

Автоматтандыру процестеріне арналған өлшеу технологиялары

Андерс Андерсон



CRC Press

Taylor & Francis Group

Boca Raton London New York

CRC Press is an imprint of the
Taylor & Francis Group, an **informa** business

ӘОЖ 681.2
ҚБЖ 32.96
А65

(каз)

«CRC Press»

Taylor & Francis Group

6000 Броукен Саунд Парквей Нью-Йорк, сыот 300 Бока-Ратон, Флорида 33487-2742

© 2017 «Taylor & Francis Group» ЖШҚ

«CRC Press» - «Тэйлор & Фрэнсис» компаниясының импринті, ақпараттық бизнес. АҚШ үкіметінің түпнұсқа жұмыстарына наразылықтар жоқ
Коррозияға төзімді қағазда басып шығарылған

Халықаралық стандартты кітап нөмірі-13: 978-1-1380-3539-3 (жұмсақ мұқабадағы кітап)

Бұл кітап сенімді және құрметті дереккөздерден алынған ақпаратты қамтиды. Шынайы деректер мен ақпаратты жариялау үшін көп күш-жігер жұмсалды, бірақ автор мен баспагер барлық материалдардың шынайылығы немесе оларды пайдалану салдары үшін жауапкершілікті өзіне ала алмайды. Авторлар мен баспагерлер осы жарияланымда көрсетілген барлық материалдардың құқық иеленушілерін қадағалауға және егер осы нысанда жариялауға рұқсат алынбаса, құқық иеленушілерден кешірім сұрайды. Егер авторлық құқықпен қорғалған қандай да бір материал келісілмеген болса, біз болашақ кез келген қайта басып шығару кезінде түзете алуымыз үшін бізге хабарласып, жазуыңызды сұраймыз.

АҚШ-тың авторлық құқық туралы заңнамасында рұқсат етілген жағдайларды қоспағанда, осы кітаптың ешбір бөлігі қазіргі уақытта белгілі немесе болашақта ойлап шығарылған кез келген электрондық, механикалық немесе басқа да құралдармен, соның ішінде фотокошіру, микрофильмдеу және жазу немесе баспагерлердің жазбаша рұқсатынсыз кез келген ақпараттық немесе іздеу жүйесінде қайта басыла алмайды, жаңғыртыла алмайды, табысталмайды немесе кез келген нысанда пайдаланыла алмайды.

Осы жұмыстың материалдарын электрондық түрде пайдалану немесе көшірмелеуге рұқсат алу үшін, өтінішті www.copyright.com (<http://www.copyright.com/>) сайтына жүгінуге немесе Тіркелген корпорация, Авторлық құқықтарды тексеру орталығына (АҚТО), 222 Роузвуд Драйв, Данверс, Массачусетс 01923, 978-750-8400 сұраным жіберсеңіз болады. АҚТО түрлі пайдаланушылар үшін лицензия беретін және тіркеуді жүзеге асыратын коммерциялық емес ұйым болып табылады. АҚТО фотокошіруге лицензия берген ұйымдар үшін жеке төлем жүйесі ұйымдастырылған.

Тауар белгісі туралы хабарлама: Өнім немесе фирмалық атаулар сауда белгілері және/немесе тіркелген сауда белгілері болуы мүмкін және құқықтарды бұзу ниетінсіз тек сәйкестендіру және түсіндіру үшін ғана пайдаланылады.

АҚШ Конгресі Кітапханасының библиографиялық жазбасы

Есімдері: Андерссон, Андерс (метролог), автор.

Атауы: Процестерді автоматтандыруға арналған өлшеу техникасы / Андерс Андерссон.

Сипаттамасы: Бока-Ратон: Taylor & Francis, CRC Press, 2017. |

Библиографиялық сілтемелерді қамтиды.

Сәйкестендіргіштер: LCCN 2017000309 / ISBN 9781138035393 (қатты мұқабада: корроз.қарсы қағаз) / ISBN 9781315267913 (Электрондық кітап)

Пәндер: LCSH: Химиялық процесті басқару-автоматтандыру. / Шығын өлшегіш. / Қысымды өлшеу. / Температураны өлшеу.

Жіктелуі: LCC TP155.75 .A55 2017/DDC 660/.2815--dc23 LC деректер

<https://lccn.loc.gov/2017000309>-де қолжетімді

Taylor & Francis <http://www.taylorandfrancis.com> веб-сайтына және «CRC Press» <http://www.crcpress.com> веб-сайтына кіріңіз

ISBN: 978-601-333-690-9

(каз)

Мазмұны

Алғысөз	xi
Алғыс білдіру	xiii
Кіріспе	xv
1. Пайдалану үлгісі	1
Процесті жобалау	1
Араластыру және мөлшерлеу.....	2
Үздіксіз араластыру.....	4
Толтыру.....	6
Термиялық өңдеу	8
Түгендеу.....	9
Сатып алу және сату (өнімді тұтынушыға беру).....	11
Айырмашылықты өлшеу (таза салмағы) / Ағып кетуді анықтау.....	13
Ауаны баптау/ Салқындату	15
Үрлеу.....	16
Құю құрылғысы	18
Шашыратқыштар.....	19
Целлюлоза-қағаз ағыны.....	20
Суспензия ағыны	21
Криогендік ағын	22
Ағынды сулар ағыны	24
Жылу қуаты	24
Бу ағыны	26
2. Ағын	29
Негізгі ережелер.....	29
Өлшеу қағидаты.....	31
Индуктивті шығыс өлшегіштері	34
Ультрадыбыстық шығын өлшегіштері	36
Жаппай шығын өлшегіштер	37
Көлемді шығын өлшегіштер	39
Турбиналық шығын өлшегіштер.....	39
Дифференциалдық шығын өлшегіштер	40
Ротаметрлер	42
Құйынды шығын өлшегіштер	43
Жылу шығын өлшегіштері	43
Қондырғыға қойылатын жалпы талаптар	44
Ретке келтіру және тексеру	45
Стандартты көлем.....	47

Таразы сыйымдылық	48
Сынақ құралы	48
Бақылау шығын өлшегіштері	48
Трейсерлер.....	48
Қосымша әдебиет.....	49
 3. Қысым.....	51
Негізгі ережелер.....	51
Қысымды өлшеу бірліктері.....	52
Өлшеу әдістері	53
Өлшеу құралдары.....	53
Өлшеуіш түрлендіргіштер	53
Ретке келтіру және тексеру.....	57
Қосымша әдебиет.....	58
 4. Температура	59
Негізгі ережелер.....	59
Өлшеу әдістері	59
Шыныдағы сұйықтық.....	59
Pt-100	60
Терможұп	61
Инфрақызыл термометрлер.....	61
Орнату	62
Құбырларды орнату	62
Ретке келтіру және тексеру.....	63
Салыстыру.....	63
 5. Деңгей.....	65
Негізгі ережелер.....	65
Өлшеу қағидаты	65
Қалтқы	66
Ультрадыбыстық жаңғырық	66
Радиолокациялық өлшеуіштер	67
Қысым датчиктері.....	67
Өткізгіштік датчиктері.....	68
Таразы.....	68
Деңгей өлшегішті шолу	70
Ретке келтіру және тексеру.....	71
 6. Кірістірілген талдау	73
Химиялық өлшемдер	73
pH.....	74
Өткізгіштік	74
Лайлылық	75
Тұтқырлық.....	75

Тығыздық және концентрация	76
7. Электр сигналдары	77
Сигнал жіберу	78
Ұқсас сигналдар.....	79
HART.....	81
Импульс / жиілік сигналдары.....	82
Контроллерлер.....	84
Жүргізілген есептеулер	86
Желілендіру	87
Гальваникалық бөлу	87
Аналогтық түрлендіруге импульс жиілігі	87
Жанама-тосқауылдар	87
Сұйықтық пен газ жылу энергиясы	88
Стандартты көлем.....	89
Жылулықтың ұлғаюы	89
Кестелер мен стандарттар	90
Ретке келтіру	90
Жүйелер мен құрылымдардың сызбалары	90
8. Клапандар, сорғылар және құбырлар.....	93
Клапандар	93
Бақылау клапандары.....	93
Сорғылар.....	94
Сақтандырғыш клапан.....	95
Құбырлар мен жалғамалар.	95
Фланецтер	96
Бұрандалы қосылыстар.....	96
Арнайы қосылыстар	97
Кавитация.....	97
9. Қауіпсіздік.....	99
Электр қауіпсіздігі.....	99
IP-номиналды корпустар	100
Электр кедергілері (ЭМУ).....	100
Қысым қауіпсіздігі	102
Материалдың қасиеттері	103
Коррозия	103
Қауіпті аймақтар	104
Өрт қауіпсіздігі	104
Тәуекелді бағалау	105
электр қауіпсіздігі.....	105
Электростатикалық разряд	107

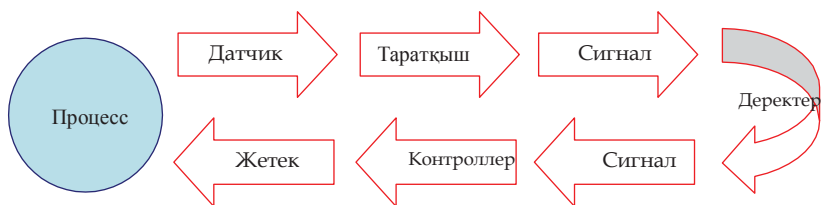
Функционалдық қауіпсіздік.....	107
Толық қауіпсіздік деңгейі.....	108
Қауіпсіздікті арттырудың дәстүрлі тұжырымдамалары.....	108
Қосымша әдебиет.....	109
10.Ретке келтіру және бақылау.....	111
Өлшеулеріңіз қаншалықты дәл?.....	111
Ретке келтіру	111
Ретке келтіру тәртібі	113
Қадағалау.....	113
Тұжырымдама	114
Қателік	114
Қайталануы.....	115
Дәлдік	115
Анықталмаған жағдайлар	115
Салыстыру.....	115
Сәйкестікті бағалау	116
Сигналдық ілмектер	116
Қосымша әдебиет.....	117
11.Өлшеу қателігі.....	119
Сандар.....	119
Сәйкестікті бағалау	120
Салыстыру.....	120
Процесті басқару.....	121
Анықталмаған жағдайлар	121
Кездейсоқ немесе жүйелі.....	122
Үлгі	124
Қосымша әдебиет.....	126
12.Метрология негіздері	127
Тарихы	127
Салмақ пен шамалар	127
Халықаралық бірлік жүйесі	128
Кең ауқымды қолданылатын басқа да қондырғылар.....	130
Масса	130
Көлем	131
Ұзындық пен аудан	131
Күш, қуат және энергия	131
13.Метрология әлемі.....	133
Ұйымдар.....	133
Африкаішілік метрологиялық жүйе	133

АҚШ Ұлттық стандарттау институты	133
АНИ.....	134
Оңтүстік-Шығыс Азия мемлекеттерінің қауымдастығы	134
Американдық инженер-механиктер қоғамы.....	134
Халықаралық өлшем және салмақ бюросы	134
Британдық өлшеу және тестілеу қауымдастығы.....	134
Колорадо инженерлік тәжірибе станциясы	134
Неміс стандарттар институты	134
ЕА-Еуропалық аккредиттеу жөніндегі кеңес	135
Стандарттау, метрология және сертификаттау жөніндегі Еуропалық кеңес ...	135
ХБ-халықаралық бағалау.....	135
ЕКС.....	135
Еуропалық ұлттық метрологиялық институттар қауымдастығы.....	135
Парсы шығанағы елдерінің ынтымақтастығы жөніндегі кеңесі-Стандарттау жөніндегі дүниежүзілік ұйым	135
МЕМСТ	135
Зертханаларды аккредиттеу саласындағы ынтымақтастық жөніндегі халықаралық ұйым	136
Өлшеу бойынша халықаралық конференция	136
Халықаралаық стандарттау ұйымы.....	136
Химия өнеркәсібіндегі өлшеу және басқару технологияларына арналған Германия стандарттау жөніндегі қауымдастығы	136
Стандарттау және технология ұлттық институты	136
Заңнамалық метрология жөніндегі халықаралық ұйым.....	136
Америкааралық метрологиялық жүйе	136
Заңнамалық метрология бойынша батысеуропалық ынтымақтастық.....	137
Сұйықтық ағыны бойынша жұмыс тобы	137
Глоссарий.....	139
Қосымша	149
Индекс	173

Алғысөз

Бұл кітапты жазу және жазу стилі кезіндегі менің ойым соңынан бастау болатын. Егер алдымен оқырманға нәтижелерді көрсетсе, ол көбірек ынта білдіруі мүмкін, менің ойымша, энтузиазм-жақсы нәтижелерге жетудің ең жақсы тәсілі болып табылады.

Сонымен, бірінші тарауда Сіз осы кітапта сипатталған нәрселерді зерттей отырып, қол жеткізуге болатын мысалдарды табасыз. Мәтін жеткілікті қолданбалы және өлшеу құралдарымен тәжірибелік жұмысқа бағытталған. Іргелі физика және математика бойынша қосымша ақпарат алу үшін басқа жарияланымдарға сілтемелер бар. Сіз өз өлшеулеріңізге байланысты мәселенізге қарай мысалды іздеуден де бастай аласыз. Осылайша, Сіз жұмыс істеп жүрген салаңызда мұның маңызы болмауы да мүмкін. Мысалы, араластыру процесінде өлшеу және бақылау қиындықтары маймен, тамақпен немесе ағынды сулармен жұмыс жасасаңыз да, көп жағдайда бірдей. Осыдан кейін Сізге кітаптың нақты бөлігіне көшуге болады. Мысалы, Сізге температураны өлшеу қажет болса, Сіз белгілі бір тарауда температура құралын таңдау, орнату және қолдау туралы ақпаратты таба аласыз. Содан кейін электр сигналдары мен қауіпсіздік бөлімдерін қоса алғанда, барлық өлшем түрлеріне ортақ қызығушылық білдіретін бірнеше тараулар бар. Келесі қадам-өлшеу қателігінің қаншалықты үлкен екенін анықтау және бұл ретке келтіру мен өлшеу қателіктері туралы тарауларда сипатталған.



Жақсы өлшеу нәтижелеріне жету үшін, басқаша айтқанда, біз процесті төрт бөлікке бөле аламыз:

1. Құралдың өзі. Датчиктер, жабдық және бағдарламалық жасақтама жұмыс күйінде және функционалдық жарамды болуы тиіс. Дәлдігі, басты параметрі және ретке келтіру қолайлы өлшеу қателіктерімен қолдануға бейімделуі тиіс.

2. Қондырғы және қоршаған орта. Құрылғыны дұрыс орнатыңыз. Нұсқаулықты оқып, маркетингтік материалдарда «уәде беруден» сақтаныңыз. Жақсы нәтижелер бөлшектер туралы ойлануыңызды талап етеді! Температура мен қысым сияқты шамалар (процесте де, қоршаған ортада да) нәтижеге әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар діріл, электр кедергілері, электромагниттік сәулелену және ылғалдылық әсер етуі мүмкін.

3. Қауіпсіздік. Тексеріңіз де, құрылғының қауіп төндірмейтініне көз

жеткізіңіз. Сонымен қатар, аталмыш қызметті орнату және функционалдығын қоса алғанда, көптеген аспектілерді қамтиды.

4. Желі. Өлшеу нәтижесі қабылдағышқа қалай беріледі? Бұл қолмен санау, аналогтық сигнал немесе сандық деректер шинасы болып табылатындығына қарамастан, әрқашан ескерілуі тиіс заттар және қосымша белгісіздіктер бар, олардың (кейде) алдын алуға да болады.

Бұл кітап Сізге пайдалы болады және оның жақсы әрі сенімді өлшеу деректерін алу үшін көмегі тиеді деп үміттенемін.

Осы кітапқа тек нақты және дұрыс ақпаратты қосу үшін барлық күш-жігер жұмсалды. Дегенмен, мәтін қателерді жоққа шығармайтынына кепілдік жоқ. Автор әзірлеген деректер мен қорытындылар зерттеусіз пайдалану үшін арналмаған. Автор, редактор және баспагер осы кітапта ақпаратты пайдалану нәтижесінде пайда болған қателіктер үшін жауапты болмайды. Оқырмандар әрдайым заңнама талаптарын, жергілікті ережелер мен өндірушінің орнату, пайдалану немесе техникалық қызмет көрсету жөніндегі кез келген жұмыстарға қатысты ұсынымдарын сақтауы тиіс.

Мәтіндер мен мысалдар негізінен СИ бірліктерінде, ал сілтемелер басқа бірліктерде беріледі. Үтір («,») белгісі ондық бөлгіш ретінде қолданылады, ал бос орын мың (1 000 000) дегенді білдіреді.

Алғыс білдіру

Мен алғаш рет мектеп жобасы кезінде Volvo Cars шығын өлшегіштермен жұмыс істей бастадым. Бұл қызықты болды. Мектептен кейін мен жоба туралы есепті Швецияның SP Technical ғылыми-зерттеу институтында метрология бөліміне жұмысқа қабылдау кезінде ұсыныс ретінде пайдалана алдым. Бірнеше жылдан кейін мен шведтік өңдеу өнеркәсібі үшін құралдарды жеткізетін, Gustaf FAGERBERG AB жеке компаниясындағы жаңа лауазымға ауыстым. Осы уақыт ішінде мен бүкіл әлем бойынша әртүрлі мектептерде, институттарда, компанияларда және салаларда өлшеу техникасын зерттедім. Осы жылдар бойы мен кездескен әрбір жанға алғыс білдіремін, бүгінде мендегі бар білімге солардың әрбіреуі үлес қосты. Барлығына рахмет! Көрсеткені қолдауы үшін миссис Керстин Маттиассонға (SP, Швеция), Кристер Столт мырзаға (SP, Швеция), доктор Масакі Такамотоға (Токио Keiso, Жапония), д-р Фридрих Гофманға (KROHNE компаниясы, Германия), Бенгт Фредрикссон мырзаға (Fagerberg, Швеция), Питер Расселге (Evaluation International, Ұлыбритания), доктор Йошия Тераоға (NMIJ, Жапония), Мистер Пер-Ола Олссонға (E-O, Швеция), д-р Жан-Мелани Фавенекке (EDF, Франция), д-р Джон Райтка (NIST, АҚШ), доктор Джинн-Аур Шоуға (CMS/ITRI, Тайвань) және профессор Роджер Бейкерге (Кембридж университеті, Ұлыбритания) алғыс білдіргім келеді. Соңында, ағылшын тілінде осындай кітап жазу оңай болмағандықтан, жазуға көмек көрсеткені үшін Тим Эннис мырзаға (Horizon Nuclear Power, Ұлыбритания) алғыс айтқым келеді.

Бұл процестерді өлшеу технологиясы туралы кітап. Басқаша айтқанда, мұнда құбырлар мен сыйымдылықтардың ішінде не болып жатқанын анықтауға арналған шаралар мен жабдықтар қарастырылады. Осындай ақпаратты алу үшін бізге шығын өлшегіштер, қысым датчиктері, деңгей датчиктері және түрлендіргіштер сияқты құрылғылар қажет. Егер жиналған ақпараттың дұрыстығына қатаң талаптар қойылса, онда оны кішігірім қателікпен өлшеу керек, ал үдерістердің көпшілігінде шынайы деректер өнімнің жақсы сапасына теңестіріледі. Көптеген өндірушілер анағұрлым жоғары (немесе, кем дегенде, тұрақты) сапаға қол жеткізуге тырысқандықтан, көптеген процестер мейлінше аз белгісіздіктерді талап етеді, ал бұл жақсы өлшемдердің қажеттілігіне әкелетін даму болып табылады! Бұл міндетті түрде ең жақсы және қымбат құралдарды білдірмейді, себебі нәтиже орнату, таңдалған өлшеу қағидатының жарамдылығы, қоршаған орта және қайта есептеу сияқты басқа параметрлерге байланысты болады. Бұл кітап осының барлығы туралы. Өлшеу жүйесін қалай растау қажет, қандай датчиктер таңдау, оларды қайда жеткізу және алынған нәтиженің шынайылығын қалай бағалау қажеттігін біліңіз. Кітап өлшеу шешімдеріне, орнатуға және электр сигналдарына арналатын болады. Егер Сіз процестерді автоматтандырумен, өлшеу техникасымен, процестерді жобалаумен, аспаптарға қызмет көрсетумен немесе сапаны қамтамасыз етумен жұмыс істесеңіз, бұл кітап Сіздің күнделікті жұмысыңызға көмектеседі және қиындықтарыңызді шешуге көмектеседі деп үміттенемін.

Сипатталған заттардың көпшілігі бүкіл әлемде дұрыс және көп жағдайда, халықаралық стандарттарға негізделген. Сонымен қатар, кейбір жергілікті сілтемелер мен ресурстар 13-тарауда көрсетілген.

Андерс Андерсон
Ридбохолм, Сверидж

Тим Эннис
Ағылшын редакторы

Жаңартуларды, мысалдар мен қосымша ақпаратты
www.measurement.academy сайтынан табуға болады.

Пайдалану мысалдары

Әрқашан есіңізде болсын, қауіпсіздік бірінші орында болуы тиіс! Бірақ егер тестілеу қауіпсіз болса, Сіз жұмыс істейтін өлшеу немесе басқару жүйесінің симуляциясын нақты процесті іске қосқанға дейін орындауға тырысыңыз. Сынамалар мен қателер әдісі оқытудың ең жақсы және ең тиімді тәсілі болып табылады. Сондықтан бұл қауіпсіз болса, нақты әлемде өз идеяларыңызды жүзеге асыруға болады. Сондықтан осы кітаптың бірінші тарауы тәжірибелік қондырғыларға, технологиялық сызбаларға, басқару контурына және өлшемдер мен датчиктердің үлгілік қондырғыларына арналған.

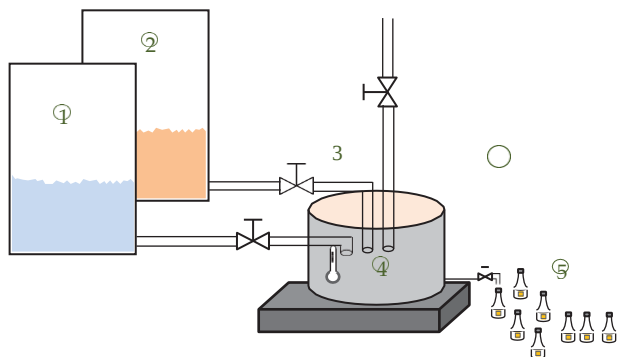
Бұл Сізге шабыт пен жаңа білім береді деп үміттенемін! Бұл процестерді өлшеу технологиясы туралы кітап. Бұл қысым, температура, деңгей, шығын және кейбір басқа да өлшемдерді қамтиды. Құбырлар мен сыйымдылықтарда өтетін процестерге баса назар аударылады. Біз өлшеу әдістерін, жабдықты, орнатуды, қызмет көрсетуді және ең бастысы, ретке келтіруді және бақылау жұмысын талқылаймыз.

