработката на хидрометричните съоръжения на място, т.е. чрез частично преустройство на канализационните мрежи е слабо перспективно поради трудната организация на необходимите СМР и свързаните с това значителни инвестиционни разходи. Затова, се прибягна към доставка и монтаж на готови изделия.

Досегашните резултати от проведената програма позволяват да се направят следните констатации:

- Подходящи за приложение при канализационните системи са измервателните устройства от преливников тип, водомерните корита и тези основани на метода „скорост-площ“.

- При използването на измервателни преливници е целесъобразно да се конструират наклонени напред преливни щитове за улесняване на безпрепятственото изнасяне на плуващите и влачените механични субстанции. Тяхното приложение, обаче в кръговите напречни сечения на канализационните тръби се нуждае от някои допълнителни изследвания.

- Измервателните корита за кръгови безнапорни тръби тип „Палмер-Боулъс“, имат значително по-сложна конструкция и се оказват по-скъпи от преливниците, при отстъпващи по качество метрологични свойства.

- Измервателните устройства конструирани на принципа „скорост-площ“ не изискват изграждане на специализирано хидрометрично съоръжение, но за приложението им се изисква енергийно захранване, което значително превишава по мощност съществуващите енергоикономични решения за нивомерните методи. Това обстоятелство добива решаваща важност при канализационните мрежи, където липсва или е недопустимо довеждането на стандартното електрическо напрежение. Освен това, значителните инвестиционни разходи за тези устройства силно ограничават възможностите за масова употреба.

Направените констатации насочват вниманието към усъвършенстване на хидрометричните съоръжения от преливников тип, като най-изгодни по метрологични качества и финансова стойност.

Преливниците от типа „Тънка стена с остър ръб“ са едни от най-точните средства за измерване на водното количество. Те притежават еднозначна калибрационна зависимост, която не зависи от появата на нестационарни режими и преходни процеси в режима на течението. Хидравличното им действие е изследвано много добре от различни изследователи, като са изведени надеждни стойности на коефициентите за водното количество в широк диапазон на конструктивните им параметри. Поради това, те са приети като основа за разработването на широк клас хидрометрични съоръжения в цитираната програма.

Наклоненото положение на преливния щит е най-доброто решение с оглед на лесното изнасяне през преливния ръб на носените или влачени компоненти от сложния състав на отпадъчните води. Той трябва да бъде достатъчен за да изпълнява предназначението си, но с увеличение на наклона, се увеличават дължината на цялото хидрометрично съоръжение, която пък трябва да се подбере така, че да съответства на геометричните условия за монтаж през отвора на канализационната шахта.

Кръговата форма на канализационните колектори внася сериозно ограничение за височината на преливника. С оглед на минималното подприщване, което е все още достатъчно за непотопено преливане в широк диапазон на водните количества, е необходима оптимизация на височината на преливния ръб.

Кръговата форма на сечението през което се извършва преливането оказва променливо влияние, в зависимост от напора на преливника. При малките напори, хидравличното му действие може за се приеме за напълно адекватно с действието на обикновен преливник в безнапорен канал. При повишаване на напора, обаче настъпва момент, когато сводовата част на тръбата започва да оказва допълнителни хидравлични съпротивления, които не съществуват при преливниците в открити канали. Тези съпротивления нарастват значително в преходната зона, когато водното ниво доближи зенитната точка на напречното сечение и се започне прехода от безнапорен в напорен режим на течението. Влиянието на тези допълнителни хидравлични съпротивления не се отчита в съществуващите формули за преливниците и по-специално в използваните формули за коефициента на водното

количество. Това е наложило въвеждането на едно условно ограничение в регламентирания диапазон на водните стоежи при теоретичното калибриране на съоръженията. Приемането на това ограничение се нуждае от експериментална проверка и обосновка.

Влиянието на наклона на преливния щит е изследвано само за преливници с хоризонтален преливен ръб. При наклонените преливници с полигонално очертание на преливния ръб, неизбежно се получават пространствени форми на щита, съставени от няколко равнини, свързващи различни ъгли помежду си. Получената геометрична фигура се различава значително от равнинния щит на наклонените преливници с хоризонтален ръб. Това обстоятелство води до известна промяна в хидравличните условия на преливането, чието влияние не е изследвано.

Големите разлики в диаметрите на застъпените в канализационните ни системи тръби налага индивидуално проектиране на всяко хидрометрично съоръжение. Една приблизителна статистика в това отношение показва, че преобладаващият брой на изпълнените проекти е за тръби с диаметър до 500 мм. По-големите диаметри, в порядък до 1200 мм., са застъпени в единични случаи. Това обстоятелство обуславя бъдещо типизиране на хидрометричните съоръжения с диаметър поне до 300 мм., което ще облекчи тяхното приложение, без необходимост от индивидуално проектиране.

Калибрирането на хидрометричните съоръжения се е извършвало по теоретичен път чрез съществуващите в хидравликата методи и формули. Независимо, че те са подлагани нееднократно на експериментална проверка от редица изследователи, все пак са плод на научни обобщения, където индивидуалните особености на конструкциите са притъпени. В това отношение се разкрива възможност за експериментално калибриране на типизираните конструкции, където при стриктно спазване на геометричните и конструктивни условия, би се получила далеч по-обоснована калибрация. За по-големите диаметри, които не могат да бъдат обхванати от типизацията, съществува възможност за хидравлични моделни изследвания, каквито до сега не са провеждани.

По този начин се очертава едно поле за приложни изследвания, чрез които може да се внесе подобрене в технологията за автоматичното наблюдение върху режима на генерираните отпадъчни води в битовите и промишлени канализационни системи.

3. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.

Планомерното изграждане на нови пречиствателни станции за битови отпадъчни води и поставените строги изисквания пред промишлените предприятия за решително ограничаване на замърсяващите емисии във водоприемниците, предизвика повишен интерес към приложните хидрометрични средства в канализационните системи.

Придобитият опит от изпълнението на приложната програма доказва, че най-ефективни и с добри метрологични качества са хидрометричните съоръжения с комбиниран наклонен напред преливник. Тъй като настоящият дисертационен труд представлява пряко продължение на тази програма, като предмет на изследванията се поставя само този тип хидрометрични съоръжения.

Основната цел на дисертационния труд е въз основа на придобития до сега опит да се предложат усъвършенствани конструкции на типизирани

хидрометрични съоръжения за отпадъчните води в канализационни тръби, от вида комбиниран наклонен напред преливник.

Втора цел на дисертационния труд е да се проведат лабораторни хидравлични изследвания с прототипни образци от всяка серия за изпитване на тяхното действие и метрологични качества.

Като трета цел на дисертационния труд се визира адаптиране на конструкциите и монтажната технология за приложение в колекторите на съществуващите стари канализационни системи.

Във връзка с поставените цели тук се формулират следните задачи:

1. Обосновка на основните принципи и изисквания за постигане на оптимални геометрични, конструктивни и технологични качества на типизирани серии от измервателните устройства.

2. Разработване на усъвършенствани конструктивни схеми за различни типови размери на хидрометричните съоръжения.

3. Моделни изпитания за хидравличното действие на разработените схеми чрез прототипните образци.

4. Калибриране на разработените типове хидрометрични съоръжения.

5. Оценка на грешките от изпитанията и сравняването им с теоретичната неопределеност на използваните методи.

6. Изпълнение на практически реализации за типизираните хидрометрични съоръжения при обекти в страната.

За уточняване на целите и задачите трябва да се повтори, че въз основа на проведения по-горе кратък анализ, обхватът на изследванията се ограничават само до доказателствата своята универсална приложимост съоръжения с наклонени напред комбинирани измервателни преливници.

4. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ, ПРЕДПОСТАВКИ И ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ХИДРОМЕТРИЧНИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА КАНАЛИЗАЦИОННИ ТРЪБИ.

4.1. ПРИНЦИПИ ЗА КОНСТРУИРАНЕ НА ХИДРОМЕТРИЧНИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ

Както бе изтъкнато вече, измерванията на водни количества и режимните наблюдения върху отпадъчните води в изградените канализационните системи е нова инженерна дейност, която не е била планирана при тяхното проектиране. Икономическата целесъобразност на предприеманите мерки и тяхното съобразяване със съществуващите условия в канализацията в съответствие с изискванията на експлоатационната хидрометрия, без някои редки изключения, е с непосилна финансова тежест и подобни предложения, обикновено завършват с фактически отказ от предписаното измерване. Разумната алтернатива за излизане от това положение е компромис с някои от теоретичните изисквания на хидрометрията и адаптиране на конструкции, които в съвместимост със съществуващите условия и при допустима загуба на точност, могат да послужат за извличане на липсващата до сега реално наблюдавана режимна информация..

Друг важен принцип при конструирането на хидрометричните съоръжения е постулатът за приоритетът на функциите - доминантна е функцията за безпрепятствено отвеждане на отпадъчните води от отводняваните територии, а не

тяхното измерване! Това значи, че действието на измервателните съоръжения в никакъв случай не трябва да накърняват основното предназначение на канализацията. Следователно, новите хидрометрични съоръжения трябва да причиняват възможните минимални подприщвания на нивата и да осигурят проектната пропускателна способност на канализацията за отвеждане на екстремните оразмерителни дъждовни води.

