فصلنامه تحقیقات مکانیک کاربردی
جلد ۷، شماره ۳ ، زمستان ۱۳۹۴

بررسی دقت کنتورهای مکانیکی آب خانگی در شرایط کاری متفاوت

عبدالهادی مطهری[۱]، هادی کارگر شریف آباد[۲]

[۱]کارشناس ارشد مدیریت اجرایی ، شرکت آبفای استان قم، motahary.313@gmail.com
[۲] استادیار، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران،h.kargar@semnaniau.ac.ir

چکیده

محدودیت منابع و افزایش تقاضای آب و با در نظر گرفتن الزامات توسعه پایدار ، ارائه راهکارهای کارآمد برای مهار کم آبی و الگوی مصرف صحیح ، اندازه گیری مقدار آب مصرفی را در اولویت ویژه ای قرار می دهد . تنوع زیاد کنتورهای مورد استفاده در صنعت آب و فاضلاب ضرورت بررسی دقت آنها را ایجاد کرده است . در این تحقیق ضمن مطالعه تقسیم بندی انواع کنتورهای آب به بررسی سابقه موضع پرداخته و با شناسایی پارامترهای تاثیرگذار در عملکرد کنتورهای مکانیکی در شرایط کاری متفاوت دقت آنها بررسی شده است . نتایج تحقیق نشان داده است که استفاده از کنتورهای مولتی جت[۱] نسبت به کنتورهای سینگل جت[۲] از در طول زمان ، از دقت بالاتری برخوردار است . از دیگر نتایج این پژوهش این است که به کار گیری کنتور های خشک در مناطق با آب با کیفیت شیمیایی پایین مناسب می باشد.

واژه های کلیدی

آب ، کنتور مکانیکی ، سینگل جت ، بررسی دقت.

مقدمه

محدودیت منابع آب بخصوص در کشورمان که از نظر اقلیمی تقریبا کم آب محسوب می گردد و کاهش منابع تجدید شونده افزایش تقاضای آب همه وهمه موجب گردیده تا اهمیت موضوع آب و جایگاه این مایه حیات روز بروز بیشتر شده مدیران مسئولین و دست اندر کاران ذیربط توجه ویژه ای به کنترل مصرف و استفاده بهینه آن معطوف دارند. در همین راستا با در نظر گرفتن الزامات توسعه پایدار(فنی، زیست محیطی ، مالی ، اجتماعی و اداری) و ارائه راهکارهای کارآمد و اثر بخش برای مهار کم آبی و الگوی مصرف صحیح، این مهم را در اولویت ویژه ای قرار می دهد. همانطور که می دانیم به گفته کارشناسان از مجموع میانگین بارندگی سالانه کشور فقط ۲۰درصد آن صرف شرب ، مصارف صنعتی و کشاورزی می شود و ۸۰ درصد ما بقی به دلیل عدم مدیریت منابع آب به دریا سرازیر و یا تبخیر می شود. میانگین بارش سالانه ۲۵۰میلیمتر در سال به نسبت ۷۵۰میلیمتر میانگین بارش در جهان محدودیت منابع آب در ایران را دو چندان می کند[۱] از این رو ضروریست که اندیشمندان متخصصان ، موسسات سازمانها ، و مدیران ارشد مرتبط با مدیریت آب در کشور برای تحقق مدیریت پایدار منابع آب و رسیدن به شاخصهای جهانی گامی جدی و اساسی بردارند.

این امر باعث گردیده باعث گردیده دست اندرکاران بخش آب توجه ویژه ای به کنترل مصرف آب و استفاده بهینه از آن معطوف دارند . مدیریت مصرف آب یکی از شاخه های مدیریت انرژی محسوب می شود و می تواند در مجموعه ای وسیع ،اقدامات موثری را در خصوص الگوی مصرف آب و بهینه سازی آن معمول دارد که نهایتاً منجر به کاهش نیاز انرژی نیز خواهد شد. هدف از مطالعات مدیریت مصرف آب ، شناسایی ومعرفی روشهای مناسب جهت تامین خواسته های مزبور است که قدم اول در این راستا اندازه گیری دقیق مقدار آب مصرفی توسط کنتورهای خانگی می باشد. در این تحقیق عملکرد کنتورهای آب خانگی در شرایط کاری متفاوت مورد بررسی قرار می گیرد. اساساً آنچه در اینگونه مطالعات یعنی بررسی عملکرد کنتور آب مورد توجه قرار می گیرد شناسائی متغیرهای اصلی موثر بر آن می باشد و راهکارهای ابزاری – عملیاتی پیشنهاد خواهد شد. به همین علت، اقدام برای اندازه گیری صحیح مقدار آب مصرفی جهت صرفه‌جویی در مصرف آن نه تنها هزینه‌ها را کاهش خواهد داد، بلکه برای کشور و نسل‌های آینده نیز مفید خواهد بود.