Қауіпсіздік әрқашан бірінші орында болуы қажет! Технологиялық құбырлар мен сыйымдылықтарда жоғары қысымдағы ыстық улы заттар болуы мүмкін. Қауіпсіздік ережелерін сақтаңыз, қауіпсіздік құралдарын пайдаланыңыз және кеңестер мен нұсқауларды тыңдаңыз.

Процесті жобалау

Жеміс шырынын өндіретін фабриканы елестетіңіз. Бұл үдерісте зауытта жұмыс істейтін адамдар тазартылған, жуылған және пісірілген жемістерді пайдаланады. Содан кейін жеміс концентратын сумен және қантпен араластырады. Ақырында, шырын оралады және бөлінеді. Бұл өте қарапайым процесс, оны сондай-ақ ас үйде де жасауға болады. Фабрикада жасап жатқан заттың барлығын Сіз ас үйдің өзінде де жасайсыз, бірақ біз шырынды көп мөлшерде және өнеркәсіптік жолмен жасауға тырысамыз. Әрине, мұндай процесті құру кезінде, әсіресе тағамдық және гигиеналық талаптар туралы көптеген пікірлер болады. Бірақ қазір, осы кітаптың қалған бөлігіндегідей, біз өнімдерді араластыру, тасымалдау және тарату, сондай-ақ осы процестерді қалай бақылау және өлшеуге байланысты өлшемдер мен қиындықтарға назар аударамыз.

Мысалы, 1.1-суретте екі сыйымдылық бар: біреуі жеміс концентратымен (2), екіншісі қантпен (1). Өнімдер жаңа сыйымдылыққа (4) айдалады, онда олар сумен араласады (3) және қыздырылады. Бөтелкелерді дайындау аяқталғаннан кейін (5) шырынмен толтырылады. Осының барлығын қозғалысқа келтіру үшін өлшеу тізбектерінің төрт түрлі процесі қажет. Біріншіден, біз қадағалағымыз келеді



1.1-сурет

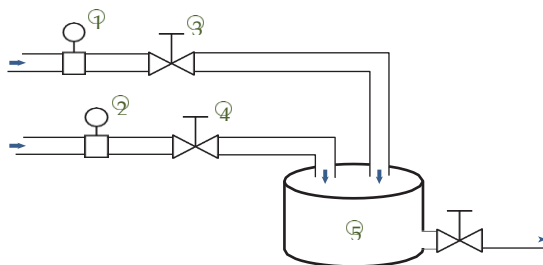
Араластыру және мөлшерлеу.

(1) және (2) сыйымдылықтарда қанша материал қалды. Содан кейін қажетті пропорцияда коспаларды араластыру керек. Жылыту кезінде дұрыс температура болу қажет. Ақырында, біз азық-түлікке дұрыс баға қою үшін әрбір пакетке қанша салып жатқанымызды білгіміз келеді. Осының барлығын қалай жасауы қажет екенін анағұрлым толығырақ оқып-білгіңіз келсе, келесі беттердегі алғашқы төрт өлшеу мысалына назар аударыңыз.

Осы нақты мысалда дәлдік қажеттілігі соншалықты маңызды болмауы мүмкін. Бірақ, негізінен, өлшеу қағидаттары кез келген өндірілген өнімге қолданылады. Қымбат коспаларға, қауіпті химиялық заттарға, дәрі-дәрмектерге немесе жоғары сапа талаптары бар өнімдерге қатысты айтсақ, онда өлшеулерге үлкен талаптар қойылуы мүмкін. Тағы бір аспект - жақсы өлшеу құралдары қателіктерді азайтуға ғана емес, сонымен қатар өнімдермен жасалған нәрсені, фармацевтика мен тамақ өндірісі сияқты кейбір процестерде қажет сапаны бақылауға мүмкіндік береді.

Араластыру және мөлшерлеу

Барлық дерлік өндірістік процестер әртүрлі компоненттерді араластыруды қамтиды. Дұрыс концентрациялы акырғы өнімді алу үшін өнімді жиі сумен араластырады (сұйылту). Дегенмен, процестің максаты реакцияны, белгілі бір өнімге тән сипаттаманы немесе дұрыс дәм немесе құрылымды қалыптастыру болуы мүмкін. Араластыру процесі әдетте екі түрлі жолмен жүзеге асырылады: сыйымдылықта (сыйымдылықта, бөшкеде немесе ұқсас құтыда) немесе үздіксіз екі құбырдың арасындағы «кездесу нүктесінде». Көптеген жағдайларда химиялық



1.2-сурет

Араластыру.

Заттарды дұрыс мөршерлеу сапасы анағұрлым төмен өнімге әкеліп қана қоймай, қауіпті өнімді өндіруге әкелуі мүмкін. Мұндай жағдайларда, әрине, бұрыс араласу қаупін азайту және тәуекелдерді болдырмау үшін пайдаланылатын технологиялық өлшеу жабдығына жоғары талаптар қойылады.

А және В-екі өнім араластырылуы керек. Араластыру сыйымдылықтарында суретте бейнеленген (5) процесс жүргізіледі (1.2-сурет). Бұрын айтылғандай, бұл әдіс қоспалар өлшенгенде және ыдыста араластырылған кезде пісіру немесе тамақ дайындау кезінде біз ас үйде жасап жүрген әдіске ұқсас. Бұл жерде А және В өнімдері бірнеше түрлі тәсілдермен өлшенуі мүмкін және үлкен көлемді өлшеген жағдайда, екі тұрақты орнатылған құбырларда (3) және (4) клапандарды ашу және жабу оңай болуы мүмкін. Қанша уақыт клапандар ашық болуы керек екенін білу үшін, біз:

1. Араластырығыш сыйымдылықтағы деңгей өзгерісін көре
2. Әрбір желіде орнатылған шығын өлшегіштерді (1) және (2) пайдалана аламыз

Процесті анағұрлым автоматтандырылған ету үшін клапандарды айдау өлшеуіштеріне қосылған, алдын ала қойылған есептеуіштер арқылы бақылауға болады. Алдын ала орнатылған есептегіш пен клапанның жетектерінде оператордың жалғыз қажеттілігі ол - START түймесін басу, содан кейін қажетті деңгейге жеткізілген кезде ағын өздігінен тоқтайды.

Сілтеме, Толығырақ

- Үздік шығын өлшегішті табу үшін 2-тараудықараңыз.
- Сәйкес деңгей өлшегішті табу үшін 5-тарауды қараңыз.
- Мөлшерлеу контроллері және алдын ала орнатылған есептеуіштерді 7-тараудан қараңыз.
- Тиісті реттеу клапанын таңдау үшін 8-тарауды қараңыз.

Артықшылығы

- Сыйымдылықта араластыру сапаны бақылауды жеңілдетеді, өйткені араластыру дайын болған кезде сынамаларды алуға болады (және өнім әлі ыдыста болады).

Неге назар аудару қажет екені туралы ескерту

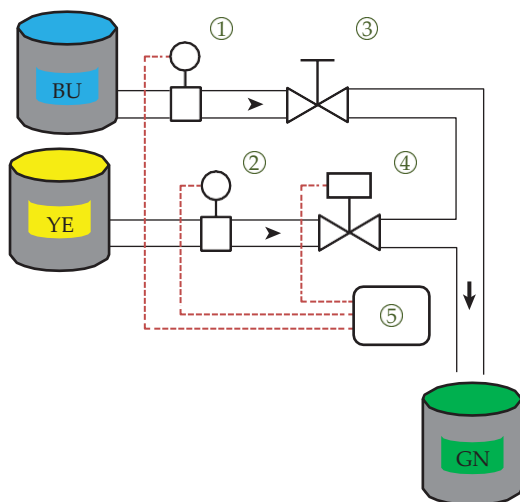
- Сыйымдылықтағы араластыру өндірістегі іркілістерді тудырады. Егер араластыру орындалмай қалса, толық топтама және сыйымдылықтың ішіндегісінің барлығы да жойылуы тиіс жағдайына да жетуі мүмкін. Егер шикізатта бөліну процесі болса, сыйымдылықта араластыру құрылғысы (мысалы, қалақша) қажет болып қалуы да мүмкін. Өнімнің сапасын сақтау үшін қажет болатын, салқындату немесе қыздыру да болуы мүмкін.
- Қажетті дәлдікке сәйкес келетін өлшемдерді, жауап қайтару уақытын және толтыру уақытын таңдаңыз. Топтаманы бақылау үшін деңгей өлшеуіштерді жиі пайдалану қиын, дегенмен кейде сыйымдылықтардың диаметрі үлкен болса, қолдануға болады. Егер шығын өлшегіштерді пайдалану және жоғары дәлдік қажет болса, шығын өлшегіштер араластыру нүктесінен алыс орнатылмауы тиіс.
- Тамақ өнімдерімен жұмыс істеген кезде құрам мен материалға қосымша күтім қажет.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Сіз сыйымдылықтың биіктігі мен диаметрін, сондай-ақ құбыр диаметрін және әр желідегі ең аз, қалыпты және ең көп шығынды білуіңіз керек. Органы, ең жоғары жұмыс қысымы мен температураны көрсету қажет. Әрбір топтама үшін толтыру уақыты өте қысқа болса (1 минуттан аз), ол маңызды болуы мүмкін. Қолайлы шығын өлшегіштерді таңдау алдында өнімнің сапасына қойылатын талаптарға негізделген талап етілетін дәлдікті бағалау қажет. Химиялық заттармен жұмыс істеу кезінде материалдың қасиеттерін тексеруді ұмытпаңыз. Датчиктер мен контроллерлер бірге жұмыс істеуі үшін сигналды енгізу/шығару түрлерін таңдаңыз.

Үздіксіз араластыру

Үздіксіз араластыру-бұл анағұрлым жаңа және жиірек өндірістік қуаты жоғары өндірістік объектілерде қолданылатын әдіс. Бұл әдісте әр түрлі қоспалар үнемі ағып тұрады. Ағын жылдамдығы шығын өлшегіштер (1) және (2) арқылы өлшенеді (1.3-сурет). Араластыру нақты қатынас мөлшеріне сәйкес басқару жүйесімен (5) және екі клапанмен (3) және (4) бақыланады, бұл ретте араластыру компоненттерінің арақатынасы %-дық қатынас ретінде анықталады. Коэффициентті реттеуіш үлкен басқару жүйесінің бір бөлігі немесе жеке блок түрінде болуы мүмкін. Кез-келген жағдайда да, қоспаның ағыны (біздің мысалда сары түс) соңғы араласқан өнімде (жасыл түс) тұрақты пайыздық арақатынасты үнемі ұстап отыру үшін негізгі ағынмен (көк түс) әрдайым реттеліп отырады.



1.3-сурет

Үздіксіз араластыру.

Сілтеме, Толығырақ

- Қолайлы шығын өлшегіштерді таңдау. 2-тарауды қараңыз. Шын мәнінде, айдау өлшеуіштерінің барлық түрлерін қолдануға болады, бірақ индуктивті және жаппай айдау өлшеуіштері жай болып табылады.
- Реттеу клапандарын таңдауды 8-тараудан қараңыз.

Артықшылығы

- Үздіксіз араластыру өндірістің көбірек болуына, кеңістіктің аз қажеттілігімен икемді процесті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Өнімнің жақсы араласқанына көз жеткізіңіз. Қажет болса, өнімді араластыруға көмектесетін құбырда айнаруды бастайтын статикалық араластырғышты орнатыңыз. Процесс үнемі жұмыс жасап тұрған кезде өнімнің сапасын тексеру қиынға соғуы мүмкін, сондықтан сынама алу клапаны пайдалы.

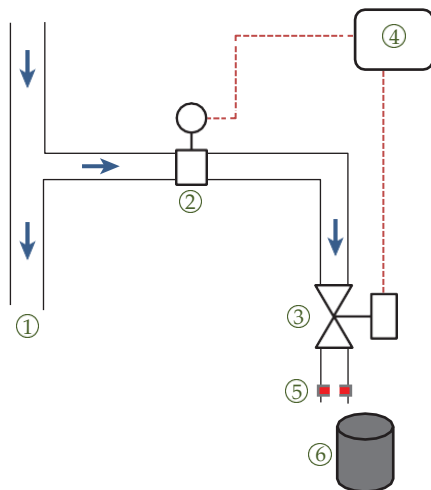
- Қажетті дәлдікке сәйкес келетін құбыр өлшемдері, өлшеуіш өлшемдері мен шығынын таңдаңыз. Шығын өлшегіштері мен араластыру нүктесінің арасындағы үлкен қашықтыққа жол бермеңіз.

Сіз сыйымдылықтың биіктігі мен диаметрін, сондай-ақ құбыр диаметрін және әр желідегі ең аз, қалыпты және ең көп шығынды білуіңіз керек. Органы, ең жоғары жұмыс қысымы мен температураны көрсету қажет. Лайықты шығын өлшегіштерді таңдамас бұрын, өнімнің сапасына қойылатын талаптарға негізделген, талап етілетін дәлдікті бағалау қажет. Химиялық заттармен жұмыс істеу кезінде материалдың қасиеттерін тексеруді ұмытпаңыз. Датчиктер мен контроллер бірге жұмыс істей алатындай, сигналды енгізу/шығару түрлерін таңдаңыз.

Толтыру

Толтыру процесінде белгілі бір мөлшер (бөлік) қайта алынады немесе сыйымдылыққа (немесе басқа процеске) жіберіледі. Осындай жүйені жобалау кезінде қойылатын бірінші сұрақ: «Әрбір қаптама қалай сатылады: салмағы бойынша ма әлде көлемі бойынша ма?» Өнімнің тұрақты сапасы мен белгілі тығыздығы кезінде массаны көлемге (немесе керісінше) түрлендіру оңай, бірақ әр түрлі сапада бұл қиын соқтырады. Сондықтан өлшеу жабдығын таңдау өнімнің сипаттамалары уақытпен өзгергенде анағұрлым маңызды болады. 1.4-суретте көрсетілген мысалда біз өнімді беруге арналған айналмалы желіні пайдаланамыз. Осындай құрылым толтыру желісіндегі температура мен қысымның жақсы тұрақтылығын қамтамасыз етеді, себебі айналым желісіндегі ағын ешқашан толығымен өшірілмейді.

Процесс түрлері жиі жоғары жылдамдықпен орындалады. Сусындарды өндіру зауытында құтыларды толтыру кезінде толтыру уақыты 1 секундқа дейін болуы мүмкін. Мұндай жағдайларда өлшеуіш аспаптар да, клапандар да жылдам әрі бір-бірімен келісілуі маңызды. Мысалы, кейбір алдын ала қойылған есептеуіштер бекіту клапанының қалай жұмыс істейтіндігін «зерделейді» (деректерді тіркеу арқылы) және тиісті түрде келесі толтыруды реттейді. Сондай-ақ, клапан қалай және қайда орналасқанын ойлаған да маңызды. Құбыр шығын өлшегіш пен пакет арасындағы құбырдағы көлем



1.4-сурет

Толтыру және мөлшерлеу.

2 толтыру кезінде өзгермейтіндей етіп жасалуы тиіс. Жаксы тәсілі анықталуы үшін белгілі бір бөлу болуы (сұйықтықтық өтуі мүмкін шетінің түрі) немесе өте жылдам жүйесінде, тамшы болдырмау үшін құбырдың ұшын жабатын арнайы клапанның бар болуы қажет. Бұл қолдану үшін шығынды өлшегіш пен сорғының қосындысын білдіретін мөлшерлеуші сорғылары да бар.

Мұнда беріліс циркуляциялық жүйеде (1) бөлінеді, ол жерде пайдаланылмайтын сұйықтықтық басқа толтыру сызықтарына немесе сақтау сыйымдылығына кері жіберіледі. Бұл бір ғана қаптаманы толтырғанда да пайдалы (6), себебі айналым аралас және балғын сұйықтықты ұстап тұрады, сондай-ақ беру желісінде анағұрлым тұрақты қысымды ұстап тұрады. Шығын өлшегіш (2) ашық мөлшерлеуші клапанда сұйықтықтың өтуін өлшейді (3), ал клапанға және шығын өлшегіштің шығыс сигналына қосылған контроллер (4) номиналды көлем жеткенде клапанды жабады. Шығын өлшегіш пен пакеттің (сондай-ақ буфердің көлемі ретінде белгілі) арасында әртүрлі көлемдердің тамшылары мен түсіп кетуін болдырмас үшін, бұл құбыр мүмкіндігінше қысқа болуы керек. Ол сонымен қатар тамшыларға қарсы (5) құрылғымен жабдықталуы да мүмкін, ол ағын болмаған кезде екі пакеттің арасындағы желіні толтыруды қолдайтын шүмек секілді.

Сілтеме, Толығырақ

- Шығын өлшегіштерді таңдау туралы 2-тарауды қараңыз. Индуктивті, көлемді және массалық шығын өлшегіштер аспаптың жиі қолданылатын түрлері болып табылады.
- Реттеу клапандарын таңдау туралы 8-тарауды қараңыз.

- Буып-түйілген тауарларға қатысты құқықтық талаптар жөніндегі заңдар мен ұсыныстарды 12 және 13-тараулардан қараңыз.

Артықшылығы

- Үнемі араластыру үлкен өнімділік пен икемді процесті қамтамасыз етеді.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Жоғары жылдамдықпен құю кезінде дәл өлшеу қиынырақ! Өндірістік қуатты салмағы немесе көлемі ең жоғары қатемен салыстыруға тырысыңыз. Кейбір жағдайларда, параллель екі баяу толтыру желісін орналастыру жақсы.

- Шығын өлшегіш өлшемін және шығысты мұқият таңдаңыз. Жоғары жылдамдықты құю машинасында мөлшерлеуші клапанның қозғалысын қалпына келтіріңіз. Шығын өлшегішті, клапан мен шығыс шүмегін бір-біріне жақын орнатыңыз. Электрондық есептегіштердегі стандартты параметрлерді пайдаланбаңыз, оның орнына тұрақты уақытты, шу сүзгілерін және ұқсас мүмкіндіктерді нақты бағдарламаға сәйкес орнатыңыз.

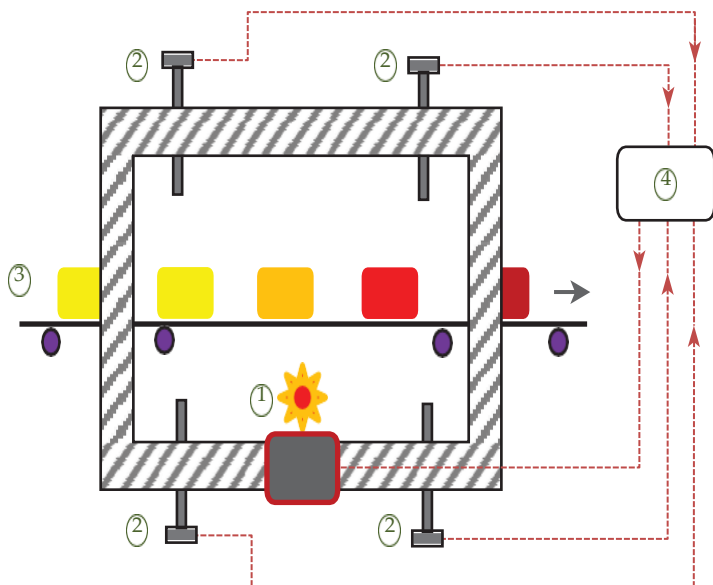
Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Пакет өлшемі, толтыру уақыты және сұйықтықтың осы қосымшаны жобалау кезінде білу маңызды. Қысым мен температура компоненттерді таңдау кезінде әрдайым қажет. Сонымен қатар, өнімнің сапасына қойылатын талаптар негізінде қажетті дәлдікті бағалаңыз. Егер өнім көлемі немесе салмағы бойынша сатылатын болса, өтінімге заңды талаптар қойылуы мүмкін. Датчиктер мен контроллерлер бірге жұмыс істеуі үшін сигналды енгізу/шығару түрлерін таңдаңыз.

Термиялық өңдеу

Өнім термиялық өңдеуге ұшырағанда, бұл әдетте пеште немесе тұмшапеште немесе өнім сұйықтық болса, жылыту сыйымдылығында жүзеге асырылады. Көп жағдайда бұл процестің маңызды аспектісі - бұл өнімнің қандай температураға жететіндігі және өнімнің жылу әсеріне кетуі. Көптеген жағдайларда екі лимит бар: максималды және минималды. Температура тым төмен болса, өнімді өңдеу жеткіліксіз жақсы болуы мүмкін. Температура тым жоғары болса, өнім зақымдануы немесе тіпті бұзылуы да мүмкін. Температура датчигі өнімнің нақты температурасын әрдайым өлшемейтіні ұндағы маңызды техникалық мәселе болып табылады. Әйтпесе, біз өнімнің нақты температурасын есептеу немесе бағалау үшін өлшенген температураны пайдалану керек. 1.5-суретте көрсетілген мысалда, (3) пеш арқылы бұйымдар таспамен қозғалады. Қыздырғыш (1) пештің төменгі бөлігінде орналасқан. Төрт температура датчигінің орташа мәнін пайдаланған кезде (2) контроллердегі температура көрсеткіші (4) өнімнің әсеріне ұшырайтын температураға анағұрлым тән болады. Дегенмен, егер негізгі шегі өнім әсер

ететін ең жоғары температура болса (мүмкін, нәзік азық-түлік өнімі), онда орташа температураға сәйкес жылуды оңтайлы реттеуге болмайды. Бұл жағдайда қыздырғыштың жанында орнатылған датчикті (пеш ішіндегі ең жоғары температураны көру үшін) немесе ол қыздырғыштың жанында тұрған кезде өнімнің жанында (өнімге ұшырайтын ең жоғары температураны көру үшін) қолданған жөн.



1.5-сурет

Пеш/тұмшاپеш.

Керісінше, егер мақсаты ең төменгі температураны анықтау болып табылса, мысалы, залалсыздандырушы автоклапта, онда температура датчигіне арналған ең жақсы жағдай қыздырғыштан мүмкіндігінше, алыс болуы мүмкін.

Сілтеме, Толығырақ

Қолайлы температура датчиктерін таңдау туралы 4-тараудан қараңыз. Төмен температураларда (300 °C төмен) ең көп таралған Pt-100 типті датчиктер болып табылады. Жоғары температуралар үшін термोजұптар жиі пайдаланылады, және 1000 °C және одан жоғары температурадағы процестерде (мысалы, болат құю өнеркәсібінде) қашықтан, инфрақызыл пирометрлер (жылу камералары) қолайлы болып табылады.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Өнімнің өлшенген температураға жететінін тексеріңіз. Технологиялық

желіні сынау/тексеру кезінде өнімнің имитациялайтын қозғалыстағы температура тіркеуішін пайдалануға болады. Барлық температура датчиктері өнімнің нақты температурасын емес, өз температурасын өлшейді!