Следващото важно условие е, че качеството на отпадъчните води в канализационните тръби е извън прекия контрол на техническите служби по експлоатацията. Това означава, че формираните течения, освен биологичните отпадъци, могат да изнасят химически агресивни разтвори или емулсии, плуващи или влачени механични предмети, огнища на вредни бактерии и източници на тежки инфекции. Вложени материали в конструкциите трябва да са устойчиви на тяхното въздействие. Освен това, хидрометричните съоръжения не трябва да създават условия за тяхното задържане по транзитното трасе до пречиствателната станция или до пункта на тяхното неутрализиране .

Механичното въздействие на водата върху хидрометричното съоръжение създава влачеща сила при отвеждане на дъждовната компонента и възможност за временно баражиране от едри механични предмети влачени от течението. Получаваните в тези случаи влачещи и натискови сили, подпомогнати от водния подем са значително по-големи от теглото на съоръжението и силите на естественото му сцепление към стените на тръбата.

Паралелно с това, конструкцията трябва да създава необходимите условия за осъществяване на заложения измервателен принцип:

- Стабилна и еднозначна хидравлична зависимост между протичащото водно количество и наблюдаваната аналогова величина (в случая напора на съоръжението), което за сега изключва допускането на потопен режим на преливане;
- Възможност за приложение на технически средства за непрекъснато измерване на аналоговата величина;

Изложените принципни изисквания към хидрометричните съоръжения за канализационни тръби представляват сложен комплекс от условия, за които не съществуват готови решения в досегашната практика. Изтъкнатата субординация в приоритета за тяхното удовлетворяване внася конфликтни моменти, чието компромисно решение е неизбежно.

Така, например изискването за минимално подприщване в канализационната мрежа влиза в противоречие с условието за непотопяемост на преливането през хидрометричните съоръжения.

Ограниченият достъп до канализационните колектори обуславя изграждане на хидрометричните съоръжения в пунктове, които не винаги попадат в подходящи от хидрометрична гледна точка измервателните участъци.

Тежките монтажни условия не способстват за стриктно спазване на теоретичните геометрични предпоставки на измерването.

Съгласуването на възникналите противоречия става чрез допустими за целите на измерването компромисни решения.

4.2. КОНСТРУКТИВНИ ИЗИСКВАНИЯ И МОНТАЖНА ТЕХНОЛОГИЯ НА ХИДРОМЕТРИЧНИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ.

Пред конструирането на хидрометрични съоръжения за канализационни тръби се поставят няколко общи изисквания, които произтичат от специфичните геометрични и технологични условия за монтажните работи. Те се определят от следните обстоятелства:

- Ограничен по габарит достъп до канализационните колектори, регламентиран от диаметра на входния отвор на капака
- Монтажните работи се извършват в ограничено пространство, при недостатъчна видимост, наличие на вредни газове и под непрекъснато въздействие на течаща вода.
- Съоръжението е подложено на значителни влачеши сили .
- Техническата поддръжка на съоръжението налага периодична проверка на неговото състояние, почистване от наноси пред него и профилактика на нивомерния възел.

Конструирането на хидрометричните съоръжения трябва да дава техническо решение за преодоляване на всички възникващи от това затруднения.

а) Габарити на съоръжението.

В нормалния случай, люковете на ревизионните шахти имат светъл диаметър от 60 см. до 90 см..

Второто ограничение за габарита на съоръжението е продиктувано от диаметра на самата шахта, при условие, че тя също е с кръгло сечение. Обикновените диаметри на тези шахти са от 1.00 м. до 1.50 м.

Шахтите за диаметри на колекторите над 1000 мм. са обикновено от камерен тип, със значително по-големи размери и при тях този проблем не съществува.

От досегашната практика е установено, че на тези изисквания отговарят всички хидрометрични съоръжения, на които дължината не превишава 1.5 до 1.8 от радиуса на колектора. Такава дължина на съоръжението се приема като нормативно ограничение при конструирането на разглежданите в дисертацията хидрометрични съоръжения.

б) Закрепване на хидрометричното съоръжение.

Първоначалните опити за „заклещване” на корпуса в тръбата и изкуствено утежняване на съоръжението чрез попълване на кухините му с бетонов разтвор, не дадоха добри резултати. Оказа се, че при екстремни условия на максимални води, влаещите и натискови сили върху него са в състояние да го повдигнат, преобърнат и завлекат по посока на течението.

Едно изпитано вече решение е закрепването на корпуса към вътрешната повърхност на канализационния колектор чрез неръждаеми стоманени дюбели =

в) Монтажна технология.

Технологията е съобразена с ограниченото пространство за работа. При малогабаритните шахти с кръгово сечение, работата се извършва само от един работник, като се спазват безусловно изискванията за здравословни и безопасни условия на труд .

Пред вид на тези съображения, при конструирането на хидрометричните съоръжения, в дисертационния труд е възприета нормативна граница за височината на преливниците до $0.5R$.

Стремехът за намаляване на височината на преливниците, респективно причиненото от съоръжението подприщване влиза в противоречие с изискването за непотопено изтичане през него. А, както е известно, само при непотопено изтичане калибрационната зависимост е еднозначна и позволява определяне на водното количество чрез измерване само на напора пред съоръжението. За използване на това свойство е необходимо да се осигури непотопен режим на съоръженията в регламентирания диапазон на водните количества.

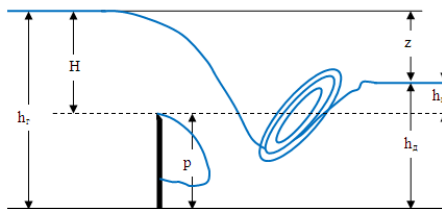
Според Базен, за настъпване на потопено преливане при един преливник, е необходимо едновременното изпълнение на следните две условия:

- водното ниво в отводящия канал под преливника да бъде по високо от преливния ръб, т.е. $h_m > 0$ (Фиг.4.1);
- относителният пад на преливника да бъде по-малък от 0.70, т.е.

$$\frac{z}{p} < 0.70$$

където z - разликата между горното и долно водно ниво;
 p - височината на преливника.

При неизпълнение на първото условие, преливането е безусловно непотопено. Ако първото условие е изпълнено, но второто не е изпълнено, преливането ще бъде пак непотопено, защото след преливника се образува отместен скок и долното водно ниво не може да влияе на горното.



Фиг. 4.1 Схема за установяване на потопено преливане.

Потопяването на преливането се получава едва тогава, когато долното ниво е по-високо от преливния ръб и относителния пад на преливника е по-малък от 0,70. От тук се вижда важната роля на долното водно ниво за определяне на регламентирания диапазон на водното количество, в който измерването е еднозначно.

Очевидно е, че долното водно ниво се определя от хидравличните условия на долния канал и размера на преливащото водно количество. Като първо приближение за изследване на този въпрос може да се приеме, че движението е равномерно и се подчинява на закона на Шези:

$$Q = FC\sqrt{Ri} \quad (4.1)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (4.2)$$

където F е напречното сечение на течението;
 C – скоростния коефициент на Шези;
 R – хидравличния радиус на сечението;

- i – надлъжния наклон на дъното на леглото;
- n – коефициента на грапавина на леглото.

При канализационните тръби леглото е строго призматично, с кръгова форма и стойностите на напречното сечение и хидравличния радиус лесно могат да се изразят чрез дълбочината h на водата в коритото. За тази цел първо трябва да се определи централния ъгъл на хордата образувана от водното ниво при радиус на тръбата R :

$$\varphi = 2 \arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \quad (4.3)$$

от където се получава

$$F = \frac{R^2}{2} (\varphi - \sin \varphi) \quad (4.4)$$

$$R = \frac{R}{2} \left(1 - \frac{\sin \varphi}{\varphi} \right) \quad (4.5)$$

Ако е известно водното количество Q и наклона на дъното i , по обратен път може да бъде определена дълбочината h .

Решението на тази задача в аналитична форма се натъква на трудни за изчисляване изрази, поради което се препоръчва следният графоаналитичен подход:

- за различни стойности на водното количество Q разпределени по целия диапазон на очакваното му изменение се изчисляват функциите:

$h_r = H = H(Q)$ – функция на подприщената дълбочина над преливника от водното количество, с вземане пред вид височината на преливния ръб и на напора на преливника при непотопено преливане.

$h_d = h(Q)$ – функция на долната дълбочина от водното количество по формулата на Шези.

- чрез тези две функции се изчислява функцията на относителните разлики

$$\frac{z}{p} = \frac{h_h - h_d}{p} = f(Q) \quad (2.6)$$

- построява се графикът $\frac{z}{p} = f(Q)$
- зоната на потопено преливане се ограничава между стойностите за водното количество $Q_{ep,1}$ и $Q_{ep,2}$ съответстващи на z към p равно на 0 и z към p равно на 0,7.

5. КОНСТРУИРАНЕ НА ТИПИЗИРАНИ ХИДРОМЕТРИЧНИ СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА КАНАЛИЗАЦИОННИ ТРЪБИ.

5.1. ОБОСНОВКА НА РАЗМЕРИТЕ ЗА ТИПОВИТЕ ОБРАЗЦИ.

Канализационните системи са изградени от тръби с голямо разнообразие на диаметрите. В съвременното масово производство на изделия от композиционни материали са предвидени канализационни тръби с външни диаметри от DN 110 мм. до DN 1200 мм. Старите каменинови, бетонови и етернитови тръби използвани при нашите канализационни системи, въпреки че не отговарят на съвременните стандарти, покриват същия диапазон на диаметрите.