برای اندازه‌گیری میزان سیال در حال جریان از یک مسیر بسته (مانند خط لوله) یا مسیر باز (مانند کانال) با سطح مقطع مشخص، می‌توان از وسایل و تجهیزات گوناگونی استفاده نمود. در رابطه با کنتورهای آب، استانداردهای متعددی توسط سازمان‌های معتبر جهانی نظیر سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)، جامعه اقتصادی اروپا (EEC) و انجمن آب آمریکا (AWWA) منتشر گردیده است. استاندارد ۱۳۴۴ اولین استاندارد ایرانی مربوط به کنتورهای آب سرد آشامیدنی است، که توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سال ۱۳۵۴ تدوین و آخرین تغییرات آن بر پایه استاندارد ISO 4064 در سال ۱۳۷۹ به تصویب رسیده است. طبق تعریف استاندارد OIML R 49 – 1 : 2000 کنتور آب وسیله‌ای است که

[1] Multi- jet
[2] Single- jet

برای اندازه‌گیری مداوم، حفظ و نشان دادن حجم آب عبوری از یک مسیر بکار می‌رود. [۲]

بطور کلی با توجه به شیوه و نوع مکانیزم اندازه گیری، انواع کنتور را می توان در چهار گروه اصلی زیر دسته بندی نمود.

کنتورهای مکانیکی

دبی سنجهای مخصوص

دبی سنجهای استنباطی

کنتورهای مقداری

یکی از متداولترین انواع کنتور برای اندازه گیری آب خانگی ، کنتورهای مکانیکی است که حجم آب را به طور مستقیم اندازه گیری می نماید . در این کنتورها از یک جزء تشخیص دهنده جریان نظیر پروانه یا پیستون متحرک استفاده می‌گردد که میزان حرکت و جابجایی آن متناسب و متأثر از حرکت سیال بوده و با انتقال حرکت از این قطعه و از طریق محور مرکزی به شمارنده، میزان حجم آب عبوری اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. در کنتورهای سرعتی، جزء تشخیص دهنده جریان، توربین یا پروانه‌ای است که در مسیر آب قرار گرفته و توسط نیروی ناشی از حرکت آب بطور آزادانه دوران می‌کند بواسطه حرکت پروانه، حجم آب عبوری از کنتور اندازه‌گیری می‌شود. طراحی پروانه و محفظه مربوطه به گونه‌ای است که بین چرخش پروانه و سرعت جریان سیال تناسب مستقیم برقرار می‌گردد. می توان قسمت‌های تشکیل‌دهنده کنتور را به سه بخش اصلی زیر تقسیم نمود:

۱ ـ بخش اندازه‌گیرنده

۲ ـ بخش شمارنده

۳ ـ بخش نمایش‌دهنده

بخش اندازه‌گیرنده کنتور قسمتی است که وظیفه تبدیل حجم، دبی، سرعت یا وزن آب عبوری به علائم یا سیگنال‌های قابل شمارش را بر عهده دارد. این سیگنال‌ها از طریق مکانیکی و یا الکترونیکی به قسمت شمارنده منتقل و پس از شمارش و پردازش، نتایج حاصل از قسمت نمایش‌دهنده قرائت می‌گردد.

در یک تقسیم بندی ، استاندارد ملی ۱۳۴۴ کنتورهای مکانیکی آب را به دو دسته کنتورهای حجمی و سرعتی تقسیم بندی نموده است. کنتور حجمی دستگاه اندازه‌گیری است که با استفاده از محفظه متحرک در هر گردش مقدار معینی از آب را عبور می دهد حجم آب را اندازه گیری می نماید و کنتور سرعتی دستگاه اندازه گیری است که با برخورد آب به پره‌های توربین و چرخش آن حجم آبی را که از آن عبور می کند اندازه گیری می نماید [۳].