- Датчиктерді қажетті деректерге мүмкіндігінше жақынырақ өлшейтін қолайлы және репрезентативті жерге орнатыңыз. Уақыт айнымалылары қондырғыға, датчиктің құрылымына және түрлендіргіштің параметрлеріне байланысты жиі өзгереді және барлық осы дерекқорлар процесс жылдамдығына сәйкес келуі тиіс.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Датчиктерді таңдау кезінде өнімнің сапасына қойылатын талаптарды ескере отырып, температуралық диапазондарды және қажетті дәлдікті білу қажет. Датчиктер мен контроллерлер бірге жұмыс істеуі үшін сигналды енгізу/шығару түрлерін таңдаңыз.

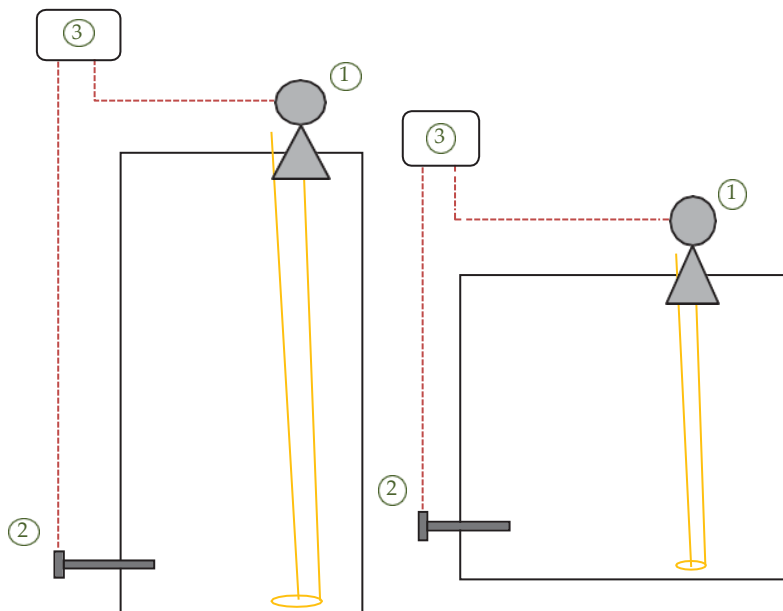
Түгендеу

Түгендеу өлшемдері қанша цистерналар мен сыйымдылықтардың болуы мүмкін екенін білумен байланысты. Егер Сіз қоймада қанша материал бар екенін білсеңіз, өндірістің жылдамдығын және тиісінше шығарылымын белгілей аласыз. Бұл сонымен қатар, автомобиль жүргізіп келе жатқанда өз сапарыңызды сыйымдылықтағы отынның мөлшеріне байланысты бағытыңызды жоспарлау секілді. Бөтелкелер мен қораптарды санау арқылы тексеріп, қаптамадағы тауарларды сақтауға болады. Мүмкін, Сізге жалпы қор мөлшеріне шолу үшін бірнеше түрлі өлшеу қағидаттары мен жұмыс әдістерін қоса пайдалануға тура келер. Сондықтан, шатасудан аулақ болу үшін бір ортақ бірліктің қолданылуы маңызды. Көп жағдайда, масса (мысалы, тонна) пайдалану үшін ең қолайлы бірлік болып табылады, себебі масса температура мен қысымға байланысты өзгермейді.

1.6-суретте көрсетілген мысалда, деңгей өлшегіштің түрі бірдей екі сыйымдылық бар. Екі сыйымдылықтың да көлемі бірдей, бірақ біреуі жоғары және тар, басқасы қысқа және кең. Екі деңгей өлшеуіштер де бірдей ерекшелікке ие, бірақ дәлдік миллиметрде белгіленгендіктен, көлем тұрғысынан дәлдік жоғары сыйымдылықта жақсы болады. Себебі, осы көлем үшін деңгей кең көлемдегі ыдысқа қарағанда көбірек өзгеріп отырады.

Егер сыйымдылықтағы температура тұрақты болмаса, сыйымдылықтың ішіндегі сұйықтықтың тығыздығы өзгереді. Егер тығыздық өзгерсе, көлем де өзгереді! Бұл баяу өзгередіні өлшеу деңгейі сыйымдылықта ағып кету бар дегенді білдіреді; бұл өзгеріп отыратын температура да болуы мүмкін. Әртүрлі сұйықтықтар әртүрлі температуралық тәуелділікке ие. Судың арнайы қисық тығыздығы бар, ең жоғары тығыздығы 4°C. Мұнай-бұл температуралық вариацияларға байланысты тығыздықтың үлкен өзгерісі бар өнімдер тобы. Жанармай, май және дизель отыны температураның әрбір көтерілген Цельсий градусы үшін өз көлемін 0,2% - ға арттырады. Осылайша, деңгей өлшегішін

(1) көптеген жағдайда температура датчигімен (2) және қайта есептеу блогымен (3) біріктіру қажет.



1.6-сурет

Деңгейді бақылау.

Сілтеме, Толығырақ

- Жаксы деңгей өлшегішті таңдау бойынша 5-тарауды қараңыз. Радар анағұрлым дәл шешім болып табылатын қосымшаларда көптеген түрлі деңгей өлшегіштер қолданылады. Сондай-ақ, ультрадыбыстық датчиктер мен қысым датчиктері кең таралған. Сондай-ақ, өлшеу үшін платформаға немесе тензодатчиктерге сыйымдылықтың барлығын орнатуға болады. Өлшеу әдістері мен қысым датчиктері тығыздықтың (температураның) өзгеруінен туындаған деңгейдің өзгеруін байқамайды.

- Шамадан тыс толып кетуден қорғау/ қауіпсіздік бойынша 9-тарауды қараңыз.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Егер өлшеулер үлкен жүйенің көптеген нүктелерінде орындалса, мысалы, жылу теңгерімін немесе зауыттағы өнімдердің жалпы ағынын бақылау үшін, барлық санды бір бірлікке түрлендіруді ұмытпаңыз. Әрқашанда деңгей өлшегішті сыйымдылықтың пішінін ескере отырып, таңдаңыз. Есіңізде болсын, сыйымдылықтың ішінде құбырлар, араластырғыш құрылғылар,

сатылар және жылытқыштар сияқты жабдықтар орнатылуы мүмкін. Мұндай заттар жоғарғы жағында орнатылған деңгей өлшегішпен қиындықтар тудыруы мүмкін; өлшегіш сұйықтықтың шынайы деңгейін емес, объектілерді қате анықтайды. Сыйымдылықтың ішіндегі атмосфераның бумен, газбен немесе шаңмен өзгеруі таза ауаға арналған аспаптар үшін есептегіштің өлшеу қателіктеріне және қиындықтарына әкелуі мүмкін.

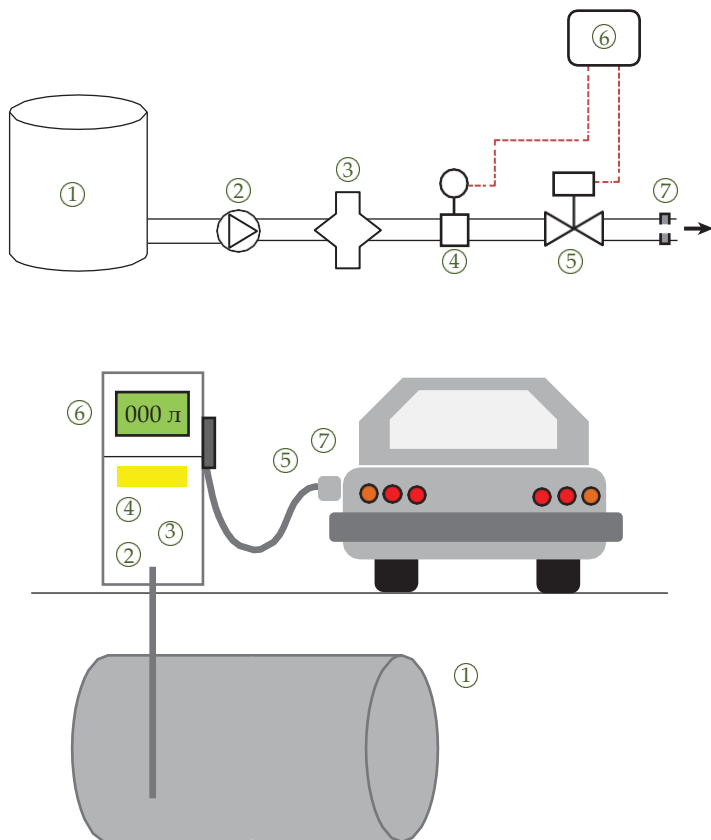
Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Сыйымдылықтың диаметрі мен биіктігі, сондай-ақ пайдалану шарттары (орта, температура және қысым) маңызды. Химиялық заттармен жұмыс істегенде
- материалдың қасиеттерін тексеріп, сыйымдылықтың ішінде беттің қалай көрінетінін (тыныш, бұлдыр немесе көбігі бар) анықтауға тырысыңыз. Егер сыйымдылықтарды калибрлесеніз, ретке келтіру деректерін деңгей өлшеміне қалай қолдану керектігін тексеріңіз.

Сатып алу және сату (өнімді тұтынушыға беру)

Сату үшін пайдаланылатын өлшеу жабдығы заң бойынша (көптеген елдерде) нақты талаптарға сәйкес жобалануы тиіс. Бұл заңдар алаяқтықтың алдын алуға және әділ сауданы ынталандыруға бағытталған. Әдістерді пайдалану бойынша халықаралық ұсынымдарды Халықаралық заңнамалық метрология ұйымы (Organisation Internationale de Métrologie Légale немесе ХЗМҰ) береді. Содан көптеген елдерде осы құжаттардың жергілікті нұсқалары шығарылады. Осы әр түрлі құжаттардың көпшілігінде қоршаған ортаның температурасы және сыртқы радиотолқындарға төтеп беру қабілеті сияқты ұқсас негізгі техникалық талаптар жазылған. Көптеген талаптар әртүрлі есептеуіштер және/немесе қолдану салалары үшін әр түрлі бөліктерге бөлінген. Мысалы, тұрмыстық сумен жабдықтауға, жанармай құю станцияларында отын тарату құрылғыларына, азық-түлік дүкендеріндегі таразыларға және жол ұзақтығын есептегіштеріне қатысты құжаттар бар. Бұл заңдардың ауқымы бір елден екіншісіне ауысқанда айтарлықтай өзгереді. Кейбір жерлерде есептеу үшін қолданылатын *барлық* өлшеу жабдықтары тіпті тұрақ есептегіштері де заңнама талаптарына бағынады. Кейбір басқа елдерде тек бірнеше қосымшалар бар, мысалы, жеке тұлғаларға жанармай сатуға қолданылатын көлем өлшеуіштер.

Ол заңнамалық метрологияға келгенде, жанармай және дизель отыны сияқты сұйықтықтықтар «Судан ерекшеленетін сұйықтықтықтар» тобына жатады. Осындай ережелер осындай қолдануларда пайдаланылатын барлық есептеуіштер үшін қолданылады. Маңызды дерек тек санауыш мәлімделген техникалық талаптарды қанағаттандырып қана қоймай, сонымен қатар клапандар, сорғылар, сыйымдылықтар және есептеуіштің айналасындағы құбырлар сияқты құрылғылар да болып табылады. Бұл «өлшеу жүйесі» деп аталады.



1.7-сурет

Депозитарлық тасымалдаудың өлшеу жүйесі.

1.7-суретте көрсетілген мысал жанармай құю станциясын суреттейді. Отын жер асты сыйымдылықтарында (1) сақталады. Әрбір дозаторда сорғы (2) және ауа сепараторы немесе газды бақылау құрылғысы (3) бар. Осыдан кейін сұйықтықтық шығын өлшегішінде (немесе көлем өлшегішінде) (4) өлшенеді. Электрондық блок (6) құрылғының ішіндегі (5) шығару клапанын және/немесе сорғыны дүкен/дүңгіршектің қызметкерінен немесе жақын орналасқан кредиттік карталарды оқу құралынан кіріс сигналдарына сәйкес басқаратын болады. Сұйықтықтық иілгіш резеңке түтікше және форсунка (7) арқылы автомобильге айдалады. Шүмектің ішінде шамадан тыс толып кетуден қорғауға арналған датчиктер және реттелетін қысым клапаны бар, ол ажыратылған сорғыда немесе жабық шығару клапанында жабылады. Бұл түтікше ті толық түрінде ұстап, әрбір тұтынушыға дұрыс көлемде үлестіруге мүмкіндік береді.

Сілтеме, Толығырақ

- Дұрыс шығын өлшегішті таңдау туралы 2-тарауды қараңыз. Шығын өлшегіштердің көптеген түрлері пайдаланылуы (және сертификатталған) мүмкін, бірақ сатылымда анағұрлым кең таралған

Судан басқа өзге сұйықтықтарды өлшеу үшін көлемді, ультрадыбыстық және массалық шығын өлшегіштер (кориолистік) пайдаланылады.

- Ең алдымен қолданылатын заңдар, директивалар мен ережелерді 12 және 13-тараулардан қараңыз.

Артықшылығы

- Құрылым типі бойынша мақұлданған өлшеу жабдығын таңдау (немесе сертификатталған), ешқандай заңды талаптар болмаса да, қауіпсіз және сенімді жұмысқа әкеледі.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Сертификатталған датчик заңнама талаптарын орындау үшін әрдайым жеткілікті емес. Көптеген жағдайларда жүйелік тәсіл болады және толық өлшеу жүйесі бекітілуі тиіс. Сонымен қатар, әдетте өлшеу қателерін белгілі уақыт аралықтары арқылы тексеру үшін қайта тексеру қажет.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

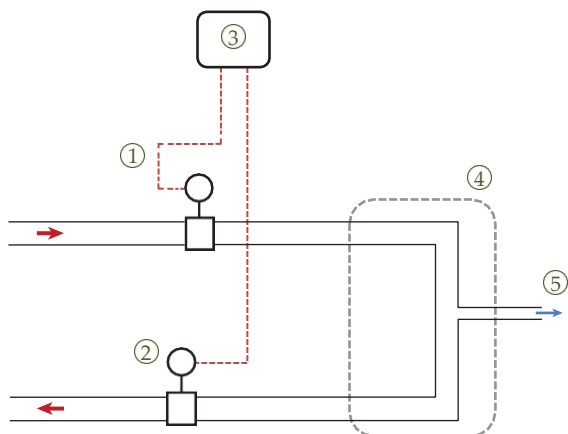
- Сұйықтықтық түрі және номиналды ағын шығыны осы қолдануды құрылымдау үшін қажет. Компоненттерді таңдаған кезде әрқашан да қысым мен температура қажет. Сертификатталған өлшеу құралдарының көпшілігі жүйелік тәсілмен бекітілген түрге ие, бұл тек нақты аспаптың ғана емес, сонымен қатар әр түрлі компоненттері бар нақты өлшеу жүйесінің қажеттілігіне әкеледі.

Айырмашылықты өлшеу (таза салмағы) / Ағып кетуді анықтау

Кейбір қолдануларда құбырларға (немесе жүйеге) кіретін мөлшері құбырдың басқа жағына да келетіні аса маңызды. Мысалы, бұл көл арқылы кесіп өтетін кәріз құбырында, темір жолдың астында орнатылған су құбырында немесе ағып кеткен жағдайда зиян келтіруі мүмкін, уытты сұйықтықтығы бар құбырда қолданылуы мүмкін. Мұндай қондырғыларды бақылау үшін екі шығын өлшегішті пайдалануға болады: біреу кіруде, ал екіншісі шығуда. Егер кіріс ағыны шығыс ағынынан өзгеше болса, дабыл сигналы берілуі мүмкін немесе беру соңында клапан автоматты түрде жабылуы мүмкін. Егер құбыр ұзын болса (немесе жүйе үлкен болса), онда екі өлшенген ағын жылдамдығы қысымды, температураны және өлшемнің екі нүктесінің арасындағы көлемнің өзгеруін тудыруы мүмкін басқа да дереккорларды өзгерту үшін өтелуі қажет. Мұндай үлкен жүйелер үшін

осындай байланысты ақпаратты өңдеуге арналған бағдарламалық қамтамасыз ету немесе көп нұсқалы кіріс деректері бар.

Осыған ұқсас растау артық толтыру жүйесінде тұтынуды өлшеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Мұндай жүйенің мысалы



1.8-сурет

Таза / жалпы есеп алу.

электр станцияларында немесе кеме қозғалтқыштарында отынның жанар майға берілуі (4) болып табылады (1.8-сурет). Тұтынылатын қуаттылық аз болған кезде (бос жүрісте) отын шығыны (5) аз, ал кіріс ағыны (1) және кері ағыны (2) жоғары болады. Жоғары қуаттылық кезінде отынның көп бөлігі қолданылады, ал кері ағын төмен болады.

Екі қосымшада да ағын өлшегіштердің өлшемі өте маңызды. Есептелген дифференциалды ағынның дәлдігі екі ағымның өлшеуіштерін өлшеуге байланысты болғандықтан, дәлдік шешуші болады. Әр ағын өлшегіште өлшеу қателігінің пайыздық мәні аз болса да, ол шығыс ағынының аз болуы сияқты дифференциалды ағынның үлкен қателігіне әкелуі мүмкін. Үлгі: ағын шығыны (5) 100 л/мин-ді құрайды. Кіріс ағыны 1000 л/мин және қайтарылған берілу (2) 900 л/мин. Әрбір шығын өлшегіштің қателігі 1% - дан кем. Бұл $0,01 \times 1000 = 10$ л/мин және $0,01 \times 900 = 9$ л/мин тең. Негізінде (қандай да бір статистикалық тәсілсіз) контроллерде көрсетілген тұтыну қателігі $(3)(10 + 9)/100 = 19\%$ болуы мүмкін.

Сілтеме, Толығырақ

- Шығын өлшегіштерді таңдау туралы 2-тараудан қараңыз.

Артықшылығы

- Бұл қауіпсіздікті жоғарылатудың және экологиялық апаттардың әсерін төмендетудің жақсы амалы болып табылады.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Есіңізде болсын, өлшеу қателігі өте жоғары болуы мүмкін.

Айналымдағы жоғары беріліспен және кішігірім айырмашылықпен, өте дәл көрсететін шығын өлшегіштер қажет.

Егер қысым мен температура кіріс пен қайтару арасында өзгерсе, осы өзгерістерді өтеу қажет болуы мүмкін.

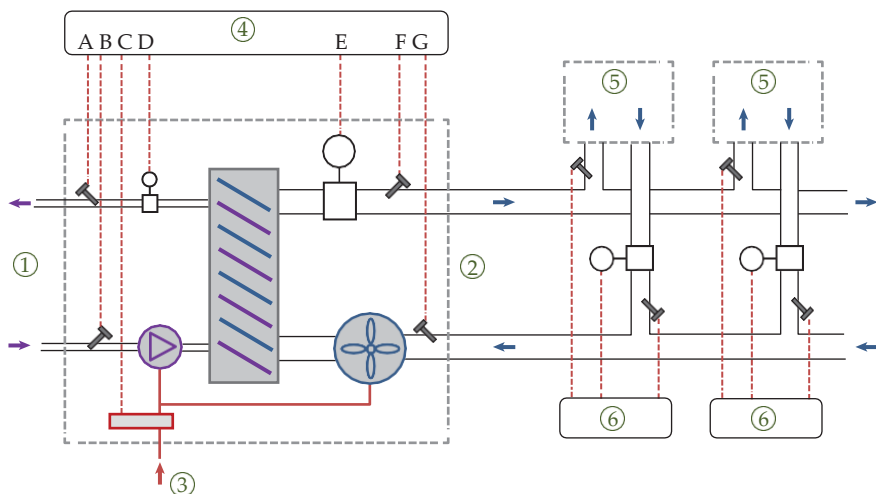
Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Сұйықтықтың түрі және кіру, қайтару және пайдалану үшін ағынның ең жоғары және ең төменгі жылдамдығы осы қолдануды әзірлеу кезінде қажет. Қысым мен температура әрдайым ескерілуі тиіс. Химиялық заттармен жұмыс істеу кезінде суланатын компоненттердің қасиеттерін тексеріңіз. Датчиктер мен контроллер бірге жұмыс істеу үшін сигнал түрлерін тексеріңіз.

Ауаны баптау/ Салқындату

Ауа баптау жүйесі көп энергияны талап етеді. Көп жағдайда, салқындату жүйесі жылыту жүйесіне қарағанда тиімді емес. Сондықтан, егер өлшеу жүйесі тоңазытқыш машинаның немесе жылу сорғысының тиімділігін бақылау үшін (жиі пайдалы әсер коэффициенті, ПӘК ретінде) орнатылса және қолданылса, пайда көбірек болады. Нақты уақыт режимінде машина мониторингінде жүйенің өнімділігін оңтайландыру үшін қуат, жылдамдық және температура арасындағы қатынасты байқауға болады.

1.9-суретте көрсетілген мысалда бірнеше өлшеу аспаптары бар. Бастапқы өлшеу шығын датчигінің (4D) және кіріс және шығыс температурасының (4A) және (4B) (1) көмегімен кірісте орнатылған жылу есептеуші болып табылады. Бұдан басқа, электр қуаты (3) электр қуатының өлшеуішімен (4C) өлшенеді. Өндірілген энергия шығу кезінде (2)



1.9-сурет

Жылу сорғысының өлшеу жүйесі.

(4E), (4F) және (4G). Жалпы өндіріс пен тиімділік орталық блокта (4) есептелуі және бақылануы мүмкін. Әр түрлі тұтынушыларға (5) тарату және беру жеке жылу есептегіштермен (6) өлшенеді.

Сілтеме, Толығырақ

- Шығын өлшегіштерді таңдау туралы 2-тарауды қараңыз.
- Жылу қуатын және жылу энергиясын есептеу туралы 7-тарауды қараңыз.
- Шоттарды ұсыну үшін пайдаланған кезде, жылу есептегіш заңды талаптардың мәні болуы мүмкін-12-тарауды қараңыз.

Артықшылығы

- Өндірістік және тарату желілеріндегі қуат пен энергияны өлшеу энергетикалық «ұрыларды» табу мүмкіндігін арттырады. Білімсіз және статистикалық деректерсіз энергия тиімділігін арттыру бойынша тиісті шараларды жүзеге асыру әлдеқайда қиын. ISO 50001 (Энергияны басқару жүйесі) энергия үнемдеу бойынша қолайлы әрекеттерді жалпы сипаттайды.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Бөлмедегі және үлкен ауа өткізгіштердегі ауа шығынын өлшеу кезінде ауа жылдамдығы датчиктің жағдайына байланысты қатты түрленуі мүмкін.