Идеята за типизиране на хидрометричните съоръжения по диаметър е рационална за по-малките диаметри, които в същност се срещат масово при отводняването на промишлените предприятия, като за диаметрите по-големи от 500 мм., е необходимо индивидуалното проектиране на съоръженията.

Въвеждането на типизация при изработка на хидрометрични съоръжения за отпадъчни води има следните принципни предимства пред изработените въз основа на индивидуални проекти:

- Оптимизация и унификация на конструкцията с вземане пред вид на всички удачни решения от придобития опит .
- Възможност за извършване на унифицирана прецизна лабораторна калибрация чрез моделни образци от всяка производствена серия.
- По-ниска покупна цена.
- Възприемане на еднотипна и ефикасна монтажна технология.
- Опростена процедура при сертифицирането .
- Ускорено изпълнение на изработката.

Лабораторното калибриране на моделите е едно от най-важните предимства на типизираните хидрометрични съоръжения. Както бе изтъкнато вече, в досегашната практика съоръженията са калибрирани чрез изчисления по теоретичните зависимости за преливниците и препоръчаните в литературата формули и стойности за участващите коефициенти, които се различават значително при различните автори.

За експерименталното калибриране е необходима лабораторна база, която да разполага със съответните метрологични стендове и инсталация за осигуряване на необходимия дебит с регулиране в широки граници. Това условие се оказва решително за определяне на максималния размер на типизираните серии от хидрометрични съоръжения в дисертационния труд.

Хидравличната лаборатория на НИМХ , разполага с инфраструктурни условия за създаване на метрологични стендове за безнапорни течения с регулируем дебит до около 200 л/с., което е напълно достатъчно за обхващане на мотивирания вече максимален размер на подходящите за типизиране хидрометрични съоръжения с диаметър до 500 мм. Във връзка с това и в съответствие със съвременната стандартна производствена гама за канализационни тръби, бе възприето създаването на три размера за типизираните хидрометрични съоръжения - с диаметри 160 мм., 200 мм. и 250 мм.

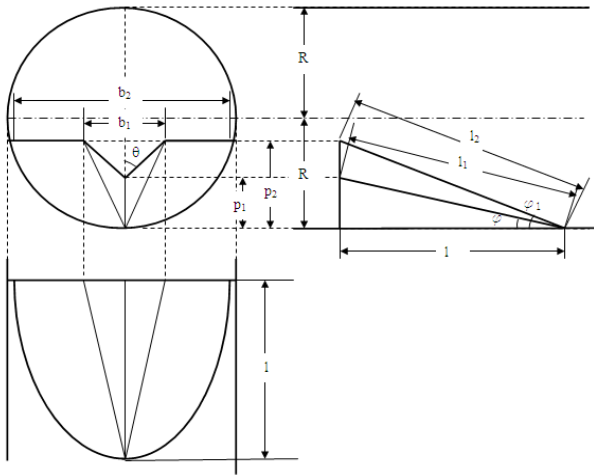
5.2. КОНСТРУКТИВНО-ГЕОМЕТРИЧНА СХЕМА НА СЪОРЪЖЕНИЕТО.

Хидрометричните съоръжения за отпадъчни води, с наклонени преливници обикновено се състоят от две неразривно свързани конструктивни части:

- Наклонен напред преливник, който представлява наклонен напред щит
- Корпус, който обикновено представлява тръба или полутръба и служи и за укрепване на цялото съоръжение към стените на канализационния колектор.

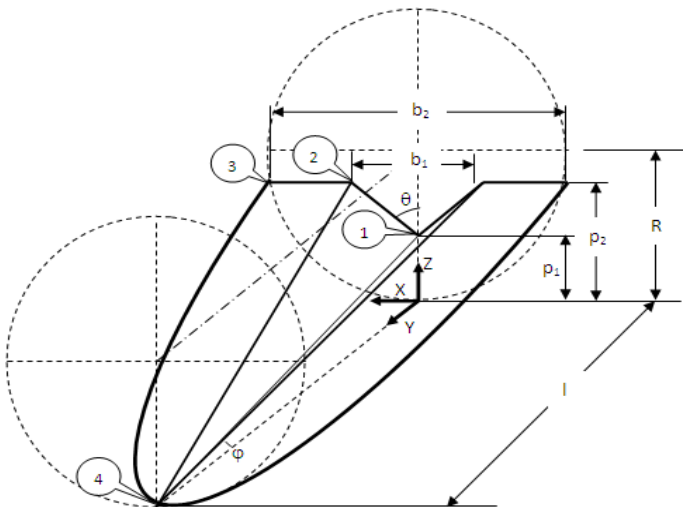
Тази конструктивна композиция е преминала вече през многобройни практически изпитания и е доказала безспорни предимства пред всеки друг начин за формиране на съоръжението.

Комбинираните преливници, които са обект на настоящето изследване представляват функционално обединение на два разположени един над друг преливни отвора – долен с триъгълна форма на преливния ръб и горен с хоризонтален преливен ръб (Фиг. 5.1)



Фиг. 5.1 Схема на наклонен напред комбиниран преливник.

Тяхното хидравлично действие е доста специфично: при малките напори на преливника действа само триъгълния отвор, известен като преливник на Томсън. При по-големи напори, които надвишават височината на триъгълния отвор, се включва и хоризонталния преливен ръб. По този начин се повишава точността на измерването при малките дебети, без това да ограничава пропускателната способност на съоръжението. По-добра представа относно геометрията на съоръжението се получава от представянето му в аксонометрия (Фиг. 5.2).



Фиг. 5.2 Аксонометрия на комбиниран наклонен напред преливник

Съоръжението представлява сложна геометрична фигура, получена от пресичането на цилиндричната стена на корпуса с пет различно разположени в пространството равнини. Разположението на равнините е избрано по такъв начин, че се получава комбинация от наклонен напред триъгълен преливник с наклонен напред преливник с хоризонтален ръб.

Като изходни параметри за изчисляване на конструкцията се възприемат следните величини:

- Вътрешния радиус на корпуса R
- Височина на триъгълния преливник p_1
- Височина на хоризонталния преливнен ръб p_2
- Ъгъл на триъгълния преливник $\theta = 45^\circ$
- Дължина на наклонената част l

Изхождайки от условията за добро действие на преливника и типизация на съоръжението са възприети следните препоръчителни размери:

- $p_1 = 0.5 R$
- $p_2 = \text{от } 0.75 R \text{ до } R$
- $l = 3p_1 = 1.5 R$

От фигури 5.1 и 5.2 пряко следват следните геометрични съотношения:

$$b_1 = 2(p_2 - p_1)tg\theta \quad (5.1)$$

$$b_2 = 2\sqrt{R^2 - (R - p_2)^2} \quad (5.2)$$

$$\varphi = \arctg \frac{p_1}{l} \quad (5.3)$$

$$l_1 = \frac{l}{\cos\varphi} \quad (5.4)$$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{p_2}{l} \quad (5.5)$$

Това е ъгълът, който сключва елипсовидния панел на преливния щит с хоризонталната равнина, непоказан на фиг. 5.2, поради претрупване на означенията.

$$l_2 = \frac{l}{\cos\varphi_1} \quad (5.6)$$

Тримерните координати на посочените в фиг.5.2 характерни точки по отношение на възприетата на фигурата координатна система са представени в Таблица 5.1.

Таблица 5.1. Пространствени координати на характерните точки.

№	Точка	X	Y	Z
1		0	0	p_1
2		$0.5b_1$	0	p_2
3		$0.5b_2$	0	p_2
4		0	1	0

Чрез пространствените координати на характерните точки могат да бъдат определени дължините на следните отсечки:

$$l_{12} = \sqrt{(0.5b_1)^2 + (p_2 - p_1)^2} \quad (5.7)$$

$$l_{23} = \sqrt{(0.5b_2 - 0.5b_1)^2} \quad (5.8)$$

$$l_{34} = \sqrt{(-0.5b_2)^2 + l^2 + (-p_2)^2} \quad (5.9)$$

$$l_{14} = \sqrt{l^2 + (-p)^2} \quad (5.10)$$

$$l_{24} = \sqrt{(-0.5b_1)^2 + l^2 + (-p_2)^2} \quad (5.11)$$

Каноничното уравнение на елипсата в двумерната координатна система (X' - Y') с начало в центъра на кръговото сечение на корпуса е:

$$\frac{x'^2}{R^2} + \frac{y'^2}{b_e^2} = 1 \quad (5.12)$$

където b_e е голямата полуос на елипсата.

Може да се съобрази, че

$$\frac{R}{b_e} = \sin \varphi_1 \quad (5.13)$$

от където

$$b_e = \frac{R}{\sin \varphi_1} \quad (5.14)$$

Чрез заместване, аналитичното уравнение на елипсата добива вида:

$$y' = \frac{1}{\sin \varphi_1} \sqrt{R^2 - x'^2} \quad (5.15)$$

За удобство при изработката на преливния панел е целесъобразно това уравнение да се представи в нова двумерната координатна система (X - Y), която се получава чрез плъзгане на старата по оста „Y” така, че началото ѝ да попадне в напречното сечение на тръбата, където се образува преливния ръб, т.е. в точка „1” на фиг. 5.2.