تقسیم بندی انواع کنتور

کنتور های آب را از دیدگاهها و کارکردهای مختلف می توان دسته بندی نمود در ادامه به انواع تقسیم بندی آنها اشاره می شود :

الف) تقسیم بندی کنتورهای آب بر اساس دقت عملکرد و کلاس کاری :

- کنتور کلاس A (دقت کم)

این کنتورها دارای دقت کم در اندازه گیری جریان هیدرولیکی می باشند و دامنه کارکردشان ۶۰ تا ۱۵۰ لیتر بر ساعت می باشد. این بدان معنی است که کنتور مذکور در صورت گذر دهی حداقل ۶۰ لیتر و حداکثر ۱۵۰ لیتر آب در یک ساعت، با یک خطای مورد قبول نتیجه قرائت صحیح را نشان می دهند.

- کنتور کلاس B (دقت متوسط)

این کنتورها دارای دقت متوسط در اندازه گیری جریان هیدرولیکی می باشند و دامنه کارکردشان ۳۰ تا ۱۲۰ لیتر بر ساعت می باشد.

- کنتور کلاس C (دقت خوب)

این کنتورها دارای دقت خوبی در اندازه گیری جریان هیدرولیکی می باشند و دامنه کارکردشان ۱۵ تا ۲۲,۵ لیتر بر ساعت می باشد. عمده کنتورهای خانگی از این نوع می باشد.

- کنتور کلاس D (دقت بسیارخوب)

این نوع کنتورها دارای دقت بسیار خوبی در اندازه گیری جریان هیدرولیکی بوده و دامنه کارکردشان ۱۱,۲۵ تا ۱۷,۲۵ لیتر بر ساعت می باشد

ب) تقسیم بندی کنتورها بر اساس سایز یا اندازه :

به طور کلی می توان کنتورها را بر اساس سایز یا اندازه آن ها به دو گروه زیر تقسیم بندی نمود.

- کنتورهای سایز پایین (خانگی)

معمولا کنتورهای با سایز کمتر از ۵۰ میلی متر (۲اینچ) را سایز پایین یا خانگی می نامند .

- کنتورهای سایز بالا (حجیم)

کنتورهای با سایز ۵۰ میلی متر و بیشتر را حجمی می نامند.

ج) تقسیم بندی کنتور های آب بر اساس تماس قطعات با آب :

کنتورها بر اساس چگونگی تماس قطعات با آب می توان به سه گروه زیر تقسیم بندی نمود:

- کنتورهای تر

چنانچه کلیه قطعات داخلی با آب در تماس باشند ، کنتور نوع تر است .

- کنتورهای نیمه تر یا نیمه خشک

اگر به جز بخش شمارنده بقیه قطعات بقیه قطعات با آب در تماس باشد ، کنتور نوع نیمه خشک است .

- کنتورهای نوع خشک

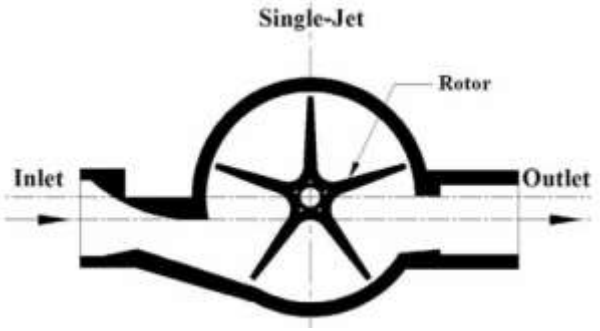
اگر فقط پروانه با آب در تماس باشد کنتور ، از نوع خشک است .

د) تقسیم بندی کنتور های آب بر اساس برخورد آب با پروانه :

- کنتورهای تک افشانه[۳]

اگر آب از یک جهت به پروانه برخورد نماید کنتور تک افشانه نامیده می شود . در شکل ۱ شماتیک و در شکل ۲ برش خورده این نوع کنتور نشان داده شده است.