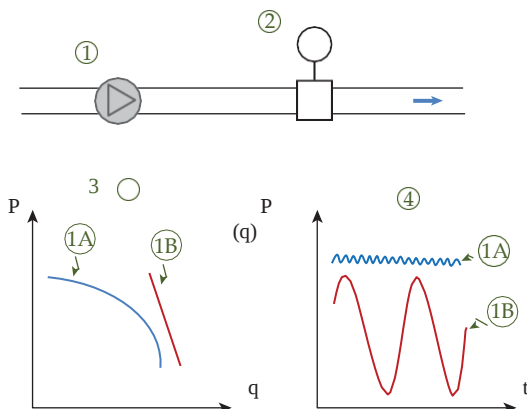
Бұл ағынның біркелкі бөлінбеуіне байланысты және датчик тек бір нүктеде өлшейді. Әрқашан бірнеше ережелерде өлшеуге және орташа жалпы ағындарды есептеуге тырысыңыз. Ауа мен газ шығыны датчиктері туралы толығырақ 2-тараудан оқыңыз.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Сұйықтықтың түрі және ағынның максималды шығыны осы қолдану тәсілін әзірлеу кезінде қажет. Қысым мен температура әрқашан компоненттерді таңдау кезінде қажет. Суық бөлшектердегі конденсация арнайы материалдарды (немесе конденсациямен күресу үшін басқа да рәсімдерді) талап етуі мүмкін. Қолдану үшін заңды талаптар бар ма екен соны анықтаңыз. Датчиктер, реттегіштер және аппаратуралар сәйкес келетін сигнал түрлерін таңдаңыз; сондай-ақ қашықтан оқу үшін ықтимал талаптарды тексеріңіз.

Үрлеу

Екі орналасу жерінің арасында сұйықтықты тасымалдаудың бірнеше жолы бар және сорғы, бәлкім, ең жиі қолданылатын әдіс болып табылатын шығар. Әр түрлі сорғылар әртүрлі қағидаттарға сәйкес жұмыс істейді және нақты қолдану үшін ең қолайлы қағидат температураның, қысымның, тұтқырлықтың және көшірілуі тиіс ортада қатты заттардың немесе газ көпіршіктерінің болуы негізінде таңдалады. Сондай - ақ, газдар айдала алады (желдеткіш-сорғы түрі), бірақ басқалары (мысалы, бу) әдетте айдалмайды, оның орнына қысыммен ағып өтеді.



1.10-сурет

Сорғы сипаттамалары.

Айырмашылықтар. Сорғыларды пайдаланатын қолдану әдістерінде шығын өлшегіштер бір желіге жиі орнатылады. Егер сорғы және шығын өлшегіш бір-біріне жақын орнатылса, олар өндірістік қиындықтарді немесе өлшеу қателіктерін тудыра отырып, бір-біріне кедергі келтіруі мүмкін. Бұл әсіресе көлемді (ауқымды) түрдегі сорғыларды және/немесе есептеуіштерді пайдалану кезінде өзекті болады.

1.10-суретте сорғы (1) ағын бойынша төмен орнатылған шығын өлшегішті (2) береді. Сорғы жұмысының кең қолданылатын екі қағидаты үшін қысым мен шығын арасындағы байланыс суреттелген. Көк сызық (1A) орталықтан тепкіш сорғыда қатынасты көрсетеді және қызыл сызық (1B) көлемді (оң) сорғыдағы қатынасты көрсетеді. Бірінші кестеде (3) қысым мен шығын арасындағы арақатынас (q), ал екінші кестеде (4) қысым мен уақыт (t) көрінеді. Ортадан тепкіш сорғы жағдайында, әдетте, желідегі қысымның шағын, бірақ жоғары жиілікті өзгеруі орын алады. Көлемді сорғымен, әлдеқайда баяу және қысымның үлкен өзгеруі жүреді. Жиілік пен амплитуда қолданылатын сорғының түріне байланысты. Дегенмен, сорғының екі нұсқасы да ағын бойынша орнатылған өлшеу жабдығын бұзуы мүмкін. Көлемді сорғыдан кейін, жиі тұрақтандырылған және дұрыс оқу үшін арнайы құрастырылған айдау өлшеуішін пайдалану қажет.

Сілтеме, Толығырақ

- Оңтайлы шығын өлшегішті таңдау туралы 2-тарауды қараңыз.

Артықшылығы

- Сорғыдағы шығынды өлшеу тиімділікті және тозуды бақылауға мүмкіндік береді.
- Егер сорғыдан кейін ауамен (немесе резеңке мембранасы бар газбен немесе онсыз) шағын сыйымдылық орнатылса, бұл сорғы жасайтын қысым шыңдарын өтеуге мүмкіндік береді. Мұндай құрылғы (кейде гидрофор деп аталады) әдетте өлшеу үшін де, процесс үшін де жақсы, анағұрлым бірқалыпты шығынға әкеледі.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Сұйықтықтық түрі, қысым және температура әрқашан сорғының жұмысына әсер етеді.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Сізге құбыр диаметрін және минималды, қалыпты және ең көп шығынды білу керек. Сондай-ақ, орталар, максималды жұмыс қысымы және температура, сондай-ақ көлемді сорғы үшін қысым шыңдарының жиілігі қажет. Химиялық заттармен жұмыс істеу кезінде материалдың қасиеттерін тексеруді ұмытпаңыз. Датчиктер мен контроллерлер бірге жұмыс істеуі үшін

сигналды енгізу/шығару түрлерін таңдаңыз.

Құю құрылғысы

Егер сақтауға арналған сыйымдылықта сұйықтықтық тым көп болса, онда мәселенің барлық түрлері орын алуы мүмкін. Шамадан тыс толтырудан қорғау жүйесі сыйымдылықтан улы немесе қауіпті сұйықтықтың ағып кетуін болдырмау үшін қолданылады. Сондықтан кейбір жағдайларда тек ескерту жүйесін ғана емес, клапандарды немесе сорғыларды ажыратудың автоматты жүйесін орнату қажет. Мұндай жүйе, әрине, сенімді және (шамадан тыс толқудан қорғау қауіпсіздік талабы болғанда) да сертификатталған болуы тиіс.

Сілтеме, Толығырақ

- Деңгей өлшегішті таңдау 5-тарауда сипатталған.
- Процестің қауіпсіздігін 9-тараудан қараңыз.

Артықшылығы

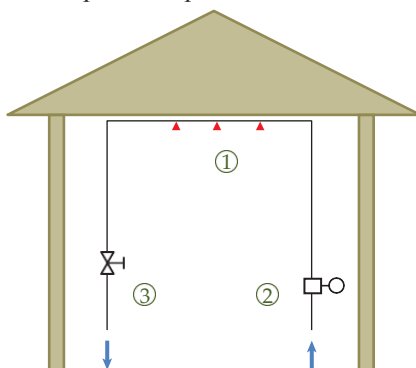
- Сертификатталған деңгей өлшегішті таңдау оған ешқандай заңды талаптар болмаса да, Сіздің жаныңызға жайлылық сезімін береді.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Барлық талаптарды орындау үшін көптеген жағдайларда екі тәуелсіз өлшеу құралы қажет. Бұдан басқа, тұрақты қызмет көрсетуді, техникалық қызмет көрсетуді және функционалдық сынақтарды жоспарлау қажет.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Сыйымдылықтың диаметрі мен биіктігі, сондай-ақ пайдалану шарттары (орта, температура және қысым) маңызды. Химиялық заттармен жұмыс істегенде материалдың қасиеттерін тексеріңіз және беті қалай көрінетінін



1.11-сурет

Шашыратқыштар.

(тыныш, бұлдыр немесе көбікпен) сыйымдылықтың ішіне қарап, анықтауға талпынып көріңіз. Қажет болған жағдайда, іс жүзінде пайдаланудың асыра орындалудан қорғау үшін заңды талаптары бар екенін ұмытпаңыз.

Шашыратқыштар

Спринклерлік жүйелер өрт салдарын жеңілдету үшін қолданылады. Бөлмеде анықталған температура белгілі бір шегіне жеткенде, спринклерлік жүйеде ішкі клапан ашылады және су бүріккіш түрінде шығарылады. Жиі мұндай жүйелерді шығару функциясы мен су беру сыйымдылығы сияқты сынақтан өткізу қажет. Ағызу функциясы зертханада сынау үшін үлгілерді теру арқылы сыналуы мүмкін. Шашыратқыштарға (1) берілетін судың шығынын жергілікті орнатылған шығын өлшегіштермен (2) өлшенген және қайта іске қосу клапандарын (3) ашу арқылы тексеруге болады (1.11-сурет).

Сілтеме, Толығырақ

- Оңтайлы шығын өлшегішті таңдауды 2-тараудан қараңыз. Мұндай жүйелерде ағынның жылдамдығы өте жоғары. Бұл үлкен қысымның ауытқуын болдырмау үшін жақсы өлшемді компоненттерді талап етеді. Осы нақты қолдану саласында шығын өлшегіш спринклерлік жүйенің ең жоғары өнімділігін тексеру үшін пайдаланылғандықтан, ол қысымның барынша төмен ауытқуы болуы тиіс. Бұл шығын өлшегіштің өзі барынша төмен шығынға алып келетінін болдырмау үшін жасалған (шығын өлшегіштің жоқтығымен салыстырғанда)! Ең көп таралған түрлер-индуктивті немесе ультрадыбыстық шығын өлшегіштер. Сондай-ақ, құбырдың сыртқы жағында орнатылған жапсырма ультрадыбыстық есептеуіштерді пайдалануға болады.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Кейбір жағдайда, жергілікті билік органдарына немесе сақтандыру компанияларына тұрақты тестілер мен қадағаланатын эталондық есептеуіштер талап етіледі. Мұндай мақсатты қолданулар кезінде, эталондық есептеуіш үшін жарамды ретке келтіру сертификаты болуы тиіс. Мұндай құжатты есептеуіш үшін алу қиын болуы мүмкін (басқа аспектілерде бұл қолайлы және пайдалану оңай құрылғы болса да), себебі бұл есептеуіштің түрінде өлшеу құбырдың бөлігі болып табылады (есептеуіш орнатылған жерде).

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Құбыр құрылымының диаметрі және ағынның максималды ағыны, сонымен қатар максималды шығын. Қысымның түсуін бағалауға және қабылданымды болса, тексеріп көруге тырысып көріңіз

Целлюлоза-қағаз ағыны

Негізінде целлюлоза-қағаз комбинаты басқа технологиялық өндірістерден

еш айырмашылығы жоқ. Алайда, бұл зауыттарда арнайы өлшеулер қолданылуы мүмкін. Осындай қолданулардың бірі-су, пульпа, химикаттар және ауа бар қойыртпақтың, жылы сұйықтықтың шығынын өлшеу болып табылады. Пульпа өлшеу үшін қиын болуы мүмкін және жиі арнайы аппаратураларды немесе стандартты аппаратуралардың арнайы нұсқаларын талап етеді.

Сілтеме, Толығырақ

- Оңтайлы шығын өлшегішті таңдау туралы 2-тарауды қараңыз. Айдаудың индуктивті өлшеуіштері осы қолданудағы ең жалпы түрлері болып табылады. Талшықтардың және/немесе химиялық қоспалардың жоғары концентрациясы кезінде арнайы әрекеттерді талап ететін электр шу туындауы мүмкін.

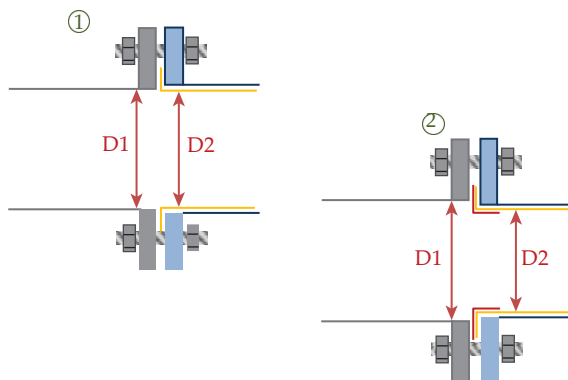
Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Қағаз массасы жиі жоғары температурада болады. Бұл қағаз фабрикадағы басқа технологиялық сұйықтықтарға да қатысты, ал индуктивті шығын өлшегіштердің қосымша жапсырмалары (ішкі электр оқшауламасы) болғандықтан, температура мен қысымның шекті мәндерін сақтау маңызды. Әсіресе, жоғары температурамен үйлесімде атмосфералық қысымнан төмен қысым кезінде қаптау материалын өңдеу қиын болуы мүмкін.

- Әр түрлі қасиеттерін талдау мақсатында сынамаларды іріктеу кезінде зертханада репрезентативті сынама алу маңызды. Пульпа әрдайым құбырда біркелкі араласпайды; сондықтан арнайы қоршау клапаны тиімді болуы мүмкін.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Қалыпты шығыстарға сәйкес құбыр диаметрін анықтау өлшеу қателігін шектеу үшін де, тозуды төмендету үшін де маңызды. Химиялық заттармен жұмыс істеу кезінде суланатын компоненттердің қасиеттерін тексеріңіз. Сұйықтыққа қоспалар мен бөлшектер кез келген аспаптың ішінде химиялық және электрлік шу тудыруы мүмкін.



1.12-сурет

Ішкі диаметрлерді тегістеу.

Суспензия ағыны

Суспензиялар, пасталар және қатты бөлшектері бар басқа да сұйықтықтар кейбір технологиялық салаларда, әсіресе тау-кен өнеркәсібінде жиі қолданылады. Қағаз массасының (жоғарыда карастырылған) жағдайы сияқты суспензиялар мен пасталардағы бөлшектер түрлі қиындықтарді тудыруы мүмкін. Бұл жағдайда, құралдардың қызмет ету мерзімін қысқартпау үшін ластануды, қақтың түзілуін (ішкі қабаттардың түзілуін), үйкелуді және тозуды ескеру қажет. Ішкі құбыр зақымдануын болдырмау үшін дұрыс өлшем мен материалды таңдау маңызды. Үйкеліс мәселесінен басқа, материалды тасымалдау тиімділігінің өзі жылдамдықпен байланысты. Егер ағын жылдамдығы тым жоғары болса, су (немесе көлік сұйықтықтығы) қатты бөлшектерді қалдырады, бұл қоқыстың түзілуіне әкеледі. Керісінше, егер жылдамдық тым төмен болса, бөлшектер тұндыру арқылы құбыр түбіне түсіп, жинақталатын болады және бұл да ластануды тудырады.

1.12-суретте көрсетілген мысалда екі түрлі құбыр өлшемдері көрсетілген. Жаксы таңдалған өлшемдермен (1), шығын өлшегіш пен құбырды салыстыру кезінде ішкі диаметрде ешқандай айырмашылық жоқ. Егер аспаптың ішкі диаметрі құбырмен (2) салыстырғанда аз болса, қорғау құрылғылары қажет. Мүмкін болатын қателіктерге байланысты, әдетте, құбырға қарағанда ішкі диаметрі үлкен аспапты пайдалану ұсынылмайды.

Сілтеме, Толығырақ

- Жаксы шығын өлшегішті табу үшін 2-тарау. Индуктивті шығын өлшегіштер суспензиялық жүйелерде өте таралған. Белгілі бір электр қасиеттері бар қатты денелер мен бөлшектер өлшеу электродтарында шу

тудыруы мүмкін және бұл жүйені мұқият жобалауды талап етеді. Қосымша доплерлік немесе корреляциялық әдістер негізінде шығын өлшегіштер пайдаланылуы мүмкін. Егер тозуды бақылауда ұстауға болатын болса, сондай-ақ массалық шығын өлшегіштерді қолдануға болады (кориолис түрі). Бұл солай болса, олар қосымша функционалдылықты ұсына алады, олар толықтыру ретінде тығыздықты өлшейді және кейбір жағдайларда өнімдегі қатты денелердің концентрациясын және/немесе пайызын есептейді.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Үйкеліс және тозу процестерін қадағалаңыз. Компоненттердің қызмет ету мерзімін тым көп қысқартуды болдырмау үшін, құбырдағы шектеулі жылдамдықты сақтау маңызды! Үйкеліс мәселесінен басқа, материалды тасымалдаудың өзі жылдамдықпен байланысты. Оңтайлы жылдамдық материалдың қасиеттеріне байланысты; жиірек жылдамдығы шамамен 2 м / с жеткілікті болады. Шығын өлшегіштің ішкі диаметрі құбырға ұқсас болуы да маңызды. Егер өлшеуіштің диаметрі аз болса (егер D2 D1-ден аз болса), жағдайды жақсарту үшін әр түрлі құрылымдардың металл қорғағыш сақиналарын пайдалануға болады.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Қалыпты шығыстарға сәйкес құбыр диаметрін анықтау өлшеу қателігін шектеу үшін де, тозуды төмендету үшін де маңызды. Химиялық заттармен жұмыс істеу кезінде суланатын компоненттердің қасиеттерін тексеріңіз. Сұйықтықтыққа қоспалар мен бөлшектер кез келген аспаптың ішінде химиялық және электрлік шу тудыруы мүмкін.

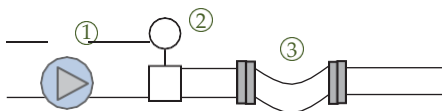
Криогендік ағын

Өте төмен температурада криогенді қолдану. Зертханаларда пайдаланылатын сұйытылған азот немесе энергетикалық сектордағы сұйытылған табиғи газ (СТГ) сияқты сұйытылған газдар мысал болып табылады. Атмосфералық қысымда СТГ температурасы шамамен -162°C-ты құрайды. Құбыр, сыйымдылықтар және компоненттер материалының қасиеттеріне байланысты суыту кезінде сығылады. Егер жүйе әртүрлі материалдардан жасалған болса, бұл, олар әртүрлі жылдамдықпен қысқартылатын немесе қысылатын болса, кернеулікмен күштің пайда болуына әкелуі әбден мүмкін. Желінің бір жерінде орнатылған иілгіш секция шығын өлшегішті (2) және басқа да компоненттерді (1) қорғайды (1.13-сурет). Құбыр кейде өте жоғары температураға жеткенде сол бір әдіс қолданылады.

Сілтеме, Толығырақ

- Қолайлы шығын өлшегішті іздеу үшін, қараңыз. 2-тарау. Мұндай төмен

температураларда барлық компоненттерге, әсіресе өлшеу жабдығына жоғары талаптар қойылады. Материалдар температураның төмендеуінен қысылған кезде пайда болуы мүмкін механикалық күштерден кедергіні болдырмас үшін



1.13-сурет

Икемді орнату.

орнату және орнату жағдайы одан да маңызды. Ең көп таралған түрлердің арасында диафрагмалық, кориолистік және ультратыңыстық өлшеуіштер болып табылады.

- Сақтау және қайта айдау заңдары мен ережелерін 12 және 13-тараулардан қараңыз. Кейбір облыстарда, криогенді жүйелер (анық көрінетін) шығын өлшегіш арқылы қайта іске қосу клапаны болуы мүмкін. Бұл есептегіш пен құбырдың сұйықтық күйінде берілгенге дейін салқындауына байланысты (қайта айдау мен сақтаудың басқа да қолдануларында қайта іске қосу клапандарына жол берілмейді).

Артықшылығы

- Сертификатталған немесе мақұлданған өлшеу жүйесі, тіпті ешқандай заңды талаптар болмаса да, сенімділік ұсына алады.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Құбыр жүйесіндегі нашар оқшауланған учаскелер сияқты жылу дақтарын қадағалаңыз. Бұл жерде сұйықтықтың жылынуы мүмкін, ал қайнау температурасына жеткен кезде газ пайда болады. Газдың тығыздығы айтарлықтай төмен болғандықтан, көлемнің артуы кез келген бағытта сұйықтықтың итеруге болатын қысымның күтпеген әсеріне әкеледі.

- Жоғарыда сипатталған жылу дақтарына ұқсас әсер қысым датчиктері сияқты құрылғыларды төмен температурадан қорғау үшін пайдаланылуы мүмкін. Егер ол «өлі» Т-қосылыста орнатылған болса, қысым датчигі криогенді температуралардың әсеріне ұшырамастан жылы газ арқылы суық сұйықтықтың қысымын өлшейді. Алайда мұндай жағдайда таратқышты құю ешқашан пайдаланылмауы тиіс, себебі бұл таратқышқа суық сұйықтықтың түсуіне әкеледі.

- Сертификатталған есептегіш көбіне жеткілікті болмайды. Сіз сондай-ақ, есептегіштің айналасында құрылғыларды қарап, лайықты компоненттерді таңдау қажет. Сонымен қатар, тұрақты қайта тексеру қажет. Аспаптарды

механикалық күш өте үлкен болмайтындай етіп орнатыңыз және егер олар күмән тудырса, иілгіш секцияларды қолданыңыз.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Қысымның төмен өзгеруі газдың жиналуын болдырмау үшін маңызды және құбыр диаметріне байланысты шығын ауқымы тиісті түрде таңдалуы тиіс. Есептік пайдалану температурасы салыстырмалы төмен болғандықтан, жүйенің жұмыс қысымы шектелуі мүмкін. Ретке келтіру басқа сұйықтықтарды пайдалана отырып орындалуы мүмкін; осы рәсімді тексеру қажеттілігін тексеріңіз. Егер заңды талаптар қолданылса, онда олар әдетте ең үлкен қателікпен қабылданған. Сондықтан дәлдікке қосымша талаптар назарға алынуы мүмкін, себебі өлшенетін сұйықтықтың мөлшері жоғары болуы мүмкін.

Ағындысулар ағыны

Кәріз жүйелері мен қондырғылары үйлер мен өнеркәсіптердің ағын суларын жинайды және өңдейді. Ерекше талаптардың арасында қатты заттардың жоғары концентрациясын, құбырлардың үлкен өлшемдерін (әрқашан толық толтырылмаған) және ұзақ желілерді табуға болады, онда ағын тек ауырлық күшімен (қысымның өте төмен төмендеуін талап ететін) пайда болады. Сонымен қатар, қол жетімділік төмен болуы мүмкін, себебі көп жағдайда құбырлар мен шығын өлшегіштер жер астында орналасады.