След трансляция на старата координатната система по оста Y' с

$$Y_0 = \frac{R - p_2}{\sin \varphi_1} \quad (5.16)$$

уравнението на елипсата в новата координатна система (с начало в сечението на преливния ръб) се получава:

$$y = y' - Y_0 = \frac{1}{\sin \varphi_1} \left(\sqrt{R^2 - x^2} - R + p_2 \right) \quad (5.17)$$

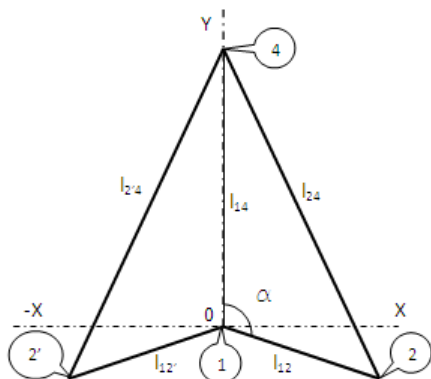
в което $x = x'$.

След преобразуване чрез изваждане на R пред скобата се получава:

$$y = \frac{R}{\sin \varphi_1} \left(\sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2} + \frac{p_2}{R} - 1} \right) \quad (5.18)$$

Това е уравнението на елипсата очертаваща преливния панел в контурите на цилиндричната повърхнина на корпуса.

След изработката на елипсовидната повърхност на панела е необходимо изрязването от средната му част на една триъгълна фигура, в която трябва да се постави клинообразен улей, формиращ триъгълния отвор на наклонения преливник. На фигура 5.2 може да се проследи формата на този улей, която се образува между точките 1, 4, 2 и симетричната ѝ точка 2'. В разгънат вид той се представлява равнинна фигура, образувана от два разностранни триъгълници (фиг.5.3).



Фиг.5.3 Разгъвка на клинообразния улей.

Дължините на отсечките, които образуват триъгълниците са вече определени l_{12} (5.7), l_{14} (5.10) и l_{24} (5.11). За да се намерят координатите на тази равнинна фигура спрямо показаната двумерна координатна система е необходимо още да се изчисли ъгъла α .

Съгласно косинусовата теорема той се определя по формулата:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{l_{12}^2 + l_{14}^2 - l_{24}^2}{2l_{12}l_{14}}\right) \quad (5.19)$$

С тези резултати, двумерните координати на точките формиращи разгъвката на клинообразния улей са определени в таблица 5.2.

Таблица 5.2 Двумерни координати на разгъвката на клинообразния улей.

Точка	X	Y
1	0	0
2	$l_{12}\cos(\alpha - \frac{\pi}{2})$	$-l_{12}\sin(\alpha - \frac{\pi}{2})$
4	0	l_{14}
2'	$-l_{12}\cos(\alpha - \frac{\pi}{2})$	$-l_{12}\sin(\alpha - \frac{\pi}{2})$

С това, необходимата изчислителна база за геометричните размери на типизираните хидрометрични съоръжения е на лице.

5.1. МЕХАНИЧНА КОНСТРУКЦИЯ, МАТЕРИАЛИ И ТЕХНОЛОГИИ.

Един от мотивите за пристъпване към разработване на типови хидрометрични съоръжения е максимално снижаване на тяхната финансова стойност, без да се правят компромиси с метрологичните им качества и механична устойчивост при тежките физически условия за тяхната работа. Друг, не по-маловажен мотив е поточността в производството им по едни и същи типови проекти и усвоени еднообразни технологии. Голямо улеснение на производствената дейност създава

използването на готови полуфабрикати заменящи специалните технологии за изработка на детайли. Така развойната дейност при създаване на типовите образци се насочи към възможните за използване готови градивни елементи . Като резултат от това, бе възприета механична конструкция на хидрометричното съоръжение, състояща се от корпус на съоръжението, измервателен преливник, нивомерно приспособление и крепежни елементи, като представа за външния вид на типовото хидрометрично съоръжение може да се добие от фиг.5.4.



Фиг. 5.4 Типизирано хидрометрично съоръжение за отпадъчни води в канализационни тръби

5.3.1. Корпус.

Корпусът има предназначение да създаде унифицирани условия на преливането през преливника и да побере всички функционални части на съоръжението в компактен и механически устойчив агрегат. Той трябва да създава условия за лесно присъединяване към контролираната канализационна тръба на обекта.

Във връзка с това, бе решено за корпус да се използва като полуфабрикат готов Т-образен пластмасов ревизионен фитинг. Предимствата на това решение са :

- Тези фитинги се произвеждат в същите стандартни диаметри, както на канализационните тръби.
- Конструктивното оформление на краищата им завършва с уплътняеми с гумени пръстени муфени връзки, което обезпечава лесно и надеждно свързване към контролираната канализационна линия.
- Трите близко разположени отвори на фитингите позволяват лесен достъп до вътрешността им за извършване на монтажните операции за преливниковия панел.
- Механичната устойчивост на фитингите е висока, като същевременно притежават технически издържан дизайн.

5.3.2. Измервателен преливник.

Както нееднократно бе съобщено вече, в хидрометричните съоръжения се използва наклонен напред комбиниран преливник , съставен от долен триъгълен отвор и горен преливник с хоризонтален преливен ръб.

Панелите за преливните им щитове се изработват от неръждаеми стоманени листове, чрез съответно изрязване, огъване и заварки, по посочените в т. 5.2 геометрични размери.

Панелът на преливниковия щит се монтира монолитно в корпуса по изпитана технология, представляваща „ноу хау” на автора.

5.3.3. Нивомерно приспособление.

Световната практика в нивомерното приборостроене, както и събраният опит от изпълнената програма доказват, че най-надеждите и точни средства за измерване на водни нива са хидростатичните уреди, основани на бълблерен принцип. В типизираните хидрометрични съоръжения се използват точно такива нивомерни устройства.

5.3.4. Принадлежности и крепежни елементи.

Тук спадат всички спомагателни средства, които не участват пряко в измервателния процес, но служат като инфраструктурна среда за неговото осъществяване.

5.4. ГЕОМЕТРИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА ТИПОВИТЕ ХИДРОМЕТРИЧНИ СЪОРЪЖЕНИЯ.

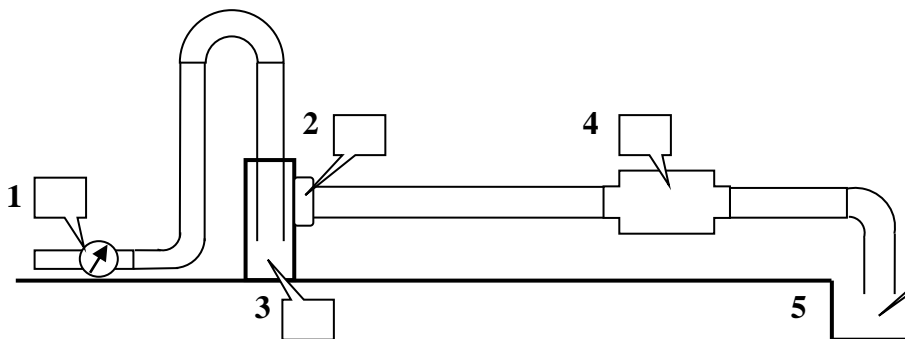
В точка 5.1 са определени типовите размери за конструиране на хидрометрични съоръжения за отпадъчните води. Във връзка с установените по-горе геометрични и конструктивни условия на типизираните изделия са изчислени техните геометрични параметри. Въз основа на тези геометрични размери е извършено техническото проектиране на хидрометричните съоръжения.

Някои от изчислените препоръчителни съотношения на размерите са променени при проектирането, по конструктивни съображения и за това размерите на сериите с различни диаметри не са в пълно геометрично подобие.

6. ХИДРАВЛИЧНИ ИЗПИТАНИЯ НА ПРОТОТИПНИТЕ ОБРАЗЦИ.

6.1 ИЗПИТАТЕЛЕН СТЕНД ЗА БЕЗНАПОРНИ ХИДРОМЕТРИЧНИ СЪОРЪЖЕНИЯ.

Хидравличният стенд за изпитване на безнапорни хидрометрични съоръжения е проектиран и построен за извършване на експерименталната работа с прототипните образци на типизираните серии. Неговата принципна схема е представена на фиг. 6.1.



Фиг.6.1 Схема на изпитателния стенд.

Водата от напорния тръбен пръстен на хидравличната лаборатория постъпва през затворен орган в еталонния водомер - 1, след което се подава към безнапорната успокоителна колона - 2. От там тя постъпва през редуccionния възел 3, в тръба с дължина 4 м. до изпитваното съоръжение - 4. След това се отвежда към резервоара на лабораторията по отводящия канал-5.

Тази принципна схема бе реализирана в хидравличната лаборатория на НИМХ (фиг.6.2).



Фиг. 6.2 Изпитателен стенд за безнапорни хидрометрични съоръжения.

За еталонно измерване на водното количество се използва магнитно-индукционен напорен водомер с DN 150 мм. и с клас на точност 0.3 %, производство на фирма „Беджер Метер” Европа . Успокоителната безнапорна колона е изработена от PVC тръба с диаметър Ф 250 мм. Редукционен възел дава възможност за алтернативна смяна на тръбата, водеща към хидрометричното съоръжение с диаметри Ф160 мм., Ф200 мм. и Ф250 мм. Това дава възможност на стенда да бъдат изпитвани хидрометрични съоръжения с изброените диаметри. Като принадлежности към стенда са набавени стъклени мерителни съдове за точно измерване на много малките дебити, прецизен иглен нивомер с нониус, електронен нивосигнализатор лазерен нивелир за хоризонтиране на преливния ръб на съоръженията , хронометър .

6.2. ОБЩИ ИЗПИТАНИЯ ЗА ХИДРАВЛИЧНОТО ДЕЙСТВИЕ НА ПРОТОТИПНИТЕ КОНСТРУКЦИИ.