[3]Single - jet

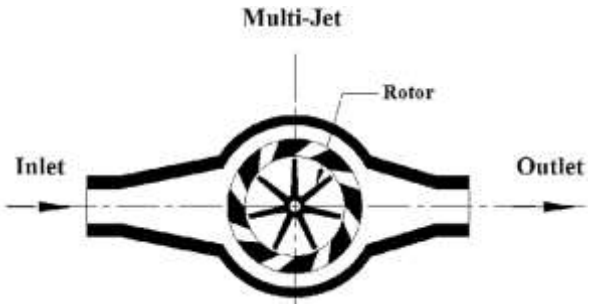


شکل ۱:شماتیک کنتور تک افشانه

شکل ۲:عکس برش خورده کنتور تک افشانه

- کنتور چند افشانه[۴]

در صورتی که آب از چند روزنه به پروانه کنتور برخورد کند ، کنتور چند افشانه نامیده می شود . در شکل ۳ شماتیک و در شکل ۴ برش خورده این نوع کنتور نشان داده شده است.



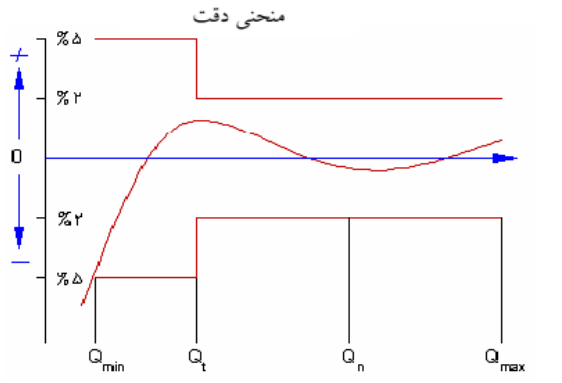
شکل ۳:شماتیک کنتور چند افشانه

شکل ۴:عکس برش خورده کنتور چند افشانه

کنتورهای تک افشانه نسبت به کنتورهای چند افشانه در سرعتهای کمتر آب شروع بکار می کنند در صورتیکه کنتورهای چند افشانه مقاومت بیشتری نسبت به ضربات دینامیکی از خود نشان می دهند و در طول زمان دقت خود را حفظ می نمایند .

کنتور های آب از دیدگاه دقت اندازه گیری

دقت هر کنتور توسط دستگاه تست استاندارد با رسم منحنی مشخصه یا منحنی دقت[۵] تعیین می شود .



شکل ۱ : منحنی دقت کنتورهای آب

محور افقی ، دبی یا مقدار جریان می باشد که حاصل تقسیم حجم آب عبوری بر زمان است . محور عمودی خطای کنتور را برحسب درصد نشان می دهد . از روی این منحنی علاوه بر تعیین کلاس کنتور ، می توان شرایط عمومی عملکرد آن را نیز تعیین نمود .

شرایط نصب و نگهداری کنتورهای آب خانگی

کنتور آب یکی از وسایل ابزار دقیق است که توجه به نصب و نگهداری صحیح آن موجب بهره‌گیری طولانی مدت و کارکرد بهینه آن خواهد شد.

با توجه به مشخصات آب و شبکه مورد نظر (اعم از حداقل دبی عبوری، حداکثر فشار کاری، سختی آب، ذرات معلق و ماکزیمم درجه حرارت آب) بخش عمده‌ای از مشکلات کنتور مربوط به نحوه نصب، نگهداری و بهره‌برداری از کنتور می‌باشد. در این ارتباط توجه به موارد ذیل ضروری است.

۱- قبل از نصب کنتور باید از سالم بودن پلمپ، وجود فیلتر و عدم ذرات خارجی در محل اتصال اطمینان حاصل نمود. توصیه می‌شود قبل از نصب، مقداری آب با فشار زیاد از لوله عبور داده شود.

۲- محل نصب باید به شکلی انتخاب گردد که اولاً کنتور را از یخزدگی مصون دارد، ثانیاً در حد امکان از خالی شدن کنتور از آب جلوگیری نماید، ثالثاً تا حد ممکن مانع از فشارهای ضربه قوچ شود.

۳- کنتورهای سرعتی باید بصورت افقی نصب گردد، بطوری که صفحه شمارنده رو به بالا باشد. هرگونه انحراف کنتور از حالت افقی

[4] multi – jet

[5] Accuracy Curve

باعث کاهش دقت کاری این وسیله می‌شود. (نصب کنتورهای حجمی از این قاعده مستثنی می‌باشد).

۴- به منظور جلوگیری از برگشت آب خروجی بخصوص ورود آب گرم به داخل کنتور، نصب شیر یکطرفه بعد از کنتور ضروری است.