Сілтеме, Толығырақ

- Үздік шығын өлшегішті таңдау үшін 2-тарауды қараңыз. Қатты заттардың жоғары концентрациясына және максималды қысымның төмен түсуіне байланысты индуктивті шығыс өлшегіштері жиі кездеседі. Сонымен қатар, ультрадыбыстық доплерлік өлшеуіштер, сондай-ақ деңгейді ағынға түрлендіретін теңдеулерге негізделген коллекторлар мен суағарлар бар. Егер құбыр толтырылмаса да өлшеуді жүргізуге мүмкіндік беретін арнайы әзірленген шығын өлшегіш ретінде деңгей өлшегіш болуы мүмкін.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

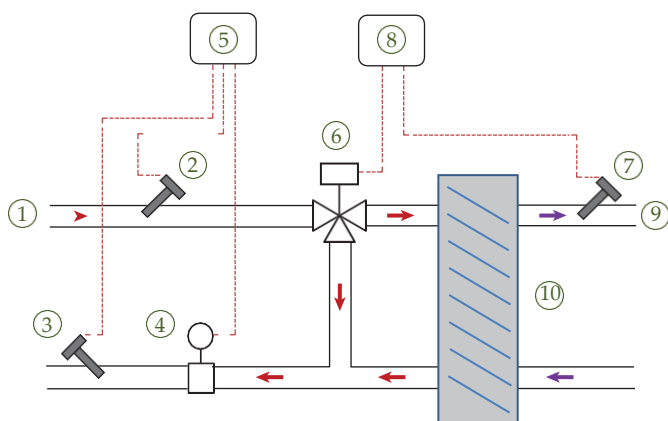
- Жергілікті экологиялық нормалар сертификатталған өлшеу жүйелерін талап ете алады-12 және 13-тарауларды қараңыз.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Шығын өлшегішті таңдау алдында номиналды шығынды, құбыр мөлшерін және қысымның рұқсат етілген ең жоғары ауытқуын көрсетіңіз. Сондай-ақ, жұмыс шарттары мен бөлшектердің нақты мазмұнын көрсетіңіз, сондай-ақ үнемі тазалаудың қажет екенін тексеріңіз.

Жылу қуаты

Жылу қуаты ыстық сұйықтықтардың ағуы немесе бу арқылы бөлінуі мүмкін. Орталықтандырылған жылумен жабдықтау орталық жылу станциялары технологиялық сумен толтырылған құбыр жүйесіне қосылған тұтынушылар тобына жылу энергиясын жеткізетін көптеген қалаларда пайдаланылады. Орталықтандырылған салқындату ұқсас, бірақ мұнда суық су (мысалы, көлден) бөлінеді. Көп жағдайда, жылу алмастырғыш (10) тапсырыс берушінің ғимаратында су құбыры жүйесі (1) мен жергілікті жүйе (9) арасында орнатылады (1.14-сурет). Бұл өндірілетін суды және су пайдаланушыларды араластырмай судың айналымын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, сондай-ақ апат немесе компоненттердің ағып кетуі жағдайында анағұрлым жоғары қауіпсіздікті қамтамасыз етеді. Тұтынылатын (немесе өндірілетін) жылу энергиясы кіріс пен шығыс арасындағы температураның шығысы мен айырмасы бойынша есептелуі мүмкін. Өлшеулер жылу алмастырғыштың кез келген жағында орындалуы мүмкін, бірақ жылу алмастырғыштың қай жағы пайдаланылғанына байланысты нәтижелер жылу алмастырғышта жылу жоғалтуды қосады немесе болдырмайды. Калькулятормен



1.14-сурет

Жылу / жылу энергиясын есепке алу.

немесе компьютермен (5) есептелетін есептеу, шығынды (4), кіріс температурасын (2), шығу температурасын (3) және пайдаланылатын сұйықтықтың энергия (энтальпия) құрамын талап етеді. Бұл мысалға контроллер (8) де қосылған. Бұл пайдаланушы (7) жағында шығу тесігінің температурасымен байланысты және үш жүрісті қайта іске қосу клапаны (6) арқылы жылу алмастырғыштың бастапқы жағында ағынын басқару арқылы оны тұрақты деңгейде ұстап тұруға тырысады. Қазандық сияқты басқа аспаптардағы жылу жылуы ұқсас түрде өлшенеді.

Сілтеме, Толығырақ

- Оңтайлы шығын өлшегішті таңдауды 2-тараудан қараңыз. Әдетте, шағын жүйелерде импеллерлік есептеуіштер (турбиналар) және үлкен жүйелерде ультрадыбыстық есептеуіштер қолданылады. Сонымен қатар, индуктивті есептеуіштер су өткізгіштігі тым төмен емес және магнит тым көп емес (магниттің индуктивті шығын өлшегіштің ішкі бөлігіне жабысуы электродтардың қысқа тұйықталуын тудыруы мүмкін) жүйелерде қолданылуы мүмкін.

- Қолайлы температура датчиктерін таңдау туралы 4-тараудан қараңыз. Кедергі температурасының детекторлары (Pt100/ Pt500 ретінде RTDs) осы аспаптарда қолданылған.

- Есептеу және интегралдау туралы 7-тараудан қараңыз.

- Жылыту және салқындату жүйелерінде сату заңдары мен ережелерін 12 және 13-тараулардан қараңыз.

Артықшылығы

- Сертификатталған жылу есептегішті таңдау, тіпті ешқандай заңды талаптар болмаса да, сенімділікті қамтамасыз ете алады. Өлшеуіштің шығыс сигналының көмегімен басқарудың түрлі функциялары іске асырылуы мүмкін.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Көлемді шығыннан жылуды есептеу үшін аспап алдымен массалық шығынды қайта есептеуі тиіс. Бұл есептеу температураға байланысты жүргізіледі, сондықтан калькулятор шығын өлшегіште болған кезде судың температурасын білуі тиіс. Егер сұйықтықта қандай да бір қоспалар немесе қоспалар бар болса, яғни бұл таза су болмаса, есептеу қажет болады. Сонымен, пайдаланылатын сұйықтықтық таза су болмаса, басқа жылу есептеу теңдеуін пайдалануды ұмытпаңыз! Гликольмен немесе спиртпен араласқан су салқындату жүйелерінде жиі қолданылады.

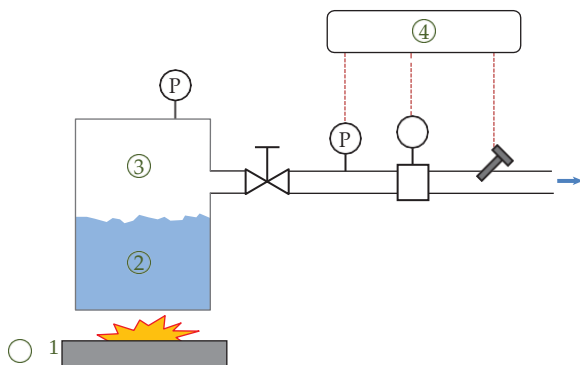
- Температура датчиктерін, олар сұйықтықтың орташа температурасына барынша жақын репрезентативті мәнді өлшейтіндей етіп орнату маңызды. Кейбір салқындату жүйелерінде кіріс пен шығудың арасындағы температура айырмашылығы өте аз, бұл температураны өлшеудің өте жоғары дәлдігіне әкеледі.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Қысым, температура, құбыр диаметрі және ағынның максималды шығыны осы аспаптың құралдарын таңдау үшін қажет. Егер сұйықтықтық су болмаса, онда не қолданылатынын көрсетіңіз және құбыр жұмысында кір, магнит немесе басқа да заттар бар-жоғын анықтауға тырысыңыз. Датчиктер мен құралдар бір-біріне сәйкес болу үшін сигнал түрлерін таңдаңыз, сондай-ақ қашықтан оқу талаптарын тексеріңіз.

Бу ағыны

Бу қаныққан немесе қыздырылған болуы мүмкін. Қаныққан бу негізінен су қайнаған кезде өндіріледі. Қыздырылған бу көп мөлшерде жылу әсеріне ұшырайды және қосымша энергияға ие. Бу құбырларында ұзақ желілерде салқындатылғаннан кейін немесе өндірістік қиындықтарден кейін сұйықтық су (конденсат) жиі болуы мүмкін. Бу құрғатылмаған және / немесе бөлінген болса, ылғал болуы мүмкін. Қаныққан бу үшін қысым, температура, тығыздық және энергия арасында бекітілген тәуелділік бар. Бұл көлемді ағыннан энергия есептеу кезінде қысым мен температураны өлшеудің қажеті жоқ дегенді білдіреді. Егер бу қызып кетсе, онда берілген тәуелділік жоқ және мұнда энергияны есептеу үшін қысым, температура қажет. 1.15-суретте қыздырғыш (1) суды (2) қайнатады және бу (3) түзіледі. Қауіпсіздік мақсатында қазандық бағындағы қысымды бақылау, сондай-ақ сыйымдылықты сақтандырғыш клапандармен жабдықтау қажет. Бұдың қалыпты жұмысы кезінде қазандық бағынан шығып, реттеу клапаны арқылы тарату желісіне түседі. Барлық өлшеу нүктелерінде энергияны, қуатты және массаны (4) есептеу үшін көлемді шығыс, қысым және/немесе температура қажет.



1.15-сурет

Буды өлшеу.

Сілтеме, Толығырақ

- Оңтайлы шығын өлшегішті таңдау туралы 2-тараудан қараңыз. Әдетте құйынды немесе дифференциалды қысыммен шығын өлшеуіштер таңдалады. Қызған бу үшін, ультрадыбыстық айдау өлшеуіштер, егер жоғары температура үшін құрастырылса, пайдалануға болады.
- Есептеу құрылғысын (ағынды компьютерді) таңдау туралы 7-тараудан қараңыз.

Неге назар аудару қажет туралы ескерту

- Будың шын мәнінде қанық екеніне күмән бар болса, қысым мен температура датчиктерін қамтитын өлшеу жүйесін таңдаңыз.

- Шектен тыс қызған бу өте ыстық! Қыздыруға төтеп бере алатын компоненттерді немесе датчиктер мен электроникамен бөлінген құралдарды пайдаланыңыз. Желдету клапандарын ешқашан ашпаңыз. Бу құбырын қысым датчигімен байланыстыратын импульстік желілер бу ішке түссе, өте ыстық болады. Шектен тыс қызған бу көзге көрінбейді, сондықтан да өте қауіпті.

Ретке келтіру және таңдау үшін қажетті ақпарат

- Аспапты таңдау алдында будың қанықтығын немесе қызып кететінін тексеріңіз. Максималды және номиналды қысым мен температура әрқашан компоненттерді таңдау қажет. Қандай деректер түрін қажет ететінін біліңіз: көлемдік шығын, массалық шығын немесе энергия. Датчиктер мен құралдар бір-біріне сәйкес болу үшін сигнал түрлерін таңдаңыз.

Негізгі ережелер

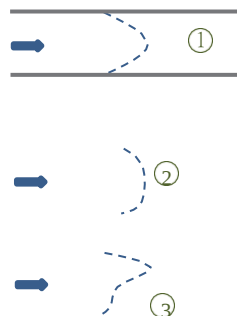
Ағым ортасы (газ немесе сұйықтықтық) құбырда тасымалданғанда, ағым ортасының барлық бөліктері дәл осындай жылдамдыққа ие бола алмайды. Жылдамдық әдетте құбыр қабырғасына жақын. Бұл жылдамдық өзгерісі ағын кескінімен сипатталады. Шығатын құбырдың жұмысына қарап немесе есептеу гидродинамикасын бағдарламалық қамтамасыз етудің (CFD) көмегімен ағын кескінін бағалауға болады. Егер оптикалық қолжетімділік болса (мысалы, еркін газда немесе шыны терезесі бар құбырларда), ағын кескіні лазерлік доплерлік өлшеуіштің көмегімен өлшенуі мүмкін.

Көптеген шығын өлшегіштер ағынның кескініне байланысты болады. Егер ағынның кескіні шығын өлшегіш жобалаушының болжамына сәйкес келмесе, өлшеу қателігі әсер ететінін білдіреді. Кейбір өлшеу қағидаттары өте сезімтал, ал басқалары аз әсер етеді. Алайда, жалпы алғанда, шығын өлшегішті орнату орнында ағынның кескінін білу маңызды. Ұзын тік түтікте ағынның кескіні симметриялы болу процесі бар. - 2.1-суретте екі симметриялы ағын кескіні көрсетілген: біреуі төмен ағын үшін (1), екіншісі жоғары ағын үшін (2). Иістер, Т-тәрізді қималар, редукторлар, сүзгілер, клапандар мен датчиктер ағынның кескінінде (3) симметриялы емес жылжуды тудырады. Кедергілердің немесе турбуленттіліктің шамасы құбыр материалына да, сұйықтықтың өзіне де байланысты. Шығын өлшегіштер мен таратқыштардың түрлі типтеріне арналған эмпирикалық ережелер бар. Мысалы, егер құбыр диаметрі индуктивті шығын өлшегіштен бес есе артық қашықтықты орналасқан болса, бір иілуге әдетте рұқсат беріледі. Ең аз ұсынылатын қашықтық көп жағдайда құбырлардың диаметрлерінің санынан көрінеді, мысалы, $5 \times DN$ (номиналдық диаметр 100 мм құбыр үшін 500 мм тең). Әрине, осы мейлінше аз арақашықтық сонымен қатар қаншалықты дәл өлшеу қажет екеніне байланысты.

Ағымдағы ортаның қозғалысын теориялық сипаттау үшін жиі Рейнольдс (Re) саны қолданылады. 1900 жылға жуық Осборн Рейнольдс ағынның, тұтқырлықтың және тығыздықтың теңдеуі мен өлшемсіз сан арасындағы байланысты сипаттады:

$$Re = \frac{v \times d}{\vartheta} \quad (2.1)$$

мұндағы v -сұйықтықтың жылдамдығы (м/с), d -диаметр (м) және ϑ -кинематикалық тұтқырлық (м²/с). Осылайша, ағынның кескіні қандай болатынын тек ағынжылдамдығы ғана анықтамайды, сондай-ақ тығыздық пен тұтқырлық та қатысады. Егер Re 2000-нан аз болса, ағын ламинарлы (1) болады. Re көп болса, ағын турбулентті (2) болады. Бұл екі шарт ағын өлшеуішінің көрсеткіштеріне, қысымның төмендеуі және басқа да параметрлерге әсер етуі мүмкін.



2.1-сурет
Ағын кескіні.

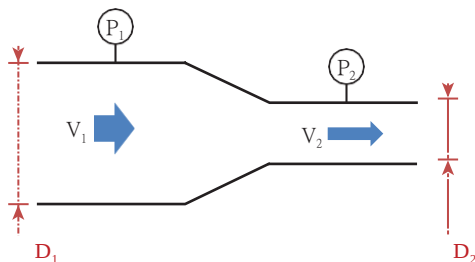
Қысым мен ағын құбырға

қатынасы жақын. Мұндай кейде өлшеу кезінде қолданылады; ағын қысым есептеу үшін өлшенуі мүмкін және керісінше. Осының негіздері 1738 жылы Даниил Бернуллидің Гидродинамика кітабында сипатталған болатын. Энергия құбыр бойымен тұрақты (үйкелгенде жоғалады); ағусыз, құбырдағы массалық шығын тұрақты. Егер, мысалы, құбырдың ауданы кенеттен азайса, ағынның жылдамдығы тұрақты массалық шығындарды ұстап тұру үшін артады. Энергия тұрақты болу үшін қысым да бір мезгілде азаю керек. Бернулли теңдеуі осы қатынастарды сипаттайды және құбыр жүйелерін және компоненттерін ретке келтіру және жобалау үшін маңызды негіз құрайды. Шын мәнінде, қозғалыстағы ағымдағы орталарды сипаттау кезінде ескеру қажет көптеген аспектілер бар, бірақ төменде теңдеу көптеген есептер үшін негіз болып табылады.

$$P_1 + \frac{\rho_1 \times v_1^2}{2} + \rho_1 \times g \times h_1 = P_2 + \frac{\rho_2 \times v_2^2}{2} + \rho_2 \times g \times h_2 \quad (2.2)$$

мұндағы P -қысым, ρ -тығыздығы, v -сұйықтықтың жылдамдығы, g -ауырлық күші және h -биіктігі.

2.2-суретте құбыр үлкен диаметрден (D_1) кіші диаметрге (D_2) дейін кішірейтілген. Егер ағып кету болмаса, массалық шығын құбыр арқылы тұрақты болады; демек, жылдамдық аз диаметрлі құбырда жоғары болуы тиіс. Бұл мысалда биіктік өзгермейді және



2.2-сурет

Құбыр ауданының азаюы.

Бернулли тендеуінің осы бөлігі тұрақты болып қалады. Егер біз ағымдағы сұйықтыққа қарап болсақ, тығыздық та өте тұрақты; сондықтан жылдамдықпен ауысатын жалғыз нәрсе-қысым. Егер жылдамдық артса, онда қысым азаяды. Құбырдағы ағынға әсер ететін басқа екі параметр-тығыздық пен тұтқырлық. Газдың немесе сұйықтықтың тығыздығы көлем бірлігінің салмағын білдіреді; мысалы, судың шамамен тығыздығы 1 литрге 1 кг. Тұтқырлық бізге сұйықтықтың қаншалықты «қалың» екенін, сондай-ақ ол ағып кететінін айтады. Бұл ішкі үйкеліс шамасы және оны білдірудің көптеген жолдары бар. Тұтқырлықтың екі түрі бар: кинематикалық және динамикалық. Кинематикалық тұтқырлықтың тығыздыққа бөлінген динамикалық тұтқырлық болып табылады:

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.3)$$

мұндағы, ϑ -кинематикалық тұтқырлық ($\text{м}^2/\text{с}$), μ -динамикалық тұтқырлық ($\text{Па} \cdot \text{с}$) және ρ -тығыздық ($\text{кг}/\text{м}^3$).

СИ жүйесінде кинематикалық тұтқырлық $\text{м}^2/\text{с}$ және тағы бір жалпы өлшем бірлігі centistoke (cSt) ($1 \text{ cSt} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$). 20°C кезінде судың кинематикалық тұтқырлық шамамен 1 cSt -ны құрайды. СИ жүйесінде динамикалық тұтқырлық $\text{Па} \cdot \text{с}$, және басқа жиі қолданылатын бірлік-сантипуаз (сП) ($1 \text{ сП} = 1 \text{ МПа} \cdot \text{с}$). 20°C температурада судың динамикалық тұтқырлығы шамамен 1 сП , ауаның тұтқырлығы шамамен $0,02 \text{ сП}$ және зәйтүн майының тұтқырлығы шамамен 100 сП . Таңдалған сұйықтықтардың тұтқырлығы А.3-кестесінде келтірілген. Температура жоғарылаған кезде газдың тұтқырлығы да артады, бірақ сұйықтықта тұтқырлығы азаяды. Газдар және көптеген сұйықтықтар (мысалы, су) тұрақты тұтқырлығы қатысты жылдамдығы, бірақ кейбір сұйықтықтарды ерекшеленеді. Егер тұтқырлық сұйықтықтың ағып жатқан кезде өзгерсе, бұл сұйықтықтың «ньютондық» деп аталады. Мұндай сұйықтықтарда тұтқырлық ұлғайып та, шығынмен азайтылуы да мүмкін.

Шығын өлшегіштерге келгенде өнертапқыштық ғаламат болды. Ағымдағы сұйықтықты немесе газды өлшеуге байланысты мыңдаған патенттер мен идеялар бар, олардың барлығы артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Алайда «мінсіз» шығын өлшегіш әлі әзірленбеген! Бұл нақты қолдану үшін ең жақсы өлшеу қағидатын таңдау қажеттілігіне әкеледі, бұл ағынның өлшеуін басқа да көптеген өлшеу іс-шараларымен салыстырғанда өзгеше және одан да күрделі етеді. Жақсы нәтиже алу үшін, Сізге қандай орталар өлшенуі, қысымды, температураны, құбыр өлшемін, минималды /қалыпты/ максималды шығын, талап етілетін дәлдік және талап етілетін жауап уақытын білу қажет. Әрине, бюджет пен баға таңдау өлшемдеріне енгізілуі тиіс (2.1-кесте).

2.1-кесте

Шығын өлшегішті Кесте
таңдау

Қолдану	Индуктивті	Ультрадыбыстық	Кориолис	Қысымның өзгеруі	Жылу	Құйынды	Оңығысу	Ауыспалы алаң	Турбина
Су	ОК	ОК	ОК	ОК		ОК		ОК	
Су, конденсат		ОК	ОК	ОК		ОК		ОК	
Су (СТ ^а)	ОК								ОК
Жылу энергиясы	ОК ^b	ОК						ОК	
Жылу энергиясы (СТ ^а)		ОК							ОК
Мұнай, процес		ОК	ОК	ОК			ОК	ОК	
Мұнай (СТ ^а)		ОК	ОК						
Химиялық	ОК		ОК	ОК		ОК	ОК	ОК	
Сусындар	ОК ^e		ОК ^e					ОК ^e	
Жоғары тұтқырлық	ОК ^f		ОК ^e						
Суспензия, паста	ОК		ОК						
Целлюлоза	ОК		ОК						
Бақылау шығын өлшегіш	ОК		ОК				ОК		
Сгуо, LNG (СТ ^а)		ОК	ОК						
Жоғары температура	ОК	ОК	ОК	ОК					
Бу		ОК ^d		ОК		ОК			
Газ / Сығылған ауа		ОК	ОК	ОК	ОК	ОК		ОК	

(Жалғасы)

2.1-кесте(ЖАЛҒАСЫ)

Шығын өлшегішті таңдау диаграммасы

Қолдану ая Индуктивті Турбина iУльтрадыбыстық Дифференциал Жылу Оң ығысу КориолисАйнымалы

Қысым

Құйынды

Биогаз (ылғалды)	ОК		ОК
Газ (СТ ^a)	ОК	ОК ^c	
Газ көлемі х ^g	ОК		
Газ массасы х ^g		ОК	

^a айдау және сақтау құралы үшін (СТ) көп жағдайда аспаптың түрін бекіту қажет.

^b жүйеде магнит / металл шөгінділер болса, сай келмейді.

^c сығылған табиғи газ (СТГ).

^d қыздырылған.

^e арнайы гигиеналық нұсқа.

^f су негізінде.

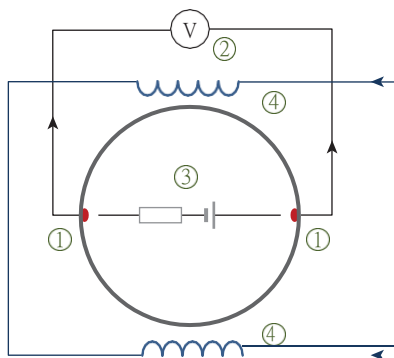
^g құрамы әртүрлі.