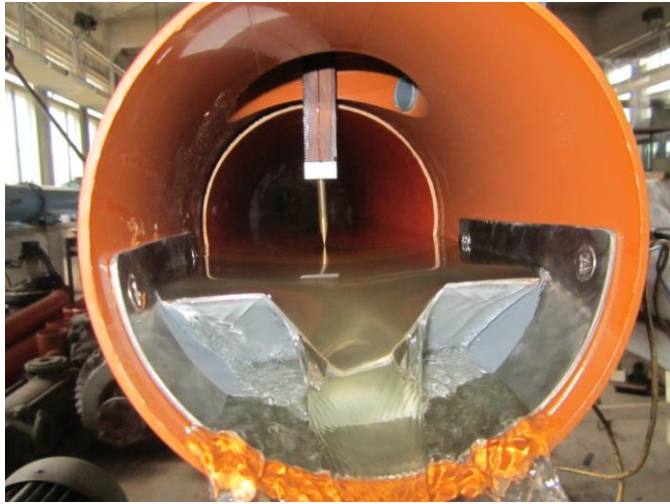
Конструираните прототипни конструкции на типови хидрометрични съоръжения бяха подложени на широка експериментална проверка относно качеството на тяхното хидравлично действие. За по-добро наблюдение на преливния процес, изходящата тръба на стенда бе отстранена.

От проведените качествени изпитания на трите опитни образци могат да се направят следните заключения:

1. Всички образци от разработената гама показват добра функционалност, която е в съответствие с предпоставките при тяхното проектиране.
2. При малките дебити, преливането се извършва само през триъгълния отвор, като отделящата се от преливния ръб струя позволява свободното ѝ проветряване и преливането е безвакуумно (Фиг. 6.3).

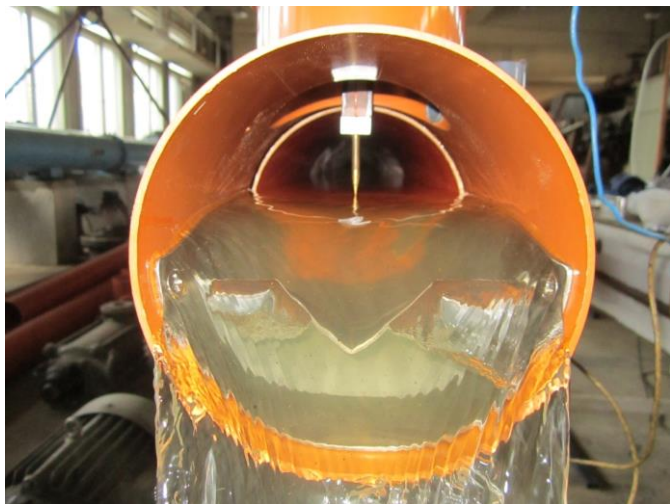


Фиг. 6.3 Безвакуумен режим на преливането при малки дебити.



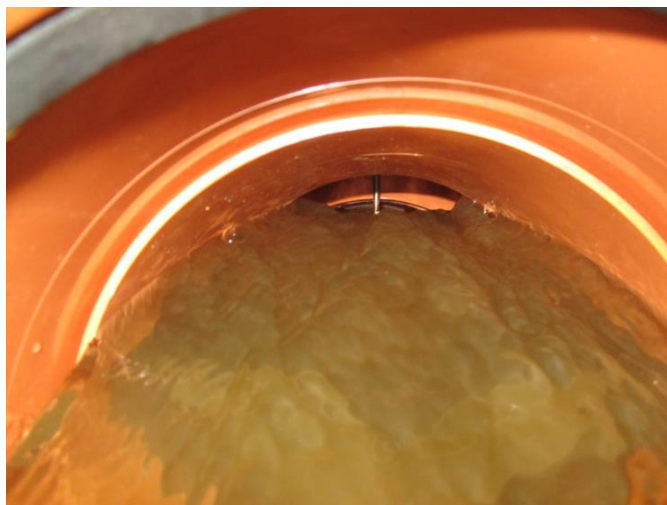
Фиг. 6.4 Включване на хоризонталната част на преливния ръб .

3. При нарастване на дебита се включва и хоризонталната част на преливния ръб, което причинява частично ограничаване на въздуха постъпващ под струята, но все още то е безвакуумно ;Фиг. 6.4).
4. При още по-големите водни количества, настъпва момент, когато преливащата струя прилепва до стените на корпуса и ограничава достъпа на атмосферен въздух под нея. Преливането започва да преминава към вакуумен режим (Фиг.6.5).



Фиг. 6.5 Преминане на преливането във вакуумен режим при големите водни количества.

5. При най-големите водни количества, преливната струя прилепва плътно до стените на корпуса, като изпълва пространството над преливния ръб до сводовата част на корпуса (фиг.6.6). Въпреки, очакванията за намаляване на пропускателната му способност в сравнение с откритите преливници поради допълнителните съпротивления от триене, при изпитанията на моделите не се наблюдава токова намаление, а обратното – водното количество е по-голямо от изчисленото при същите условия за откритите преливници. Това явление може да се обясни само със силното смукателно действие на вакуума образуван под преливната струя, който се дължи на абсолютното прилепване на течението по контурите на корпуса.



Фиг. 6.6 Преливане при екстремно голямо водно количество.

Проведените изпитания върху хидравличното действие на хидрометричните съоръжения за отпадъчни води представлява нов етап в развитието на тази проблематика, като получените резултати дават логични обяснения на някои факти установени при експерименталното им калибриране.

6.3 КАЛИБРИРАНЕ НА ТИПИЗИРАНИТЕ СЕРИИ ХИДРОМЕТРИЧНИ СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ.

Приложното значение на конструирания метрологичен стенд е възможността, която той създава за експериментално калибриране на прототипните конструкции. Това е свършено нова дейност в нашата страна, която освен сервизната си функция при предлаганата типизация, хвърля светлина и върху качеството на използвания до сега теоретичен начин за калибрация. Калибрирането на трите набелязани серии типови хидрометрични съоръжения е извършено по еднообразна технология – чрез едновременно отчитане на напора пред измервателните преливници и протичащото водно количество по еталонния водомер на стенда. За постигане на добра

статистическа достоверност при калибрирането е възприето експерименталните точки за различните водни количества да не бъдат по-малко от 20 броя.

Експерименталните калибрационни зависимости $Q = f(H)$ са построени графично в среда на Excel.

При подбора на уравнения за изравняване на емпиричните точки е възприета структурата, която максимално наподобява теоретичната формула на преливника:

$$Q = mb\sqrt{2gH^{\frac{3}{2}}} \quad (6.1)$$

За тази цел това уравнение се представя във вида:

$$Q = M(H) \cdot H^{1.5} \quad (6.2)$$

където

$$M(H) = mb\sqrt{2g} \quad (6.3)$$

Построяват се графичните зависимости $M(H) = f(H)$, след което по метода на най-малките квадрати, заложен в програмата Excel, се извършва подбор на най-подходящия аналитичен вид на функцията. Критерий за този подбор е стойността на корелативния коефициент R .

В корелативните анализи е възприето като използваеми за практически изчисления връзки да се използват само тези, които имат корелативен коефициент по-голям от $R = 0.75$. Като предварителна информация тук може да се спомене, че корелативните коефициенти на връзките $M(H) = f(H)$ и за трите типизирани серии се получиха с много високи стойности – над $R = 0.95$.

Получените по този начин уравнения се заместват в формулата за водното количество (6.2).

За всяка типизирана серия е дадена и обективна оценка за точността на измерването при заглаждането на получените експериментални криви.

В специален раздел е извършено сравнение между експерименталните зависимости и тези получени по досегашната практика чрез теоретични изчисления. Въз основа на това са направени анализи и въведени съответни корекции в теоретичните зависимости.

Поради големия обем на свързаните с тази процедура таблици и графици, някои от спомагателните рутинни действия не са представени в текста .

6.3.1. Калибриране на типизирана серия Ф160 мм.

Експерименталните данни, получени на метрологичния стенд са представени в таблица 6.1. Въз основа на тях е построена в графичен вид експерименталната калибрационна зависимост $Q = f(H)$ (Фиг. 6.7).

Таблица 6.1 Експериментални данни от стенда за съоръжения Ф160 мм.