۵- از پرتاپ نمودن و ضربه زدن به کنتور اجتناب شده و در هنگام نصب به هم جهت بودن فلش حک شده روی کنتور و جهت جریان آب توجه گردد.

۶- پس از نصب کنتور و به منظور تخلیه کامل هوای داخل آن باید آب را به تدریج از کنتور عبور داد.

۷- در صورت رعایت نکات توصیه شده متوسط عمر مفید کنتور حدود پنج سال می‌باشد، به همین دلیل لازم است پس از گذشت زمان مربوطه کنتور مورد تعویض قرار گیرد.

با توجه به مطالب فوق لازم است کنتور آب بعنوان یک ابزار دقیق بطور صحیح در مسیر لوله آب مصرفی نصب و بهره برداری شود. در ادامه برخی از مشخصات کلی دبی سنجها آمده است که خود می تواند معیاری جهت بررسی عملکرد صحیح کنتورهای آب از جمله از نوع توربینی قرار گیرد [۴].

بررسی سابقه موضوعی

مطالعات کمی به صورت تئوری روی جریان سنج توربینی انجام و یا منتشر شده است که در اینجا چند نمونه از این مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است. در یکی از کارهای تحقیقاتی که توسط ژن در سال ۱۹۸۸ انجام گردید، جریان سنج توربینی از نوع مماسی شبیه سازی شد که هدف آن بررسی تغییرات دبی بر روی ضریب جریان سنج و همچنین نیروی گشتاور تولید شده توسط توربین در جریان سنج توربینی با استفاده از شبیه سازی CFD است[۵]. نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان می دهد که تغییرات دبی بر ضریب جریان سنج تاثیر چندانی نداشته و تابعیت ضریب جریان سنج بر حسب دبی تقریبا خطی است. یکی دیگر از کارهایی که انجام شده تخمین ضریب جریان سنج توربینی نوع محوری با استفاده از شبیه سازی عددی توسط چن در سال ۲۰۰۸ می باشد.[۶]. در این مطالعه نیز تاثیر تغییرات دبی روی ضریب جریان سنج بررسی شده است. نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان می دهد که تغییرات دبی بر ضریب جریان سنج تاثیر چندانی نداشته و فقط در دبی های پایین که خارج از محدوده اندازه گیری جریان سنج است ضریب جریان سنج تغییر می کند. در یکی دیگر از کارهای انجام شده اثر کاوک زایی بر ضریب عملکرد جریان سنج توسط چن انجام شده است[۷]. نتایجی که از این مطالعه بدست آمد نشان می دهد که پدیده کاویتاسیون بر عملکرد و دقت جریان سنج تاثیر زیادی دارد و باید در طراحی ها تا جایی که امکان دارد از بوجود آمدن این پدیده جلوگیری کرد. در مطالعاتی که تاکنون بر روی شبیه سازی CFD جریان سنج توربینی انجام شده، اثر پارامترهای عملیاتی مختلف از جمله دما (با توجه به تغییرات فصلی دما در شرایط بهره برداری از جریان سنج)، دبی و تغییر نوع نفت بر روی ضریب اندازه گیری جریان سنج بررسی نشده است در حالیکه این عوامل تاثیر زیادی بر روی دقت اندازه گیری جریان سنج دارد[۸و۹].

پارامترهای تاثیرگذار در عملکرد کنتورها در شرایط کاری متفاوت

کنتورهای آب خانگی در شرایط کاری متفاوت تحت تاثیر پارامترهای مختلفی قرار دارند که هر یک بر عملکرد کنتور و دقت اندازه گیری آن تاثر می گذارد . در این بخش به بررسی این پارامترها پرداخته می گردد :

- کیفیت شیمیایی و فیزیکی آب

علی رغم اینکه تمامی کنتورهای مکانیکی دارای فیلتر است ولی این فیلتر ها تنها مواد معلق را حذف نموده و املاح محلول به مرور روی جداره های داخلی و قطعات رسوب می نماید و منجر به کند شدن حرکت چرخ دنده های متحرک می شود لذا در چنین شرایطی (بویژه در آبهای سخت و رسوب گذار) استفاده از کنتورهای خشک توصیه می شود .