Индуктивті шығын өлшегіштері

Индуктивті шығын өлшегіштер бүгінгі күні өңдеу өнеркәсібіндегі шығындарды өлшеудің ең жиі қолданылатын қағидаттарының бірі болып табылады. Индуктивті шығын өлшегіштердің артықшылықтары олардың қозғалатын бөліктері жоқ (техникалық қызмет көрсетудің төмен деңгейі талап етіледі), мейлінше аз өлшеу қателігі, үлкен өлшеу диапазоны және қысымның төмен ауытқуы болып табылады және олар ұзындығы тең құбыр учаскесіне қарағанда ағысты бұзбайды. Датчик магнитті орауыштармен жабдықталған, олар құбырға көлденең магнит өрісін жасайды. Құбырдың ішінде сұйықтықтықпен жанасатын өлшеу электродтары және сұйықтықтың шығын өлшегіш корпусынан электрлік оқшаулануын қамтамасыз ететін жапсырмалар бар. Өлшегіштің бұл түрі тек электр өткізгіштігінің қасиеттері бар сұйықтықтарда жұмыс істейтін болады (мысалы, май өлшеуге болмайды). Өлшегіш бірінші кезекте сұйықтықтық жылдамдығын өлшейді (мысалы, м/с), ал ағын жылдамдығы (мысалы, сағатына текше метр) өлшенген жылдамдық пен құбыр диаметрінің көмегімен сигналдың ішкі түрлендіргішімен есептеледі. Жиі айдау өлшеуші құбыр диаметрі, жапсырманың қалыңдығы және магнит өрісінің беріктігі сияқты өнімде ауытқуларды өтеу үшін бірегей дереккор бар. Бұл екі мәндер, диаметр және өлшеу коэффициенті дұрыс өлшем алу үшін сигналдар түрлендіргішінде сақталуы тиіс. Индуктивті шығын өлшегішке сигналды түрлендіргіш (2)

орауыштардың магниттік өрісі (4) индукцияланған (1)электродтар арасындағы кернеуді өлшейді (2.3-сурет). Кернеулікденгейі сұйықтықтың жылдамдығына, магнит өрісінің кернеулігіне және электродтар арасындағы қашықтыққа (датчиктің диаметрі) байланысты. Сұйықтықтың өткізгіштігі сигнал түрлендіргішінің импедансына сәйкес келуі маңызды, бірақ ол шығыс теңдеуіне қосылмаған, және өзгерту өлшемге әсер етпейді.

Қолайлы индуктивті шығын өлшегішті таңдау кезінде нақты қолдану үшін сұйықтықтықпен жанасатын өлшемге (диаметрге) және материалдарға («суланған бөлшектер») назар аудару қажет. Төсеменің қол жетімді қосымша материалдарының арасында резеңке, пластмасса, PTFE (политетрафторэтилен) және керамикалық материалды табасыз. Тот баспайтын болат (суғаарналған), әртүрлі қорытпалар, титан



2.3-сурет

Айдау өлшеуішінің индуктивті қағидаты.

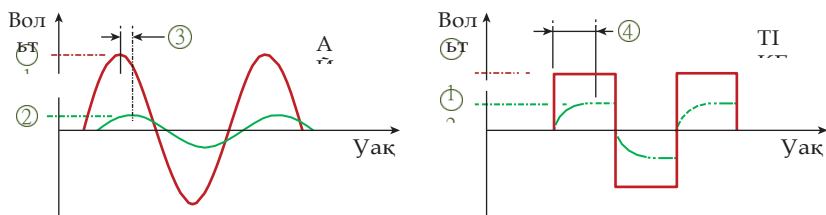
және тантал (коррозиялық химикаттар үшін) жалпы қол жетімді электродты материалдар. Өлшем мен өлшемдерге келетін болсақ, әрбір тәжірибелік қолдану зерттелуі тиіс. Өлшеуіш өлшемін таңдау үшін өлшеуіш өлшемін құбыр өлшемдерімен шектемеңіз, оның орнына процестің осы процесінен қалыпты жұмыс ағын шығындарын білуге тырысыңыз. Жаксы мақсат- 3 м/с, егер де есептеуіштердің көбісі 10 м/с-ге дейін орындалатын болса да. Жаксы индуктивті шығын өлшегіш болған кезде Сізде өлшенген мәннен 0,5% кем номиналды қателікпен өлшеуге мүмкіндік болуы тиіс. Беріліс пен жылдамдық арасында жеңіл түрлендіру үшін қосымшадағы кестелерді қараңыз.

Сипатталғандай, өлшеуіштің ішіндегі электродтарда өлшенген кернеулікмагнит өрісінің кернеулігіне, электродтар арасындағы қашықтыққа және сұйықтықтық жылдамдығына пропорционалды. Дегенмен, тұрақты магниттік өріс мәселе тудыруы мүмкін. Сондықтан бағытты үнемі өзгертетін айнымалы өрістер қолданылады. Бұл электродтардың сигналдарын өлшеуге әкеп соғады, олар да оң кернеуден теріс кернеуге дейін өзгереді. Ерте типті өлшеуіштер магнит өрісін жасау үшін айнымалы кернеуді қолданған. Бүгінде

ішкі сигналдар түрлендіргішінен негізінен тікбұрышты тұрақты ток пайдаланылады, жасалады және қолдайды. Тұрақты ток жүйесі дәлірек және сонымен қатар энергияны аз тұтынады. Алайда, аз қуатты магнит өрісі сигнал-шу қатынасы аз болады, және кейбір жағдайларда бұл сұйықтықтағы электр зарядталған бөлшектерден кедергі келтіруі мүмкін. Бұл мәселені шешу үшін сигналдық сүзгілер мен арнайы электродтар пайдаланылуы мүмкін.

Айнымалы ток жүйелері үшін магниттік орауыштарға берілетін кернеу- бұл синустық толқын және тұрақты ток жүйесі үшін - тікбұрышты толқын, суретте қызыл түспен (1) белгіленген (2.4-сурет). Электродтарда өлшенген кернеулік(тұрақты шығын кезінде) жасыл түспен (2) көрсетілген. Екі жүйеде да магнит өрісінің бағыты өзгергенде кідіріс уақыты бар. Айнымалы ток жүйесінде бұл кідіріс фазалық жылжу (3) түрінде болады, ал тұрақты ток жүйесінде «өсу уақыты» (4) бар. Бұл кідіріс уақыты температурамен үнемі емес, ол айдау өлшеуішінің көрсеткіштеріне әсер етуі мүмкін.

Егер Сіз өлшегіңіз келетін сұйықтықтық құбырдың ішкі бөлігінде қабық немесе шөгінділер түзуге бейім болса, бұл индуктивті шығын өлшегішке теріс әсер етуі мүмкін. Шөгінділерден туындаған қателіктің шамасы олардың электрлік қасиеттеріне байланысты болады. Қалың оқшаулағыш шөгінділер қолданудың барлық салаларына әсер етеді және ағынның тұрақсыз сигналдарына әкеледі. Өткізгіш шөгінділер, сондай-ақ жұқа қабаттар түрінде өлшеудің теріс қателігін тудырады. Өлшеу қателігі



1.14-сурет

Индукцияланған магнит өрісі.

сұйықтықтың өткізгіштігімен байланысты және жоғары электр өткізгіштігі бар сұйықтықты өлшейтін өлшеуіш, әдетте, өткізгіш шөгінділердің әсеріне азырақ бейімді болып келеді.

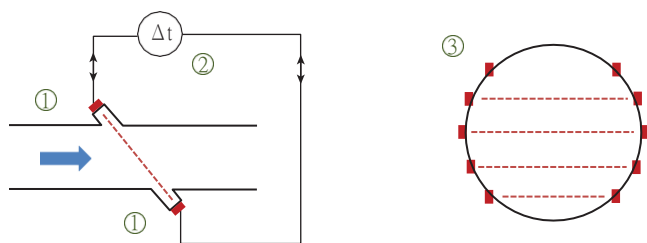
Өлшеуіш электродтарында өлшенетін кернеулікөте аз. Ол үшін жақсы өлшеу тізбектері қажет, ал қолданылатын сигналдық кабель (сигналдық түрлендіргіш пен сенсор арасында) жақсы сапалы болуы тиіс. Жиі бірнеше экрандар қозғалтқыштардан, электр кабельдерінен және ұялы телефондардан түсетін кедергілерден сигналдарды қорғау үшін қолданылады. Құбыр электр кернеулерінен (әлеуеттерінен) бос болуы тиіс, ал қысқа тұйықталу кабелі көп жағдайда датчикті құбырдағы ықтимал кернеулерден қорғау үшін есептеуішпен бірге жеткізіледі. Электр қондырғысының шығын өлшегіш

нұсқаулығында сипатталуы мүмкін жобалық өлшемдер мен қондырғыға қойылатын талаптарға сәйкес келетініне әрқашан көз жеткізіңіз.

Ультрадыбыстық шығын өлшегіштер

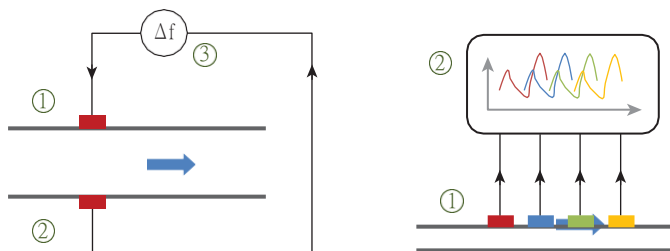
Дыбыс толқындары шығынды өлшеу үшін бірнеше жолмен пайдаланылуы мүмкін. Ультрадыбыстық дыбысты және уақыт өткізу әдісін пайдалану анағұрлым көп таралған болып табылады. Бұл әдіс, импульс үшін талап етілетін уақыт, диагональ бойынша құбыр (1) арқылы қозғалу өлшенеді (2) (2.5-сурет). Егер импульс ағыс бойынша жоғары және төмен қозғалса, оны екі рет өлшеп, салыстыруға болады. Уақыт айырмашылықтары шығысқа қайта есептелуі мүмкін. Дыбыс жолы бойынша ағынның орташа жылдамдығы автоматты түрде өлшенеді, бірақ құбырдың барлық ауданы бойынша орташа мәнді алу үшін бірнеше датчиктер жұбын (3) пайдалану қажет.

Индуктивті шығын өлшегіштер сияқты, өту уақытының ультрадыбыстық өлшеуіші қозғалатын бөліктердің болмауының, қысымның аздаған ауытқуының, жақсы дәлдіктің және өлшеудің үлкен диапазонының артықшылықтарына ие. Ол сұйықтықтың барлық түрлері үшін жұмыс істейтін болады, көп бөлшектер бар (немесе газ көпіршіктері) қоспағанда, олар құбыр қиылысынан дыбыс импульстерін тоқтатады. Өту уақытының ультрадыбыстық өлшеуіші сондай-ақ газ шығынын өлшеу үшін, бірақ сол датчиктерді пайдаланбай, газға басқа жиіліктерде дыбыс толқындары қажет болғандықтан пайдаланылуы мүмкін. Ретке келтіру және өлшемдерді анықтау шамамен 3 м/с оңтайлы жылдамдықты алу мақсатында индуктивті өлшеуішке ұқсас. Ағынның кескініне және қажетті орнату жағдайына жеткен кезде



2.5-сурет

Ультрадыбыстық шығын өлшегіш қағидаты.



2.6-сурет

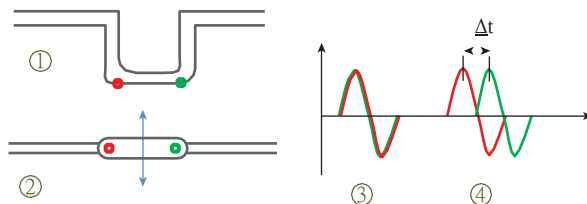
Шығын өлшегіштің доплерлік және корреляциялық қағидаттары.

ағыс бойынша жоғары өтетін тік құбырдың қажеттілігі есептеуіштің қанша датчиктер жұбы бар болуына байланысты. Тек бір жұп болған жағдайда, (дыбыс өтудің бір жолы) қажетті ұзындық жеткілікті түрде үлкен, мысалы, қос иілгеннен кейін шамамен $50 \times DN$. Үш жұпты өлшеуішке индуктивті өлшеуішке секілді талаптар қойылады, ал 10 немесе одан да көп жұптары бар датчиктер үшін талаптар іс жүзінде болмайды. Балама ретінде, егер мұндай көп желілі өлшеуіш тікелей құбырда орнатылса, өлшеу қателігі нәтижеде өте төмен өлшеу қателігімен барынша азайтылуы мүмкін. Есептеуіштің күтілетін қателіктері бір трактісі бар есептеуіш үшін 1% - дан бірнеше трактісі бар есептеуіш үшін 0,1%-дан кем емес диапазонда болады. Мұндағы терминология ешқандай сын көтермейді. Кейбір өндірушілер «тракт» терминінің орнына «сәуле» немесе «траверс» терминін пайдаланатын болады. Сондай-ақ, кейде «аккорд» термині пайдаланылады, мүмкін, бұл құбырдың қарама-қарсы қабырғасында көрініс береді. Бірнеше таңдалған материалдар үшін дыбыс жылдамдығы қосымшада көрсетілген.

Ультрадыбысты пайдаланудың басқа тәсілдеріне доплерлік өлшеуіш және корреляция әдістері жатады (2.6-сурет). Құрамында бөлшектер немесе көпіршіктер (немесе тамшылары бар газдар) бар сұйықтықтарды пайдаланатын аспаптарда екеуі де пайдалы. Доплерлік өлшеуіш берілген және қабылданған жиіліктер арасындағы ауытқуды өлшейді және бұл айырмашылық ортадағы бөлшектердің жылдамдығына байланысты. Бұл әдіс үшін қажетті алғышарттар-бұл ортада кейбір бөлшектер бар және бұл бөлшектер ортаның өзі сияқты жылдамдықпен қозғалады. Егер тас сияқты үлкен бөлшектер көп болса, корреляция метрі пайдалы болуы мүмкін. Бұл құрал құбыр бойындағы 2 күйдегі ядро суреттерді талдайды. Егер (1) датчиктің үлгісі (2) датчикте танылса, жол уақыты өлшенуі мүмкін және датчиктер арасындағы белгілі қашықтықпен бірге ағынның жылдамдығы бағалануы мүмкін.

Массалық шығын өлшегіштер

Құбырға діріл әсер еткен кезде құбыр ішіндегі орта (сұйықтықтық немесе газ) дірілмен бірге қозғалуға мәжбүр. Ортаның массасы мен жылдамдығы құбырға әсер ететін күштерге әсер етеді және шағын деформацияны туындататын болады. Кориолис типті массалық шығын өлшегішті жобалаудың әртүрлі тәсілдері бар, бірақ



2.7-сурет

Кориолис массалық шығын өлшегіш қағидаты.

олардың арасындағы анағұрлым жалпылары тербеліс жиілігі (2), сондай-ақ құбыр учаскесінің (1) кірісі мен шығысы арасындағы фазалық ығысу (4) ретінде анықталуы мүмкін болатындай орындалған (2.7-сурет). Тығыздығы мен жылдамдығы механикалық күштерге әсер ететіндіктен, фазалық ығысу массалық шығынға пропорционал болады. Құбыр жүйесіндегі кернеулер мен ығысуларға байланысты, сондай-ақ нөлдік шығыс (3) кезінде фазаның аздаған қалдық ығысуы орын алуы мүмкін, ол орнатылғаннан кейін нөлдік нүктені реттеу жолымен жойылады. Кориолис күші алғаш рет айналмалы объектілерде байқалды, бірақ дірілдейтін (немесе тербелетін) құбырлардың қозғалысын айнарудың шағын бөлігі ретінде қарастыруға болады, кориолис әсері де дірілде байқалатын болады. Құбырларды көптеген жолдармен құрастыруға болады және сіз түрлі формалық құбырлармен өлшеуіштерді таба аласыз. Ерекшелігі кориолис әсерін қамтамасыз ететін жақсы және икемді құрылымды табу, сондай-ақ сыртқы күштер мен дірілге әсер етпейтін берік құрылымды табу болып табылады.

Көптеген кориолис есептегіштер тығыздығын өлшейді. Сұйықтықтық тығыздығы дірілдеткіш құбырлардың жиілігінен есептеледі, себебі жиілік құбырдың тербелмелі сегментінің жалпы массасына байланысты болады. Осы сегменттің көлемі белгілі; сондықтан тығыздығы өлшенуі мүмкін.

Бұл екі мәндер болса да, массалық шығын пен тығыздық бір құбырда бір мезгілде өлшенеді, олар бір-біріне толық тәуелді емес. Массалық шығын дифференциалды өлшеу болып табылады және сыртқы күштерге және кедергілерге бірдей сезімтал емес. Тығыздығы абсолютті өлшем болып табылады, сондықтан, әдетте, массалық шығын көрсеткішімен салыстырғанда өте дәл емес. Кориолис есептегіштердің көпшілігі массалық шығын және көлемді шығын көрсетуі мүмкін болғандықтан, осы көрсеткіштердің дәлдігі әр түрлі екенін атап өту керек; егер Сіз анағұрлым дәл оқу алғыңыз келсе,

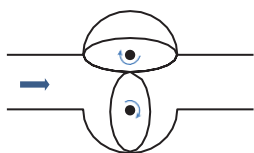
массалық шығынды таңдаңыз.

Кориолис типті массалық шығын өлшегіш дірілдесе де, оның қозғалмалы бөліктері жоқ деп есептеледі. Іс механикалық қолдауға келгенде, қондырғы механикалық қолдауға басқа есептеуіштерге қарағанда біршама талапшыл болуы мүмкін. Әсіресе ескі есептегіштер жақсы өлшеу нәтижелерін қамтамасыз ету үшін құбырлар тіректері берік және тұрақты негізде бекітілуі қажет. Анағұрлым жаңа аппаратураларға талап біршама аз қойылады. Кориолис өлшегішінде жақсы ағынның кескінінде қажеттілік жоқ және ол мысалы, құбырдың бүгілуінен кейін бірден орнатылуы мүмкін. Ол сұйықтықтар мен газдардың барлық түрлерін өлшей алады, ал кейбір модельдер газ бен сұйықтықтың кез келген қоспасын өлшей алады. Дегенмен, үнемі толтырылған құбырлардың жартысына жол бермеуге тырысыңыз, себебі лүгіл жағымсыз дірілдеуді тудыруы мүмкін. Кориолистің жақсы шығын өлшегішінен өлшеу қателіктерін 0,2% диапазонында массалық шығын үшін және тығыздығы үшін 1% - ға жуығын күту керек.

Көлемді шығын өлшегіштер

Көлемді есептегіштерді кейде олар қалай жұмыс істейтінін жақсы түсіндіре алатын көлемді шығын өлшегіш деп атайды (2.8-сурет). Көптеген түрлі құрылымдар бар, бірақ олардың бәрінің ортақ камерасы бар. Камералар механикалық құралмен толтырылады және босатылады.

Камералар толтырылғанда олардың толтыру рет саны есептеледі және камералардың көлемі белгілі болғандықтан, саны көлемге және ағын шығынына қайта есептелуі мүмкін.



2.8-сурет

Көлемдік шығын өлшегіш

Егер есептегіш тоқтатылса, онда беріліс те тоқтатылады. Бұл сұйықтықтар сатылатын қолданбадағы жақсы нәрсе болғандықтан, есептеуіштің бұл түрі автожанармай құю станцияларында отын мөлшерлегіштерінде өте кең

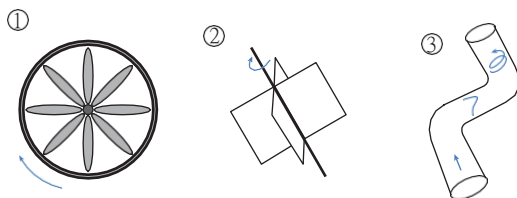
таралған. Өлшеуіш шығын ағынындағы қысымның аздаған өзгерістерін тудырады, бұл кейбір сезімтал процестерде қиындықтар тудыруы мүмкін. Есептеуіштің бұл түрі қозғалатын бөлшектер көп және тұрақты техникалық қызмет көрсету мен қызмет көрсетуді талап етеді. Алайда, егер маймен жұмыс істесе (бұл өте кең таралған), тозу маңызды емес және қызмет көрсету қажеттілігі төмендейді. Жиі қайталанатын ретке келтіру ұсынылады.

Механикалық шығын өлшегіштерді ластану немесе коррозиялық жағдайлар пайда болуы мүмкін жағдайларда пайдаланбаңыз, себебі бұл аспаптың ішіндегі тығыздағыштар мен мойынтіректердің зақымдануына әкеп соғуы мүмкін. Қажет болса, сүзгіні шығын өлшегіштің алдында орнатыңыз. Есептеуіштің максималды шығыны рұқсат етілгеннен жоғары болмауы керек, себебі шамадан тыс шығын есептеуішті зақымдауы мүмкін. Орнату кезінде құбырдың таза екеніне көз жеткізіңіз және фланецтер мен құбырлар

есептеуіште күшті күш салу арқылы теңестірілуі қажет болса, есептеуішті орнатпаңыз.

Турбиналық шығын өлшегіштер

Турбиалар жоғары шығындар кезінде жоғары жылдамдықпен айналатын болады. Осылайша, айналым саны метрде өтетін көлемге пропорционалды. Дегенмен, тығыздығы мен тұтқырлығы да айналуға әсер етеді. Турбиналық өлшеуіштегі сезімтал элемент жиі турбина қалақтарының айналуын анықтайтын орауышты білдіреді. Бұл датчиктің шығуы айналу жиілігіне байланысты. Әрбір турбина нақты сұйықтықтың бір литріне импульс түрінде көрсетілген «К-дерекқормен» белгіленген. Осылайша, турбиналық есептеуішті ретке келтіру ол пайдаланылуы тиіс ортаның сол түрін пайдалану арқылы жақсы жүргізіледі. Бұған қол жеткізу оңай емес, кейде тығыздық пен тұтқырлықты өтеу коэффициенттерін табуға болады. Алайда, бұл дерекқорлардың дәлдігі жиі өте төмен болады. Егер есептеуіштің күйі жақсы болса және ол сұйықтықтың сол бір түріне калибрленген болса,



2.9-сурет

Турбина, қалақ және құйынды туындау.

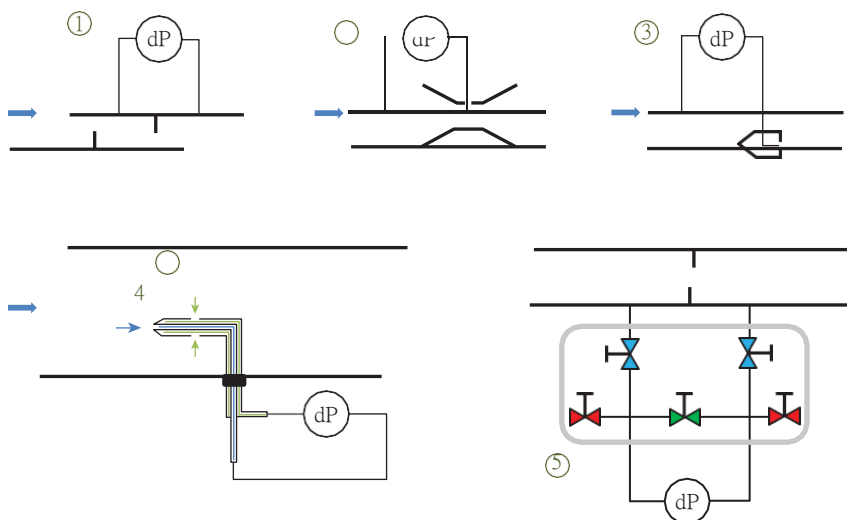
өлшеу қателігі 0,4% -ға жуық және жауап уақыты төмен болады деп күтуге болады. Турбинаның қалақтары бөлшектер мен көпіршіктерге сезімтал. Егер бөлшектер қалақшаларда қалса, жылдамдық артады, бұл өлшеудің оң қателігіне әкеледі. Көпіршіктер кавитация салдарынан пайда болса, сол да дұрыс. Турбинаның жанында кавитацияны болдырмау үшін кері қысым (метр арты қысымы) қажет. Қажетті қысым есептеуіш түріне түрленеді, бірақ МПа g аясындағы қысым әдетте жеткілікті.