No	H	Q
-	мм.	л/с
1	8.20	0.012
2	12.47	0.034
3	17.57	0.083
4	22.73	0.146
5	27.40	0.221
6	31.53	0.294
7	35.00	0.392
8	37.57	0.549
9	40.60	0.766
10	42.63	0.901
11	46.93	1.339
12	53.40	1.833
13	59.87	2.550
14	66.53	3.383
15	72.70	4.313
16	82.50	5.530
17	92.40	7.151
18	100.87	8.660
19	107.60	9.732
20	113.20	11.703
21	123.00	13.231

Емпиричните точки много добре се изравняват от две различни аналитични уравнения:

за напори на преливника $0 < H < 33.3$ мм.

$$Q = (0.00005H + 0.0002)H^{1.5} \quad \text{л/с} \quad (6.1)$$

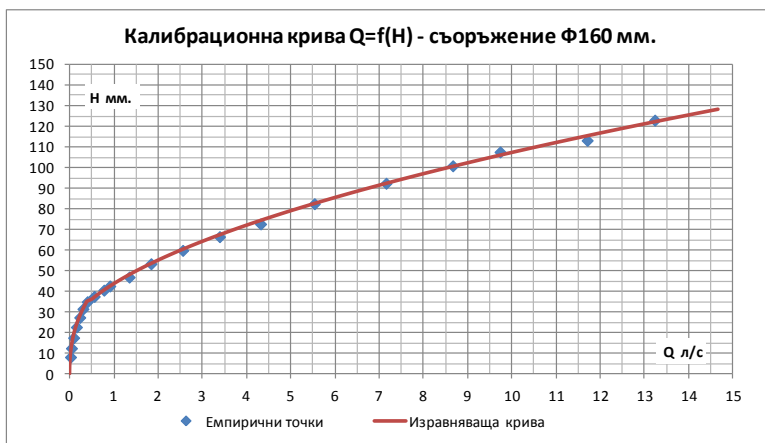
при коефициент на корелация $R = 0.994$

за напори на преливника $33.3 < H < 128$ мм.

$$Q = (0.0062 \ln H - 0.0198)H^{1.5} \quad \text{л/с} \quad (6.2)$$

при коефициент на корелация $R = 0.997$

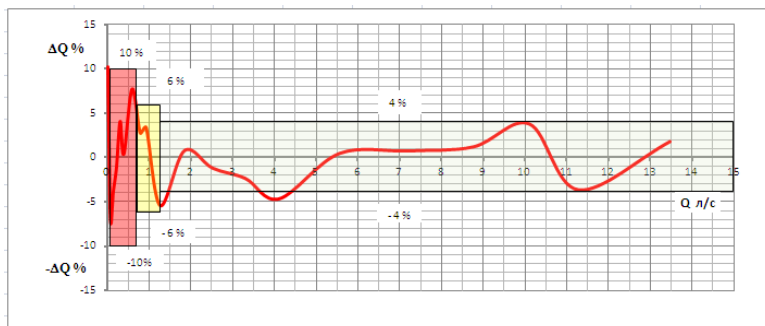
Двете уравнения добре се стиковат при стойност на напора $H = 33.25$ мм., като дават еднакво водно количество $Q = 0.348$ л/с.



Фиг. 6.7 Експериментална калибрационна зависимост за съоръжение Ф160 мм.

Аналитичното представяне на калибрационната зависимост се приема като окончателна калибрация на серията, тъй като при него се изравняват случайните колебания на емпиричните точки около тренда на зависимостта. Самите колебания характеризират възможните отклонения на единичните измервания от общата зависимост, т.е. те са показателни за точността на измерването.

За оценка на точността на хидрометричното съоръжение в различните диапазони на водното количество е разработен графикът на фиг. 6.8, който нагледно представя разпределението на възможните грешки ΔQ в проценти от измерваната стойност.



Фиг. 6.8 Разпределение на грешката при серията Ф160 мм.

Чрез този график и данните за неговото съставяне могат да се обобщят метрологичните качества на съоръжението, както следва:

Интервал с нерегламентирана точност

$0 < Q < 0.014$ л/с.

Интервал с грешка по-малка от 10 % $0.014 < Q < 0.590$ л/с.
 Интервал с грешка между 10 % и 6 % $0.590 < Q < 1.265$ л/с.
 Интервал с грешка от 6 % до 4 % $1.265 < Q <$

14.000 л/с.

За удобство при практическото използване на калибрационната зависимост, тя е развита за напори H през 1 мм. (Таблица 6.2).

Таблица 6.2 Развитие на калибрационната зависимост - съоръжение Ф160

мм.

H мм.	Водно количество в л/с									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.0000	0.0002	0.0008	0.0017	0.0030	0.0048	0.0070	0.0097	0.0130	0.0169
10	0.021	0.026	0.032	0.038	0.046	0.053	0.062	0.071	0.081	0.092
20	0.104	0.117	0.130	0.145	0.160	0.176	0.193	0.211	0.230	0.251
30	0.272	0.294	0.317	0.341	0.367	0.393	0.498	0.556	0.618	0.681
40	0.747	0.815	0.885	0.958	1.033	1.110	1.190	1.271	1.355	1.441
50	1.530	1.620	1.713	1.808	1.905	2.004	2.106	2.209	2.315	2.423
60	2.533	2.645	2.759	2.876	2.994	3.115	3.237	3.362	3.488	3.617
70	3.748	3.881	4.016	4.153	4.292	4.433	4.576	4.721	4.868	5.017
80	5.168	5.321	5.476	5.633	5.792	5.952	6.115	6.280	6.447	6.615
90	6.786	6.958	7.133	7.309	7.487	7.668	7.850	8.034	8.220	8.407
100	8.597	8.788	8.982	9.177	9.374	9.573	9.774	9.976	10.181	10.387
110	10.595	10.805	11.017	11.231	11.446	11.664	11.883	12.104	12.326	12.551
120	12.777	13.005	13.235	13.467	13.700	13.936	14.173	14.411	14.652	

6.3.2. Специални изследвания при калибрирането на серия Ф160 мм.

Извършената експериментална калибрация на хидрометричното съоръжение позволява да се направи анализ върху съответствието на извършваното до сега теоретично калибриране с емпиричните точки от реално протичащите водни количества.

На фиг. 6.8 е показана теоретичната калибрационна крива и разположението на емпиричните точки около нея. От анализа на този график могат да се направят някои важни заключения:

1. Теоретичното калибриране дава систематично занижени резултати за водното количество с около 10 % по целия измервателен диапазон. Това се дължи на теоретично приетия коефициент на водното количество на преливника, който се оказва с около 10 % по малък от действителната му стойност, формирана от специфичната форма на преливния щит.

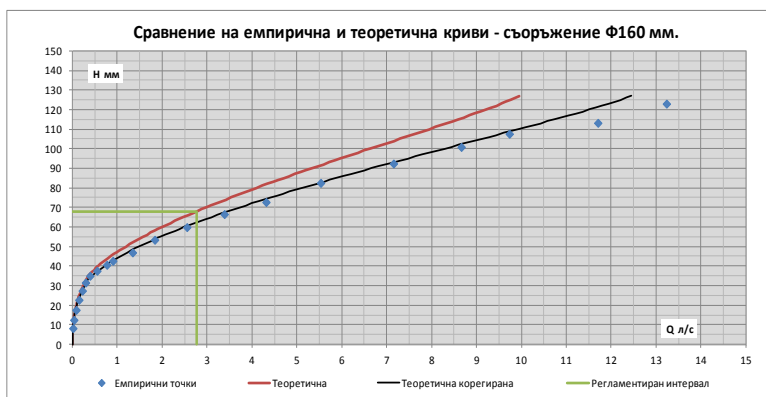
На графика е нанесена и коригираната с 10 % теоретична крива, която добре изравнява емпиричните точки.

2. В триъгълната част на преливника (която се изчерпва при напори до 21 мм.) се наблюдава добро съвпадение на теоретичната крива с емпиричните точки. Това се обяснява със свойствата на триъгълните преливници, които се подават на много по точно математично описване.
3. Отклоненията на емпиричните точки от теоретичната крива започват в зоната след включване на комбинираното действие на преливника и се засилват с увеличаване на напора. Освен поради изтъкнатите по-горе причини, това се дължи и на появата на вакуум под преливната струя, което не се отчита при теоретичната калибрация. В теорията на преливниците не се дават решения за този случай, поради наблюдаваните в някои случаи

големи пулсации на налягането, които не се подават на математично описание.

Особено силно се забелязва това влияние при максималните напори над преливника, когато почти цялото напречно сечение на корпуса е изпълнено с вода и вакуумът достига максималните си стойности. Емпиричните точки в тази зона рязко се отклоняват, даже и от коригираната теоретична крива Фиг. 6.8.).

4. При до сега извършваното теоретично калибриране задължително се посочва регламентиран интервал за приложимостта ѝ, ограничен до предполагаем размер на напора, където започва влиянието от триенето в сводовата част на корпуса (зоната ограничена със зелени прави линии на фиг.6.8). Експериментите показват, че такова влияние не се чувства, защото се компенсира от смукателното действие на вакуума. Това разширява диапазона на валидност на калибрационната крива, почти до максималния възможен напор на действието на преливника.



Фиг.6.8. Сравнение на теоретичната калибрационна крива с емпиричните точки.

6.3.3. Калибриране на типизирана серия Ф200 мм.

Експерименталните данни, получени на метрологичния стенд за тази серия, бяха обработени по същата методика като за серията Ф160 и с тях е построена в графичен вид експерименталната калибрационна зависимост $Q = f(H)$.

Емпиричните точки много добре се изравняват от две различни аналитични уравнения:

за напори на преливника $0 < H < 37.8$ мм.

$$Q = (0.00005H + 0.0003)H^{1.5} \text{ л/с} \quad (6.3)$$

при коефициент на корелация $R = 0.996$

за напори на преливника $37.8 < H < 145$ мм.

$$Q = (0.0068 \ln H - 0.0225)H^{1.5} \text{ л/с} \quad (6.4)$$

при коефициент на корелация $R = 0.999$

Двете уравнения добре се стиковат при стойност на напора $H = 37.8$ мм., като дават еднакво водно количество $Q = 0.511$ л/с.

6.3.4. Специални изследвания при калибрирането на серия Ф200 мм.

На базата на експериментална калибрация на хидрометричното съоръжение се направи анализ върху съответствието на извършваното до сега теоретично калибриране с емпиричните точки от реално протичащите водни количества.