- شرایط هیدرولیکی آب در محلی که کنتور نصب می شود

منظور از شرایط هیدرولیکی آب به معنای یکنواختی یا آشفتگی آب در مسیر عبور جریان از کنتور می باشد . چنانچه آشفتگی جریان در اثر تغییر مسیر ناگهانی (زانویی در مسیر یا شیر نیمه بسته و غیروه) ایجاد گردد باعث کاهش دقت در اندازه گیری خواهد شد . که بایستی نسبت به آرام سازی جریان با لوله هم سایز و صاف به طول حداقل ۵ برابر قطر اقدام نمود .

دیگر عوامل تاثیر گذار بر عملکرد کنتورها عبارتند از :

- حداکثر و حداقل درجه حرارت کاری کنتور
- حداکثر فشار کاری کنتور
- اندزه دهانه های ورودی و خروجی کنتور یا سایز کنتور
- طول کنتور
- دقت کاری یا کلاس کنتور
- افت فشار ناشی از وجود کنتور در شبکه
- طول عمر کنتور

نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی اجمالی مبانی کنتورهای آب و به ویژه کنتور های آب مکانیکی و سایز پایین که در مصارف خانگی کاربرد دارند ، پرداخته شد . در ادامه ضمن مرور سوابق تحقیقاتی انجام شده براین موضوع تاکید شد که ضریب اندازه گیری دبی جریان آب تابع شرایط و عوامل موثری است . سپس با برشمردن این عوامل شامل پارامترهای شیمیایی آب ، نوع

کنتور بر اساس برخورد با پروانه ، شرایط هیـدرولیکی جریـان و ... به نتایج زیر دست یافتیم :

۱- در مناطقی از کشور که کیفیت شیمیایی آب از هدایت الکتریکی بالایی برخوردار است (املاح بالا و مـواد محلـول بـالایی اسـت) استفاده از کنتورهای خشک که مکانیزم کنتـور بـا آب درگیـری نیست توصیه می شود .

۲- از آنجا که در برخورد آب با پروانه های کنتورها ی تک افشانه ای ضرباتی دینامیکی بر مکانیزم وارد می شود لذا برای افزایش دقت کنتور در طول عمر کنتور استفاده از کنتور های چند افشـانه ای موثر تر خواهد بود .

۳- محل نصب کنتورها باید مطابق دستور العمل های کارخانه های سازنده باشـد و خصوصـا از شـرایط ایجـاد آشـفتگی جریان پرهیز گردد . بدین منظور با تمهیداتی می توان بـه جریان یکنواخت دست یافت .

۴- در پایان به آینده پژوهان توصیه می شود با ساخت پایلوت های آزمایشگاهی و مطالعات میدانی تـاثیر شـرایط کـاری متفاوت از قبیـل وجـود پمپهـا در شـبکه آبرسـانی و ... را مورد بررسی قرار دهند .

مراجع

[۱]. یونسلو،صادق، اصلاح الگوی مصرف آب، پژواک فرهنگ، چاپ اول ۱۳۸۸.

[2]. OIML R 49-1 (E) Edition 2000 - Organization International Water meters intended for the metering of cold potable water.

[۳]. کنتورهای آب ”موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، برای مصارف خانگی و صنعتی تا بده (دبی) ۳۰ متر مکعب در ساعت“، استاندارد شماره ۱۳۴۴ ، چاپ اول.

[۴]. تیم کارشناسی شرکت آبفر ، آشنایی با کنتور آب و شرکت آبفر ، شرکت آبفر ، چاپ چهارم ، مرداد ۱۳۹۰ .

[5]. Zhen W .,“Computational study of the tangential type turbine flowmeter's”, Flo w Measurement and Instrumentation.,19, pp. 233-239,1998.

[6]. Chen G., Prediction on meter factor of the turbine flow meter with unsteady numerical simulation, ASME Fluids Engineering Conference., Florida, USA, 2008.

[7]. Chen G., Prediction on meter factor of the turbine meter considering the effects of cavitation, ASME Fluids Engineering Conference., Colorado, USA, 2009.

[8]. Zhu H.P., Xiao G.X., Zhou Z.Y., Yu A. B.,Xu D. .Numerical simulation of the interaction forces between turbine meter and particles in a standpipe”, pp.193 -199,Granular Matter, 2004.

[9]. Sun L., Zhang T., Zhou Z., Numerical simulation of turbine flowmeter’s three-dimensional flow fields, Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation., Dalian, China, 2006.