(1) турбиналық шығын өлшегіш (1) ағынның жақсы кескінін талап етеді және ол әсіресе, мысалы, жазықтықтан тыс екі иілу (3) туындатқан, айналмалы ағынға сезімтал (2.9 сурет). Жиі турбиналық шығын өлшегіш үшін өз сипаттамаларын өлшеу үшін түзеткіш немесе ауа баптағыш қажет.

Турбиналық есептеуіштердің өте кең таралған нұсқалары-біз үйде су шығынын өлшеу үшін пайдаланатын есептеуіштер болып табылады. Бұл есептегіштер көбінесе қалақты дөңгелектің (2) немесе қалақты дөңгелек пен турбина қоспасы секілді заттардың көмегімен жасалады. Бұл есептеуіштер жиі сертификатталған және коммерциялық қосымшаларда пайдалану үшін мақұлданған, онда ең жоғары есептеуіштің қателігі 5%-ды құрайды.

Дифференциалды қысымның шығын өлшегіштері

Бұрын айтылғандай, Даниэль Бернулли бізге 300 жыл бұрын құбырдағы ағын мен қысым арасындағы байланысты көрсетті. Сондықтан, құбырдағы шектеуден қысым шығынын өлшеу (кейде ағынды элемент деп аталады) шығындарды есептеу үшін өте ескі әдіс болып табылады. Осы әдісте құралды жобалау және орнату оңай. Алайда, қысымның шығынға ауытқуын есептеу оңай емес. Ағынды шектеуге арналған бірнеше стандартталған құрылымдар бар, оларды қолдануға болады, егер олар стандартқа сәйкес жасалса, онда ағынды есептеу үшін қолдануға болатын стандартталған теңдеулер де бар. Сәйкестендірілген құрылымдардың мысалы ретінде өлшеу диаграммалары (саңылаулары бар диск) және Вентури түтіктері (конустық түтіктер) (2.10-сурет) болып табылады. ISO 5167-осы екі типті де қамтитын, кең қолданылатын стандарт болып табылады. Егер ағынның элементі стандартқа сәйкес жобаланған болса, ағынның есебі үшін құбыр диаметрі және саңылаулар диаметрі сияқты бірнеше шара қажет. Құбырдың ортасында орнатылған шектеу (мысалы, конус) (3) тағы бір әдіс болып табылады, бірақ бұл құрылым үшін стандартталған теңдеулер әлі жоқ, сондықтан да ретке келтіру талап етіледі (ISO стандартын келесі қайта қарау конусометрлерді де қамтуы мүмкін).



2.10.-сурет

Қысымның ауыспалы өзгеру қағидаты бойынша жұмыс істейтін өлшеуіштер

Пито түтікшесі (4) ағынның жылдамдығын тек бір нүктеде өлшейді, бірақ датчикті жылжыта отырып, әр түрлі нүктелерді өлшеуге болады, бұл орташа шығынға әкеледі. Орта қысымның төмендеуіне әсер етеді. Сондықтан теңдеуді шешу үшін тығыздықты, тұтқырлықты және т.б. білу қажет. Қысым өзгерісінің өлшеуіші (немесе таратқыш) ағын элементінің құрылымына қарамастан

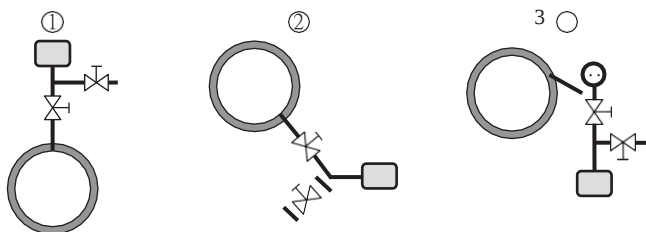
әрқашан қажет. Әрқашанда технологиялық процесс пен түрлендіргіш арасында сервистік клапандарды (клапанды коллекторды) орнату ұсынылады.

Кейбір жаңа аспаптарда шығын теңдеуі қысымды дифференциалды өлшеуіште іске асырылады. Бұл ағын шығынын автоматты түрде есептейді. Шаршылық қатынас болғандықтан өлшеу диапазоны шектелген (егер шығын жартысына дейін түссе, қысымның төмендеуі толық ағынмен салыстырғанда тек төрттен бір бөлігін құрайды). ISO 5167 қандай да бір тозусыз жаңа ағынды элемент үшін 1% аймағында күтілетін өлшеу қателіктерін орнатады. Дифференциалды манометр қателігі қосымша болып табылады, бірақ жаңа электрондық dp-таратқышта әдетте өлшеудің өте аз қателігі бар.

$$v = \sqrt{\frac{2 \times \Delta p}{\rho}} \quad (2.4)$$

мұндағы, v -сұйықтықтың жылдамдығы (м/с), Δp -дифференциалды (динамикалық) қысым (Па) және ρ -тығыздығы (кг/м³).

Диафрагмалар мен Вентури түтіктері үшін жақсы және мінсіз ағын кескіндері қажет. Ұзын және бұзылмаған құбырлар, егер стандартты болса,



2.11-сурет

Қысымды кетіру және датчиктің орналасу орны.

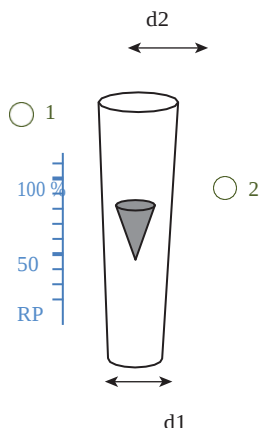
сол кезде теңдеулер қолданылуы тиіс. Егер сол жерде өлшемдік есептеу жұмысын орындау мүмкін болса, онда беру мен қысым арасындағы қатынас өлшенген болса, онда бұзылған беру кескіндерін өлшеуге болады. Тіпті құбырдың иілу, клапандар немесе басқа да компоненттер сияқты бар ағынның шектеулері, егер қысым мен ағын жылдамдығы арасындағы арақатынас белгілі болса, ағынның элементтері ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Қысым датчигінің ағын элементіне қатысты орналасуы шешуші мәнге ие болуы мүмкін. Таратқышты үлкен құбырмен (және ағын элементімен) қосатын жұқа құбырлар (импульстік желілер) болғандықтан, бұл қосылыстар бақылауда болуы тиіс. Газ жүйесінде сұйықтықтықтар болмауы тиіс, ал сұйықтық жүйеде газ болмауы тиіс. Сондықтан таратқыш сұйықтықты (2) өлшеу кезінде құбырдан төмен және газды (1) өлшеу кезінде жоғары

орналасуы тиіс (2.11-сурет). Бұдан басқа, құбырдың ішінде жолда газ/сұйықтықты ұстап қалуы мүмкін иірілімдер болмауы тиіс. Бу аспаптары үшін (3) ерекше жағдайлар туындайды және қысым мен температураға байланысты импульстік құбырлар сумен толтырылуы үшін арнайы «конденсатқа арналған сыйымдылықтарды» пайдалану ұсынылады.

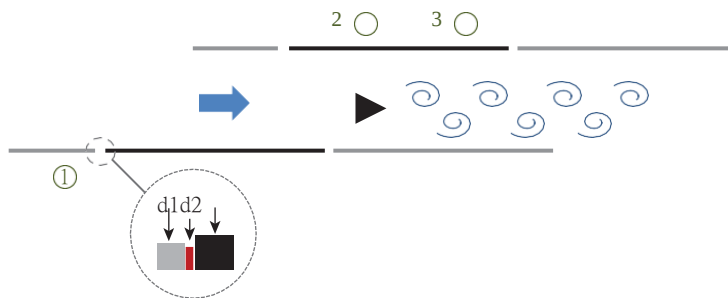
Тұрақты ауытқу шығын өлшегіштері

Бұл қысымның ауытқуы құрылғыларында қолданылатын ұқсас қағидаттарға негізделген, бірақ орта ағып кетуі мүмкін аймақтың ауыспалы өлшемімен өлшеудің өте қарапайым әдісі болып табылады. Ол конустық өлшеу түтікшесінен және «қалтқыдан» тұрады (ол қалтқы деп аталады, бірақ көбіне жүктеме болады, себебі тасығышта жүзбей, жүк түсіреді). Өлшеуіш тік қалпында құрастырылады, мұндағы өлшеу түтігінің үлкен диаметрі жоғарыда орналасады. Тасымалдаушылар қалтқысыз өтуі мүмкін облыс анағұрлым жоғары позицияларда ұлғаятындықтан, қалтқылар күш тепе-теңдікте болатын жағдайда қалатын болады. Бұл жағдайға ортаның тығыздығы мен шығыны, қалтқының салмағы мен пішіні және түтіктің диаметрі әсер етеді. Нәтижесінде, айнымалы қимасы бар ротаметр (2) ортаның тығыздығына, шкалаға (1) және есептеуішке байланысты болады, сондықтан да өтінімдегі деректерді нақтылаңыз. Ауыспалы ағын ауданы



2.12-сурет

Көлденең қимасы бар шығын өлшегіштің түрі



2.13-сурет

Ішкі диаметрі бойынша рұқсатнамалар.

есептеуіштердің өлшеу құбырының ұзындығына байланысты 2% -5% ауданында дәлдігі бар.

Құйынды шығын өлшегіштер

Құйынды есептеуіш сұйықтықтық, газ немесе бу болып табылатынына қарамастан, ортаның барлық түрлерімен жұмыс істейтін бірнеше қағидаттардың бірін (мүмкін жалғыз) пайдаланады. Оның негізгі қолданылуы - бу ортасында, себебі оны көптеген басқа шығын өлшегіштер үшін өлшеу қиын. Ағыс ағынында құйынды жасау өте оңай; құбыр ішінде кедергілер (блеф денесі деп аталатын) «жай» орналастыру қажет. Ағын осы жылтыр денеден кейін турбуленттілікті тудырады және турбуленттілік солдан оңға қарай баяу жылжиды. Бұл жылжу жиілігі құйын жиілігіне тең және ол сұйықтықтық жылдамдығына пропорционалды. Төмен шығын кезінде құйынды әсер жоқ; демек, өлшеу мүмкін болмайтын ең аз қажетті шығын бар (шығын өлшегіштің басқа қағидаттарының көпшілігі төмен шығын кезінде шығын өлшегіштің ұлғаюлық қателігі бар). Өлшеу құрылғысының кіру жағындағы ағынды бұза отырып, шеті мен басқа да бөліктері құйынды тудыруы мүмкін, сондықтан да дұрыс орнату өте маңызды. Кіріс келтекұбырдың (d_1), төсемнің (d_2) және шығын өлшегіштің (d_3) ішкі диаметрі бір-біріне шағын рұқсатнамалармен сәйкес екеніне көз жеткізіңіз (2.13).

Жылу шығын өлшегіштері

Жылу массалық шығын өлшегіш жиі желдеткіш жүйелердегі немесе жанар майдан шығатын түтін шығынын өлшеу үшін арналар мен мұржаларда қолданылады. Ол бірнеше жолмен жобалануы мүмкін, бірақ өлшеу сұңғышының соңында екі температура датчигінің болуы жалпы әдіс болып табылады. Бір датчик қызады, екіншісі қызбайды. Температураның тұрақты айырымын ұстап тұру үшін қажетті қуат массалық шығынға пропорционалды. Мұны жасаудың басқа жолы- бір датчик ағынның әсеріне ұшырауы, ал

екіншісі қорғалуы. Мұнда екі датчик те қызады және датчикті қыздыру үшін көп энергия қажет, яғни ағынның әсеріне ұшырайды. Сонымен қатар, бұл жағдайда тұрақты температураны ұстап тұру үшін қажетті қуат массалық шығынға пропорционалды. Бұл өлшеу қағидатының үш негізгі артықшылығы бар: ол ағынның төмен жылдамдығымен салыстырмалы түрде жақсы, оны орнату оңай, ал ішкі кескіні ағынның өте аз жылдамдығымен дұрыс өлшеуді жеңілдетеді. Оның кемшіліктері қатарына өлшеуіштің өте дәл болмауы және құбыр ауданы бойынша ағындарды қолмен біріктіру қажеттілігінің болуы жатқызылады, себебі құралдың өзі ағынның жылдамдығын тек бір нүктеде өлшейді.

Қондырғыға қойылатын жалпы талаптар

Орнату өлшеу белгісіздігімен байланысты барлық дерлік шығын өлшегіштер үшін маңызды мәселе болғандықтан, біз жақсы орнату үшін қажетті кейбір талаптарды қайталаймыз.

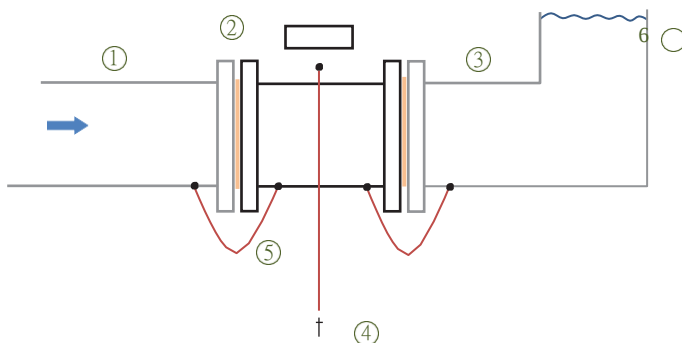
Шығын өлшегіштердің көптеген түрлері, егер олар ағынның жақсы кескінін «көрсес», егер орта біртекті болса, қысым мен температура тұрақты болса және құбырда механикалық кернеулік жоқ болса, өз сипаттамаларын жақсартады. Сондықтан, орнату жұмыстарын орындау алдында орнату нұсқауларын әрдайым тексеріңіз. Жақсы, тікелей құбырдың бөлігі шығын өлшегіштің әрқашан жақсы болады. Тікелей құбырдың қажетті ұзындығы қолдануға, өлшеу қағидатына байланысты

2.2-кесте

Шығын өлшегішті орнатуға қойылатын талаптар

Өлшеу қағидаты	Қажетті кіріс ағыны Тұтас құбырдың ұзындығы ^a
Индуктивті	Орташа
Индуктивтік, шаршы көлденең кимасы бар	Қысқа
Ультрадыбыстық, жалғыз сәуле	Ұзын
Ультрадыбыстық көп сәулелі	Орташа
Кориолисті массалық шығын	Қысқа
Оң ығысу	Қысқа
Турбина	Ұзын
Кіріктірілген түзеткіші бар турбина	Орташа
dP: Саңылаулар/Вентури, Пито	Ұзын
dP: Конус / Пито орташаландыру	Қысқа
Құйынды	Ұзын
Жылу	Ұзын

^a тек индикация ретінде. Нақты талап санауыш құрылымына, жіберу секциясының құбырының берілісі мен құрылымына байланысты.



2.14-сурет

Шығын өлшегішті орнатуға қойылатын жалпы талаптар.

және талап етілетін өлшеу қателігі, бірақ талап етілетін ұзындық 2.2-кестеде көрсетілген мәндердің айналасында болуы мүмкін.

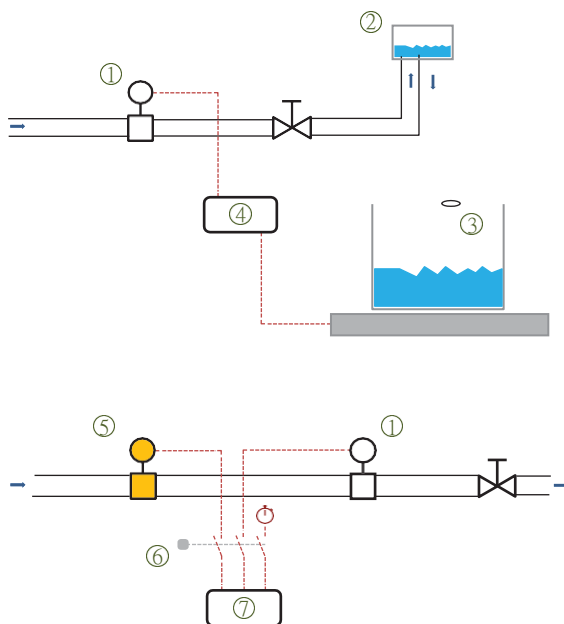
Барлық шығын өлшегіш түрлері үшін орнату бойынша бірнеше жалпы ұсыныстар бар. Тікелей тұтас құбыр (1) шығын өлшегіштің алдында жарамды (2.14-сурет). Сондай-ақ, есептегіштен кейін (3) компоненттерді тым жақын орнатуға болмайды. Фланецті қосылыс (2) механикалық күштерден бос, фланецтер параллель, ал олардың арасындағы төсемнің дұрыс өлшемі болуы тиіс (ағынға шығып тұратын, кез келген бөліктен аулақ болыңыз). Құбыр жол шығын өлшегіш әрқашан толық болатындай салынуы тиіс. Газ шығын өлшегішіндегі сұйықтықтан және сұйықтықтық шығын өлшегішіндегі газдан аулақ болуға тырысыңыз. Егер өлшеуіш топтамаларды өлшейді деп болжалса, құбырдағы деңгей (және көлем) топтамалар арасында әрқашан бірдей болуы үшін «бөлу шегі» (6) орнатылуы тиіс. Соңында, фланец пен төсем әрдайым электр энергиясын жүргізбейтіндіктен, құбырлар мен шығын өлшегіштің электрлік қосылғанына (5) және қажет болған жағдайда, жерге тұйықталғанына/қорғаныстық жерге тұйықталғанына (4) көз жеткізіңіз. Егер құбыр жерге қосылған болса, оның әдетте орны болады, жеке кабель талап етілмейді.

Ретке келтіру және тексеру

Барлық шығын өлшегіш түрлері калибрленуі тиіс! Әдетте шығын өлшегіштің өндірістік желісінің соңында шығын өлшегіш дайындаушы ретке келтіру қондырғысына ие болады, онда шығын пен шығыс сигналы арасындағы арақатынас орнатылады. Мүмкін, диафрагмалар мен Вентури түтікшелері стандартқа сәйкес жобаланған және дайындалған ерекшелік болып табылады, себебі мұнда ара қатынасты есептеуге болады, бірақ егер бұл мүмкін болса, стандарт әлі де ретке келтіруді ұсынады. Біз енді бірнеше рет талқылағандай, орнату әсерлері шығын өлшегіш үшінөте маңызды болуы мүмкін.

Сондықтан, ретке келтіру стендінде орнату, әрине, өте маңызды. Негізінде, ретке келтіру кезінде шығын өлшегішті орнатудың екі жолы бар. Біріншіден, орнатуды мүмкіндігінше жақсы жасауға және мұны өндірушілер көбі жасайды. Басқа жолы-нақты жағдайларды имитациялау жасау, санағыш жұмыс істейтін құбырдың көшірмесі (немесе макеті) және ретке келтіру кезінде оны пайдалану. Бұл өте қиын және қымбат әдіс болғандықтан, бұл әдіс жоғары талаптар бар қосымшалар үшін ғана қолданылады. Соңында, орнатылған немесе жергілікті ретке келтіруді орындауға болады. Ол үшін ағынның тірек деңгейі алаңға жеткізілуі және бұл тірек деңгейі есептеуішпен дәйекті түрде орнатылуы қажет. Шағын диаметрлі құбырлар үшін бұл өте ерекше әдіс емес. Қайта ретке келтіру кезеңдері қолдануға байланысты өзгеріп отырады, бірақ 1 және 2 жыл аралықтары қайта өңдеу өнеркәсібінде ортақ болып табылады. Сату және/немесе салық салу мақсаттары үшін пайдаланылатын сақтау және қайта айдау есептегіштері үшін реверсиялаудың ең жоғары интервалдарын белгілейтін заңнамалық талаптар бар.

Кез келген жағдайда ретке келтіру үшін негіз шығын стандарты (немесе көлемі плюс уақыт) болып табылады. Қағидатқа, өлшемге және өлшеу құралдарына байланысты ең жақсы стандарттың өзі де өзгереді. Кейбір қолданымдар үшін (өте үлкен құбырлар, жоғары қысым, және жоғары немесе төмен температура секілді), қажетті стандартты табу мүмкін болмайды және бұл жағдайда,



2.15-сурет

Өлшеуіш сыйымдылық және үлгілік шығын өлшегішті ретке келтіру орындалған өлшеулер экстраполяциясы орындалуы тиіс, соның нәтижесінде

белгісіздік артады.

(1) калибренетін шығын өлшегіш (1), кейде тексерілетін құрылғы деп аталатын, жалпы белгілерде (DUT) эталонға қосылады (2.15- сурет). Мұнда салмақ сыйымдылығы (3) және эталондық өлшеуіш (5) көрсетілген. Екі жағдайда да сілтеме және DUT ретімен қосылуы тиіс және олардың арасында температураның кемуі немесе жылжуы болмауы тиіс. Ретке келтіру әрбір іске қосқанға дейін және кейін тоқтаған кезде «статикалық» болуы мүмкін. Немесе, ол үздіксіз жұмыс істейтін «динамикалық» болуы мүмкін. Құю құрылғысы (2) немесе жабу клапаны сыйымдылыққа берілісті басқарады. Динамикалық ретке келтіру үшін жабу клапаны да (4), эталондық есептеуіш жүйесіне ұқсас (7) сигнал жазбасын басқарады. Уақыт өлшемін қоса алғанда, синхрондалған жазба (6) динамикалық ретке келтіру үшін үлгілі шығын өлшегішті пайдалану кезінде талап етіледі.