1. Теоретичното калибриране дава систематично занижени резултати за водното количество с около 12 % по целия измервателен диапазон. Това се дължи на теоретично приетия коефициент на водното количество на преливника, който се оказва с около 12 % по малък от действителната му стойност, формирана от специфичната форма на преливния щит.

На графика е нанесена и коригираната с 12 % теоретична крива, която добре изравнява емпиричните точки.

2. В триъгълната част на преливника (която се изчерпва при напори над 34 мм.) се наблюдава добро съвпадение на теоретичната крива с емпиричните точки. Това се обяснява със свойствата на триъгълните преливници, които се подават на много по точно математично описване.

3. Отклоненията на емпиричните точки от теоретичната крива започват в зоната след включване на комбинираното действие на преливника и се засилват с увеличение на напора. Освен поради изтъкнатите по-горе причини, това се дължи и на появата на вакуум под преливната струя, което не се отчита при теоретичната калибрация. В теорията на преливниците не се дават решения за този случай, поради наблюдаваните в някои случаи големи пулсации на налягането, които не се подават на математично описание.

Особено силно се забелязва това влияние при максималните напори над преливника, когато почти цялото напречно сечение на корпуса е изпълнено с вода и вакуумът достига максималните си стойности. Емпиричните точки в тази зона рязко се отклоняват, даже и от коригираната теоретична крива .

4. При до сега извършваното теоретично калибриране задължително се посочва регламентиран интервал за приложимостта ѝ, ограничен до предполагаем размер на напора, където се предполага че започва влиянието от триенето в сводовата част на корпуса. Експериментите показват, че такова влияние не се чувства, защото се компенсира от смукателното действие на вакуума. Това разширява диапазона на валидност на калибрационната крива, почти до максималния възможен напор на действието на преливника.

6.3.5. Калибриране на типизирана серия Ф250 мм.

Експерименталните данни, получени на метрологичния стенд , бяха обработени по същата методика , като сериите Ф160 и Ф200 и стях е построена в графичен вид експерименталната калибрационна зависимост $Q = f(H)$

Емпиричните точки много добре се изравняват от две различни аналитични уравнения:

за напори на преливника $0 < H < 58.9$ мм.

$$Q = (0.00005H + 0.0002)H^{1.5} \text{ л/с} \quad (6.5)$$

при коефициент на корелация $R = 0.995$

за напори на преливника $58.9 < H < 145$ мм.

$$Q = (0.0068 \ln H - 0.0225)H^{1.5} \text{ л/с} \quad (6.6)$$

при коефициент на корелация $R = 0.998$

Двете уравнения добре се стиковат при стойност на напора $H = 58.9$ мм., като дават еднакво водно количество $Q = 1.238$ л/с.

6.3.6. Специални изследвания при калибрирането на серия Ф250 мм.

На базата на експериментална калибрация на хидрометричното съоръжение се направи анализ върху съответствието на извършваното до сега теоретично калибриране с емпиричните точки от реално протичащите водни количества.

1. В триъгълната част на преливника (която се изчерпва при напори над 58 мм.) се наблюдава добро съвпадение на теоретичната крива с емпиричните точки. Това се обяснява със свойствата на триъгълните преливници, които се подават на много по точно математично описание.
2. В диапазона на комбинираното действие теоретичното калибриране дава систематично занижени резултати за водното количество от 14% в зоната на средните напори до 20 % при високите напори. Това се дължи на теоретично приетия коефициент на водното количество на преливника, който се оказва по-малък от действителната му стойност, формирана от специфичната форма на преливния щит.
3. Отклоненията на емпиричните точки от теоретичната крива започват в зоната след включване на комбинираното действие на преливника и се засилват с увеличение на напора. Освен поради изтъкнатите по-горе причини, това се дължи и на появата на вакуум под преливната струя, което не се отчита при теоретичната калибрация. В теорията на преливниците не се дават решения за този случай, поради наблюдаваните в някои случаи големи пулсации на налягането, които не се подават на математично описание.
4. При до сега извършваното теоретично калибриране задължително се посочва регламентиран интервал за приложимостта ѝ, ограничен до предполагаем размер на напора, където се предполага че започва влиянието от триенето в сводовата част на корпуса. Експериментите показват, че такова влияние не се чувства, защото се компенсира от смукателното действие на вакуума. Това разширява диапазона на валидност на калибрационната крива, почти до максималния възможен напор на действието на преливника.

6.4. АНАЛИЗ НА КАЛИБРАЦИОННИТЕ ЗАВИСИМОСТИ.

За долния клон на експерименталните калибрационни зависимости, съответстващи на преливане през триъгълния отвор, са получени следните уравнения:

$$\text{За } \Phi 160 \text{ мм. } Q = (0.00005H + 0.0002)H^{1.5} = 0.00005H^{2.5} + 0.0002H^{1.5} \text{ л/с}$$

$$\text{За } \Phi 200 \text{ мм. } Q = (0.00005H + 0.0003)H^{1.5} = 0.00005H^{2.5} + 0.0003H^{1.5} \text{ л/с}$$

$$\text{За } \Phi 250 \text{ мм. } Q = (0.00005H + 0.0002)H^{1.5} = 0.00005H^{2.5} + 0.0002H^{1.5} \text{ л/с}$$

Вижда се, че и трите уравнения са почти идентични. Това е логичен резултат, като се има пред вид, уравненията се отнасят за триъгълни преливници, конструирани с еднакъв ъгъл $\theta = 45^{\circ}$. Малкото различие на коефициента в скобите за размера $\Phi 200$ мм. се дължи на непълното геометрично подобие на конструкциите и по-специално на по-различния наклон на преливния панел, който за този размер е $f_1 = 34.5^{\circ}$, докато при останалите два размера той е съответно 41.6° и 39.2° .

При теоретичното калибриране е използвана общата формула на триъгълните преливници:

$$Q = \frac{8}{15} K \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{2.5} \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.7)$$

която след смяна на дименсиите от „м“ в „мм.“ и от „м³/с“ в „л/с, и пресмятане на константите добива вида:

$$Q = 0.0000747 \cdot K \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot H^{2.5} \text{ л/с} \quad (6.8)$$

При коефициент за наклона на панела $K = 1.116$, коефициент на преливника според Томсън $m = 0.60$ и ъгъл $\theta = 45^{\circ}$ се получава:

$$Q = 0.0005 H^{2.5} \text{ л/с} \quad (6.8)$$

Емпиричните формули силно наподобяват теоретичната формула (6.8), като имат и един допълнителен член, който е функция от напора H . Влиянието на този допълнителен член намалява силно с увеличение на напора, като при максималните му стойности разликата става пренебрежимо малка. Това потвърждава още един път, че за триъгълните части на преливниците емпиричната калибрация се доближава доста добре към теоретичната зависимост.

За комбинираната част на преливниците са получени следните експериментални зависимости:

$$\text{За } \Phi 160 \text{ мм.} \quad Q = (0.0062 \ln H - 0.0198) H^{1.5} \text{ л/с}$$

$$\text{За } \Phi 200 \text{ мм.} \quad Q = (0.0068 \ln H - 0.0225) H^{1.5} \text{ л/с}$$

$$\text{За } \Phi 250 \text{ мм.} \quad Q = (0.0068 \ln H - 0.0225) H^{1.5} \text{ л/с}$$

Тези уравнения са, също почти идентични. Малко различие има само в коефициентите на формулата за съоръжение $\Phi 160$ мм. Това показва, че при трите размера на съоръженията, независимо от липсата на пълно геометрично подобие, преливането през комбинираната част от преливниците се извършва еднотипно.

Теоретичната формула за комбинираната част на преливниците е доста сложна за да бъде приведена по аналитичен път към формата на емпиричните зависимости. Направен бе опит да се използва подхода както при експерименталното калибриране, т.е. с теоретично изчислените стойности на водното количество се построи графичната зависимост $Q = f(H)$. Получените графични зависимости могат формално да се апроксимират чрез логаритмичните криви:

$$\text{За } \Phi 160 \text{ мм.} \quad Q = (0.0033 \ln H - 0.0089) H^{1.5} \text{ л/с}$$

$$\text{За } \Phi 200 \text{ мм.} \quad Q = (0.0054 \ln H - 0.0172) H^{1.5} \text{ л/с}$$

$$\text{За } \Phi 250 \text{ мм.} \quad Q = (0.0066 \ln H - 0.0218) H^{1.5} \text{ л/с}$$

Вижда се, че тези формални апроксимации на теоретичната зависимост са със същата структура, но коефициентите в тях се различават от експерименталните. С нарастване на диаметъра на съоръженията, обаче те започват да се доближават до експерименталните, като при $\Phi 250$, имат много добро съвпадение. Неизбежните разлики се дължат на теоретично неотчетеното влияние на вакуума под преливната струя, който с нарастване на напора, започва да влияе при малките диаметри много по-рано.

Формалният начин за трансформиране на теоретичния закон на преливането през комбинираната част на преливника не позволява да се правят сигурни количествени оценки, но доброто съвпадение на калибрационните уравнения и в двете части на преливника доказва, че експерименталното калибриране е извършено с достатъчна прецизност и може да бъде използвано надеждно за практически цели.

7. ПРИЛОЖНИ ПРИМЕРИ

Освен чрез извършените лабораторни изпитания, разработените типови хидрометрични съоръжения бяха експериментирани и чрез приложение в реална обстановка при редица обекти в страната.

През периода 2013 – 2018 год. бяха извършени 140 внедрявания на типизираните изделия при различни промишлени предприятия. Повечето от тях са на отводящите канализационни тръби от ведомствените ПСОВ към водоприемника.

В тази внедрителска дейност са включени и типизирани съоръжения със значително по-големи диаметри, за които предстои да бъдат проведени лабораторни изпитания.

7.1. ВНЕДРЯВАНЕ НА ХИДРОМЕТРИЧНИ СЪОРЪЖЕНИЯ ТИП Ф160.

Изход ПСОВ на завод за безалкохолни напитки „Маршал-91“ ЕООД, с. Багреници, Кюстендилско.

Хидрометричното съоръжение бе монтирано в отводящата канализационна тръба към р. Новоселска в последната ревизионна шахта на площадката на завода.

Строителството е ново и канализационната система е в добро техническо състояние, което създаде отлични условия за извършване на монтажните работи.

Разположението на хидрометричното съоръжение е показано на фиг.7.1, а защитния шкаф с електронната апаратура на фиг. 7.2.



Фиг.7.1 Хидрометрично съоръжение тип Ф160 в ревизионната шахта на завод „Маршал.91“ ЕОД, с. Багреници.



Фиг. 7.2 Електронна регистрираща апаратура за съвместна работа с хидрометричното съоръжение.

7.2. ВНЕДРЯВАНЕ НА ХИДРОМЕТРИЧНИ СЪОРЪЖЕНИЯ ТИП Ф200.

7.3. Отпадъчни води от ВЕЦ „Козлодуй“

Хидрометричното съоръжение бе монтирано в изходящата канализационна тръба отвеждаща отпадъчната вода от ПСОВ на ВЕЦ „Козлодуй“ / фиг. 7.3 /



Фиг. 7.3 Хидрометрично съоръжение за отпадъчните води от ВЕЦ „Козлодуй“



Фиг. 7.4 Хидрометрично съоръжение за отпадъчните води на изхода на ПСОВ ВРЗ гр.Септември



Фиг. 7.4 Хидрометрично съоръжение за отпадъчните води в кв. Владая

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Дисертационният труд представлява завършек на един важен етап от развитието на една съвършено нова и непопулярна проблематика у нас. Провеждането на режимни наблюдения в канализационните мрежи не е поставено като инженерна задача до влизането ни в ЕС. След хармонизирането на нашето законодателство с изискванията на европейското и частично след обструкциите на европейските фондове при финансиране на проекти за изграждане на нови ПСОВ по проекти

базирани само върху нормативно определяне на режимите, се получи практически интерес към измерването на реално генерираните отпадъчни води у нас. Началото на този етап може да се отнесе хронологически към 2005 – 2006 год.

Решаваща роля за развитието на проблематиката, все пак има законодателството. Натискът, който постоянно оказват Закона за водите и Закона за околната среда с постановените санкции при изпускане на отпадъчни води във естествените водоприемници е основната причина за възникване и развитие на проблематиката.

Пред търсенията на инвеститорите за изход от положението бяха предоставени възможности за закупуване на вносни изделия, които и до сега се поднасят само по чисто търговски начин, т.е. без проучване на условията за монтаж (които много често са неподходящи за предлаганото изделие). Освен това, високата им покупна цена представлява финансово неизгодна алтернатива пред заплащане на наказателните законови такси за изпускане на отпадъчни води. А, нашата инженерна практика се оказва пак неподготвена за поемане на това предизвикателство. Това беше в началото.

Сега, след започната приложна програма от ИВП-БАН за създаване на хидрометрични устройства за отпадъчни води, завършек на която представлява настоящия дисертационен труд, на нашите инвеститори се предлага комплексно решение на въпроса.

Дисертационният труд запълва една ниша, доказала полезността си при производствения процес на всички потребителски изделия – типизирано производство с висока адаптивност към всички практически условия. Най-важното предимство за потребителите е пригодността на типове хидрометрични съоръжения за монтаж, без каквато и да било реконструкция на канализационния участък, а ниската покупна цена на типизираните изделия ги прави финансово изгодни.

Успоредно с тези прагматични достойнства, в дисертационния труд се съдържат иновационни резултати и „ноу хау“, които трябва да се оценят като научно-технически прогрес.

На настоящия етап, приложната сфера на дисертационния труд е придобила широка популярност, за което свидетелства повишеното търсене на тези изделия от националната ни практика. В дисертационния труд са дадени примери от такива приложения само през последните две години.

Може да се твърди, че перспективите за внедряване на изделията е достатъчно висока, пред вид масовото изграждането на нови социални обекти генериращи отпадъчни води в значителни размери.

8.1. НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ.

Темата на дисертационния труд и всички дейности по нейното разработване попадат изцяло в научно-приложната сфера. Получените резултати са с иновативен характер, но не надхвърлят рамките на съществуващите съвременни знания в научните клонове по хидрометрия и хидравлика. Това се дължи на основните цели, поставени през дисертационния труд, които накратко могат да се обобщят като **„Създаването на типизирани хидрометрични съоръжения за отпадъчни води чрез адаптиране на конструкциите и монтажната технология за приложение в колекторите на съществуващите стари канализационни системи”**. Може да се отчете, че това обобщение на поставените цели е изпълнено напълно в съответствие с произтичащите от него задачи.

Научно-приложните приноси на дисертационния труд могат да се формулират накратко, както следва:

1. За първи път се формулират основните принципи и изисквания за създаване на специализирани хидрометрични съоръжения за приложение в съществуващите стари канализационни системи, без необходимост от тяхното преустройство.
2. Във връзка с поставената цел е разработена нова систематизация на съществуващите измервателни устройства за водното количество в безнапорни канали и тръби.
3. Въз основа на досегашния опит в нашата страна и анализ на съществуващите възможности за приложение на известните хидрометрични методи е извършено целенасочено конструиране на типизирани хидрометрични съоръжения, отговарящи на установените изисквания.
4. Използвани са специализирани методи и програми за проектиране на съоръженията, чиито сложни геометрични форми се получават от пресичането на пет равнини с цилиндрична повърхност.
5. Разработени са технологии за производство на съоръженията, както и специализирана технология за монтажа им в тежките и опасни условия за труд в ограничено пространство, под непрекъснато въздействие на течаща замърсена вода, вредни газове и без естествено осветление.
6. Извършено е лабораторно изследване за хидравличното действие на създадените типови прототипи, като са установени особеностите на преливниците монтирани в тръби, което до сега не е описвано в инженерната литературата.
7. Извършено е експериментално калибриране на типовите серии хидрометрични съоръжения, с което е разширен диапазона на неговото приложение в сравнение с теоретичния метод за калибриране.
8. Извършена е уникална за страната ни внедрителска дейност на създадените типизирани серии хидрометрични съоръжения, с което се дава възможност на потребителите да отговорят адекватно на obligаторните условия в националното законодателство при разрешителния режим за ползване на водните обекти.

8.2. НАСОКИ ЗА СЛЕДВАЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ.

Постигнатите положителни резултати в дисертационния труд разкриват възможност за широко бъдещо развитие на тази нова проблематика. На първо време се очертават две важни разширения с приоритетно значение:

1. Обхващане с типизирани хидрометрични съоръжения на целия предвиден диапазон на канализационните тръби, т.е. с диаметри до 500 мм. Предстои изграждане на по-голям метрологичен стенд, за което съществува достатъчна инфраструктура в лабораторията по хидравлика
2. Разработване метод за експериментално калибриране на съоръжения с диаметри до 1600 мм., а при необходимост и по-големи чрез приложение на метода за хидравличното моделиране върху мащабно по-малки хидравлично еквивалентни модели..

9. ПУБЛИКАЦИИ НА АВТОРА СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Монеv Е., Р. Маринов, В. Димитров, Водомерни устройства за отпадъчните води в канализационни системи, Трета работна среща с международно участие "Водомерно стопанство", БАВК, С., 2008
2. Монеv Е., Р. Маринов, Monitoring on wastewater discharges in settlements in Bulgaria, Conference BALWOIS, Ohrid, 2008.
3. Монеv Е., Р. Маринов, В. Димитров, А. Ангелов, Реализация на на водомерни устройства за канализационни системи в България, Трета работна среща с международно участие "Водомерно стопанство", БАВК, С., 2008.
4. DEVELOPMENT OF CONTROL MONITORING FOR THE PURPOSES OF INTEGRATED WATER RESOURCE MANAGEMENT OF THE VITOSHA NATURAL PARK

Evelin Monev, Roumen Marinov, Irena Ilcheva, Anna Yordanova
Department of Water Management and Use, National Institute of Meteorology and Hydrology – Bulgarian Academy of Sciences, 66 Tsarigradsko Shose Blvd., Sofia 1784, Bulgaria .

5. TYPIFIED DEVICES FOR MEASURING FLOW RATE AND REGIME MONITORING OF WASTEWATER

Roumen Marinov
Department of Water Management and Use, National Institute of Meteorology and Hydrology – Bulgarian Academy of Sciences, 66 Tsarigradsko Shose Blvd., Sofia 1784, Bulgaria

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодаря на моя научен ръководител проф.д-н инж. Евелин Монеv за помощта, напътствията и съветите, които получавах в процеса на работата , както и за търпението. Специални благодарности към ръководството на НИМХ за цялостната подкрепа , ценните съвети и доверието. Благодаря и на колегите от департамент "Хидрология" за проявеното разбиране и помощта , която безрезервно ми оказаха на всички етапи от моята работа по дисертацията .