Стандартты көлем

Көлем стандарты-бұл түсіну және пайдалану үшін оңай құрылғы болып табылады. Егжей-тегжейлі, бұл, бәлкім, сәл күрделі болар, бірақ негізінен, бұл тек белгілі көлемі бар сыйымдылық. Толық сыйымдылықтың толық екенін білу үшін деңгейін білу қажет. Сезімталдықты арттыру үшін (деңгей мен көлем арасындағы қатынастар) көлем стандарты әдетте тар орын ретінде әзірленеді. Осылайша, деңгейдің мәні сыйымдылық жиегіне дейін толтырылған кезде дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Көлемді сыйымдылықтарды пайдаланудағы маңызды шектеулердің бірі максималды шығын болып табылады. Кем дегенде, нақты жағдайда, сыйымдылықты тым қысқа уақыт аралығында толық толтыру мүмкін емес. Әдетте, ең аз құю уақыты шамамен 1 минутты құрайды. Бұл шығын өлшегіш толтырылғанға дейін және толтырғаннан кейін нөлдік шығынмен орнында тұру. Ең жоғары шығынды арттыру және ең аз толтыру уақытын азайту тәсілі іске қосу және тоқтату кезінде динамикалық өлшеу әдісін қолданудан тұрады. Мұнда, шығын өлшегіш өлшеу кезінде және кейін тұрақты шығынмен жұмыс істейді. Өлшеу басталғанда, ағын арнайы клапанның көмегімен сыйымдылыққа кері сызықтан кетеді. Сыйымдылықтолтырылған кезде, ағын қайтадан, енді кері сызыққа қарай ауытқиды. Апаттық клапаны электрондық есептегішпен синхрондалған, сондықтан шығын өлшегіш сигналы сыйымдылықты толтырумен бір мезгілде өлшенеді. Көлем стандарты бойынша көлем шкаласы көп жағдайда, «ылғалды көлем» болып табылады. Бұл дегеніміз, ішкі қабырғалары ылғалды болғанда сыйымдылыққа құйылуы мүмкін көлемді білдіреді. Температураның өзгеруі бойынша өтеу сыйымдылықтың материалды кеңейту стандартты коэффициентін пайдалана отырып, орындалуы тиіс. Бөтелкенің түрінде аузы бар сыйымдылықтың көлемі әдетте 0,05% - ға жуық дәлсіздіктері болады.

Қоңырау пруввер-газ үшін қолданылатын көлемдік сыйымдылықтың тағы бір түрі. Мұнда газ су (немесе май) толтырылған ваннаға түбін жоғары қаратып қойылған шелек секілді жабық сыйымдылықтың астына жиналады. Газ сыналатын шығын өлшегіштен өтіп, кейін сыйымдылыққа түседі.

Сыйымдылықгазбен толтырылған кезде сұйықтықтың жоғары көтеріледі және қоңырау биіктігі газ көлемін көрсетеді.

Таразы сыйымдылық

Көлемді сыйымдылықтың орнына салмақ сыйымдылығын пайдалану бірқатар артықшылықтарға ие. Олардың бірі-сыйымдылықтың кез келген жерінде тым көп дәлдікті жоғалтпастан ағынын тоқтатуға болады. Алайда, тығыздық қажет болса, көлем де керек болады. Шығын өлшегіштің ішіндегі тығыздық салмақ сыйымдылықтың ішіндегі тығыздыққа сәйкес келе бермейді (мысалы, температура өзгерген кезде). Жоғары дәлдікті өлшеу үшін сонымен қатар ауа қысымдығын ескеру қажет. Бұл туралы толығырақ 5-тараудан оқыңыз.

Сынақ құралы

Прuver-бұл шығын өлшегіш пен көлемді сыйымдылықтың буданы ретінде шығынды өлшейтін жартылай автоматты машина. Көп жағдайда, прuver көлемі белгілі құбырдан (немесе цилиндрден) жасалады. Шығындарды өлшеу үшін уақыт қажет және қозғалыстағы нысан сағатты іске қосады. Прuverдің шарында резеңке шар ағын сияқты жылдамдықпен қозғалады және шар датчиктермен анықталады. Құрама сынағышта піспек ағынмен бірге қозғалады. Піспекнің жылдамдығын дәл өлшеуге мүмкіндік беретін, жоғары ажыратымдылығы бар орналасу датчигі бар. Прuverлердің артықшылығы, олар сыналатын объект пен үлгі арасындағы булану және сұйықтықтың жоғалу қаупін азайтатын, дәйекті түрде орнатылған шығын өлшегішпен тұйық контурда орнатылуы мүмкін. Прuver әрдайым іске қосу және жүрісінен тоқтату әдісін қолданатындықтан (ағын үздіксіз), максималды шығын өте жоғары болады. Дәлсіздік сыйымдылықтың көлемі сияқты, 0,1% - дан төмен аймақта болады.

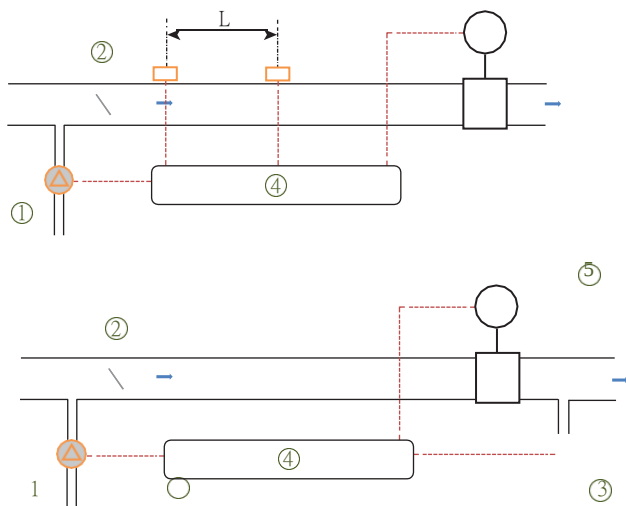
Бақылау шығын өлшегіштері

Шығын өлшегішті ретке келтірудің ең оңай тәсілі-басқа шығын өлшегішті орнату және өлшеуді екі аспаптан салыстыру болып табылады. Алайда, бұл басты өлшеуіш нақты және сенімді және жұмыс жағдайында шағын айырмашылықтарға сезімтал емес болуы тиіс. Осылайша, бұл әдістің міндеті жақсы шығын өлшегішті табу және оның функциясы мен өнімділігін тексеру мүмкіндігі болып табылады. Арнайы есептеуіштер кейде газ және ауа үшін ламинарлық элементтер ретінде қол жетімді. Мұндай құрылғылар эталондар ретінде пайдалануға арналған және жақсы дәлдікке ие. Стандартты технологиялық құрал эталон ретінде емес, бір түрдегі екі есептеуішті салыстыру оңай емес. Бекіткіш қамыттары бар ультрадыбыстық шығын өлшегіш осының жақсы бір мысалы болып табылады. Бұл құрылғыны орнату өте оңай, себебі ол бар құбырдың сыртында орнатылған. Алайда, әдетте өнімділік кірістірілген шығын өлшегіш сияқты соншалықты жақсы емес;

сондықтан болар эталон ретінде өте қолайсыз.

Трейсерлер

Құбырлардың диаметрі өте үлкен немесе жұмыс жағдайы қатаң болған жағдайда пруверлерді, сыйымдылықтарды немесе бакылау шығын өлшегіштерді пайдалану мүмкін емес. Алайда,



2.16-сурет

Трейсерлерді ретке келтіру қағидаттары.

осы жағдайдың кейбіреуінде әлі де трейсерлерді* пайдалануға болады. Трейсерлер әдетте процеске қатыспайтын, кейбір заттар (флуоресценция түсі, радиоактивті изотоптар немесе ұксас) болып табылады. Егер мұндай трейсер инжектацияланса (1) және араласса (2), датчиктер (3) олардың қозғалатын жылдамдығын анықтай алады және сол арқылы жалпы шығыс туралы қорытынды жасай алады (4) (2.16-сурет). Егер қолда бар шығын өлшегіштен сигнал (5) трейсер жүйе арқылы өтетін уақытта бакыланса, бұл деректер ретке келтіру үшін негіз ретінде пайдаланылуы мүмкін. Әдетте, 1-2% - да дәлсіздікті күтуге болады, жақсы жағдайларда тіпті сәл жақсы. Бұл әдіс ISO 2975 стандартында сипатталған.

Қосымша әдебиет

Роджер С. Бейкер. 2016. Шығынды өлшеу жөніндегі басшылық. Кембридж университетінің баспасы.

*Трейсер – шығынды есептеуге арналған радиоактивті изотоптар.

Негізгі ережелер

Қозғалыстағы молекулалар, мысалы, сыйымдылықтың ішкі қабырғасына соғылғанда, бұл қабырғаға әсерді тудырады. Сыйымдылықтағы қысым осы соқтығысулардың күшіне байланысты. Жоғары жылдамдық және / немесе молекулалардың анағұрлым көп саны қабырғаға әсер етудің жоғары күшіне және осылайша одан да жоғары қысымға әкеледі. Қысым үшін СИ бірлік жүйесі неліктен $\text{N} / \text{м}^2$, ауданға бөлінген күш болып табылатынының себебі болар. Әдетте Паскаль өлшем бірлігі қолданылады, $1 \text{ Па} = 1 \text{ N} / \text{м}^2$. СИ жүйесінде қабылданған тағы бір ортақ бірлік, бұл - бар, және $1 \text{ бар} = 100\,000 \text{ Па}$ (немесе 100 кПа). Кейбір елдерде және өнеркәсіп салаларында psi (шаршы дюймға фунт) қолданылады және $1 \text{ psi} = 6895 \text{ Па}$ (3.1-кесте).

Қоршаған ортаның қысымы (атмосфералық қысым) теңіз деңгейінен биіктікке және ауа райы жағдайына байланысты. Бұл қысым үнемі өзгерсе де, ғалымдар эталон ретінде пайдалану үшін орташа мәнге-қалыпты атмосфералық қысымға (АТМ) келісті және бұл $101\,325 \text{ Па}$ құрайды. Шағын биіктіктерде, мысалы тауға көтерілу кезінде атмосфералық қысым шамамен 12 Па/м-ге дейін төмендейді. Егер жоғары болса, атмосфералық қысым шамамен 2 әрбір 5 км-ге бөлінеді. Салыстырмалы түрде қалыпты ауа райы қысым ауытқуын $\pm 5000 \text{ Па}$ тудырады. Дәл өлшеу кезінде, мысалы, газ шығынын өлшеу кезінде осы ауытқуларды өтеу немесе қоршаған ортаның қысымы өлшеуге әсер етпейтіндей жүйені жобалау талап етіледі.

Айырмашылық биіктігі тығыздық пропорционалды және су ауаға қарағанда әлдеқайда жоғары тығыздыққа ие, теңіздегі қысым жылдам өзгереді. Батыру кезінде қысым шамамен 10 кПа/м-ға өседі.

Жабық сыйымдылықта (кандай да бір ағып кетпей) қысым барлық жерде бірдей және қысымды қай жерде өлшеу маңызды емес, себебі барлық орындар бірдей нәтиже береді. Шығыны нөлге тең құбыр үшін де бұл дұрыс болып табылады. Алайда газ немесе сұйықтықтың ағатын құбырда бәрі басқаша. Бұл жағдайда, құбыр бойындағы қысым төмендейді және құбыр бойындағы қысым азаяды. Құбырдың өлшемін, құбырдың материалын (бетінің кедір-бұдырлығын), бастапқы температураға байланысты шығынды кем дегенде, шамалап қысымның түсіп кетуін және ортаның қасиеттерін бағалауға болады.

3.1-кесте

Қысым бірлігі

Бірлік	Аббревиатурасы	Құны
Паскаль	Па	1 Па
Бар	бар	100 000 Па
Гектопаскаль	гПа	100 Па
Миллиар	мбар	100 Па
Сынап бағаны	сын.бағ. мм	133,322 Па
Су бағанысу	бағ. мм	9,8 Па ^а
фунт-шаршы дюймге күш	psi	6895 Па
Қалыпты атмосфера	атм	101 325 Па

Бұл үшін құралдар мен онлайн калькуляторлар Интернетте қол жетімді немесе (толығырақ және дәл) кәсіби құбыр өндірушілер мен жобалау/консалтингтік фирмалармен ұсынылады. Дарси–Вайсбах және Коулбрук–Уайт теңдеулері жиі қолданылатын бірнеше негізгі теңдеулер бар.

Рейнольдстің төменгі сандарында және вакуумға жақын өте төмен қысымда (100 Па төмен) басқа әдістер мен теңдеулер қажет.

Қысымды өлшеу бірліктері

Қысымды өлшеуді көрсеткен кезде үш көрсеткішті жазу қажет: өлшенген мән, өлшем бірлігі және есептеудің бастапқы нүктесі («нөлдік деңгей»). Екі жалпы есептеу нүктелері бар: вакуум (0 Па) және қалыпты атмосфера (101 325 Па).

- Абсолюттік қысым эталон ретінде вакуумның көмегімен өлшенеді және бұл өлшем бірлігінен кейін (а) көмегімен көрсетіледі.
- Манометриялық қысым эталон ретінде атмосфералық қысыммен өлшенеді және бұл (g) көмегімен көрсетіледі.

Қысымның ауытқуы (dP немесе ΔP) екі нүкте арасындағы қысымның айырмашылығы, сорғыға дейінгі және одан кейінгі немесе сыйымдылықтың жоғарғы және төменгі бөлігіндегі күйі болып табылады. Бұл қысым мәні (а) немесе (g) көрсетілмеген.

Процестерді автоматтандыруда негізінен, манометриялық қысым қолданылады, ол соншалықты кең таралмауына байланысты оны әрқашан басып шығарылған (g) түрінде таба алмайсыз. Ғылым мен зерттеулерде негізінен, абсолютті қысым қолданылады және сол себепті де әрдайым болмайды (а). Сондықтан қателерді болдырмау үшін сақ болу ұсынылады.

Өлшеу әдістері

Егер Сіз өте жоғары немесе өте төмен қысыммен жұмыс істемесеңіз, Сіздің тәжірибелік қолдануыңыз үшін ең жақсы қысым өлшеу қағидатын таңдай отырып, қарастыруды талап ететін аспектілер соншалықты көп болмайды. Шығын өлшегіштермен салыстырғанда бірнеше өлшеу қағидаттары ғана қол жетімді және көптеген жағдайларда өңдеу өнеркәсібінде қолдану датчиктің жұмыс істеу қағидаты сыни болып табылмайды. Алайда орнатудың салдары әлі де өте маңызды болуы мүмкін. Вакуумға жақын өте төмен қысымда арнайы құралдар мен орнату әдістері қолданылуы тиіс, бірақ олар мұнда түсіндірілмейді.

Өлшеу құралдары

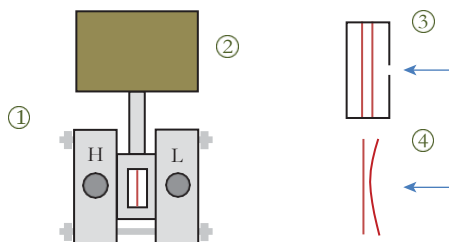
Манометр жиі Бурдон түтігіне негізделген. Бурдон түтіктері- бұл иілген түтіктер, олар ішкі қысымның әсерінен пішінін өзгертеді. Бұл қозғалыс (көп жағдайда, механикалық қосылыспен) қысымды оқуға болатын, шкаланаы дискімен қосылған. Осы құралдың басқа атауы- манометр. Манометр сыртқы қуаттандыруды қажет етпейді, құны төмен, берік және пайдаланылуы оңай, бірақ онша дәл бола бермейді.

Өлшеуіш түрлендіргіштер

Қысым түрлендіргіш-қысым датчигінен және сәйкестендірілген сигналға түрлендіру және күшейту үшін электрондық құрылғылардан тұратын қысым өлшегіш. Олар қарапайым өңдеу өнеркәсібінде қолданылады және олар электр шығысын өндіреді, олардың ең бастысы, тәжірибелік пайдалану процестерді автоматтандыру. Түрлендіргіш ішіндегі қысым датчигінің өзі бірнеше түрлі қағидаттарға ие болуы мүмкін. Көбіне датчик мембранамен қорғалған және процеспен тікелей байланыста болмайды. Технологиялық ортаны мембранаға қыса бастайды, ал мембрананың артындағы толтырғыш сұйықтықтық (мысалы, кремний майы) датчикке қыса бастайды. Кейбір жағдайларда бұл толтырғыш сұйықтықты осы нақты процестің талаптарына сәйкес таңдау қажет.

3.1-суретте жоғары қысымды (H) және төмен қысымды (L) екі қосылымы бар, қысымның ауытқу датчигінің корпусы (1), көрсетілген. Жоғары бөлігінде көбіне стандартталған шығыс сигналдарын ұсынатын, жеке корпуста электроника және дисплей (2) орналасқан. Ішінде әдетте мембранасы бар, қысым датчигі (немесе ұяшық) орналасады. Иллюстрация бұл жерде артық, бірақ жоғары қысым кезінде (4) Сіз мембрана төмен қысым әсерімен (3) салыстырғанда өзгертетінін көре аласыз. Барлық мембраналардың екі жағы бар. Бір жағы жоғарыда сипатталғандай, процестің әсеріне ұшырайды. Екінші жағы қоршаған қысымның (манометрлік таратқышта сияқты), вакуумның (абсолюттік таратқышта сияқты) немесе үдерісте басқа орынның (екінші

қосылыс арқылы, қысым дифференциалды таратқышында сияқты) әсеріне ұшырауы мүмкін. Процесс пен қысым торының арасында екінші (немесе сыртқы) мембрана болса, аралық кеңістік



3.1-сурет

Қысым датчигі.

заттеппен, көп жағдайда маймен толтырылған. Сыртқы мембрананы процестің жоғары қысымына байланысты қозғалғанда, май қысылып, қысымға басады. Әдетте бұл пайдаланушы байқамайды, бірақ егер, мысалы, мұнай қоршаған ортаның жоғары температурасынан кеңейсе немесе сенсор басқа жағдайға еңкейсе, майдың өзі қысым индикациясын тудыруы мүмкін. Сигнал кішігірім болады, бірақ төмен өлшеу диапазоны бар таратқыш үшін ол толық анықталады. Бұған жол бермеу үшін, әркашан жұмыс жағдайында таратқышпен нөлді орнатыңыз.

Әр түрлі өндірушілер қалайтын датчиктерінің төрт жалпы қағидаты бар. Сыйымдылық датчигі екі пластина жақындағанда сыйымдылықтың өзгеруіне негізделген. Бұл құрылғыдан электр сигналы іс жүзіндегі желілік қысым болып табылады. Басқа қағидат - бұл тензометриялық датчик. Егер созса, өз диаметрін азайтатын, бұл кішігірім электр сым болып табылады. Диаметрді азайту өлшеуге болатын кедергінің артуына әкеледі. Жартылай өткізгіштер пьезорезисторге ұқсас түрде жұмыс істейді. Тағы бір қағидатты гитарамен салыстыруға болады: күш ішекке салынған кезде оның жиілігі өзгереді, сондықтан өлшенген жиілік қысымға қайта есептелуі мүмкін.

Егер қолданба «стандартты емес» талаптар қойса (мысалы, жауап беру уақыты, ұзақ мерзімді тұрақтылық, қоршаған ортаның температурасы және т. б. өлшеу қағидаты маңызды.

Кейбір қысым датчиктері көп өлшемді деп аталады. Бұл олардың кеңейтілген қабілеті бар және көп деректерді өлшеуге болады, мысалы, қысымның ауытқуы, қысым және температура. Максат ағын, деңгей немесе басқа параметрлерді есептеу үшін барлық кіріс деректерін пайдалану болып табылады.

Қысым датчигі бірнеше жолмен жобалануы мүмкін, бірақ көптеген өндірушілер пайдаланатын үлгілік модель бар (суретті қараңыз). Бұл жалпы құрылым процесс жанында орнату және құбыр / шағын құбыр арқылы (немесе екі қысым ауытқуы үшін) процеске қосылу үшін арналған. Бұл құбыр кейде

импульстік сызық деп аталады. Сондай-ақ, технологиялық желіге тікелей қосылу үшін арналған шағын түрлендіргіштер (датчиктер немесе қысым өлшегіштер) бар.

Орнату

Сұйықтықтық

Өлшеуіш түрлендіргіш процесс астында орналасуы тиіс. Түтікшемен жалғанған кезде түтікшені газ немесе ауа ішке түспеуі үшін процестен түрлендіргішке тұрақты төмен қарай бағытталуы тиіс.

Газ

Өлшеуіш түрлендіргіш процесс үстінде орналасуы тиіс. Түтікшемен жалғанған кезде түтікшені сұйықтықтың ішіне түспеуі үшін процестен жоғары қарай түрлендіргішке бағытталуы тиіс.

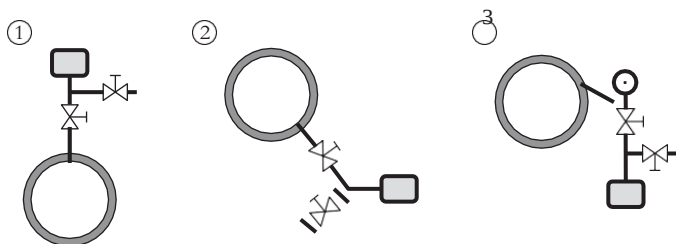
Бу

Қысымның өлшенуі туралы айтқанда, бу газ бен сұйықтықтың арасында қарауға болады, өйткені бу қандай да бір сәтте суытылады және конденсацияланады (газдан сұйықтыққа дейін жай-күйін өзгертеді). Процесс пен түрлендіргіш арасындағы жартылай толтырылған түтікше өлшеудің үлкен қателіктеріне әкелуі мүмкін және оны болдырмау керек. Бұл мәселені шешудің бірі «бу қазанын» (немесе конденсатқа арналған камераны), конденсация және тұрақты деңгейде сұйықтықтың пайда болуы болатын, шағын сыйымдылықты пайдалану болып табылады. Таратқышқа арналған түтіктер *әрқашан* сумен толтырылуы тиіс. Егер таратқыш жоғары температураға төзімді болса, онда оны газды қолдану сияқты процесс үстінде орналастыруға болады.

Сонымен қатар, газға арналған қысым (1), сұйықтықтық (2) және бу (3) датчиктерін, сондай-ақ жапқыш және желдеткіш клапандарды қосу үшін қолайлы жағдайлар көрсетілген.

Қысым ауытқуының датчигі арқылы шығындарды өлшеу

Бұл қысымның ауытқуы таратқыштары үшін жалпы қолдану. Импульстік желілердегі қиындықтарді болдырмау үшін оларды мүмкіндігінше жақын ұстаңыз. Қызмет көрсету және техникалық қызмет көрсету үшін процесс пен таратқыш арасындағы клапанның орналасуы. Түтікшелердің диаметрі әртүрлі болуы мүмкін; азырақ диаметр тез реакция әкеледі, бірақ сонымен қатар ластануға сезімтал. ISO 2186 стандарты ауа, су, бу және құрғақ газ үшін ішкі диаметрі 7-10 мм түтіктерді пайдалануды ұсынады.



3.2-сурет

Қысымды кетіру және датчиктің орналасу орны.

Егер қашықтық үлкен болса, екі түтікті бір-біріне жақын ұстап тұру ұсынылады, себебі температура айырмашылығы өлшеуге әсер етуі мүмкін. Мысалы, температура 20°C -дан 30°C -қа дейін өзгерген кезде 1 м су бағанасы шамамен 25 Па қысымға әсер етеді.

Орнату

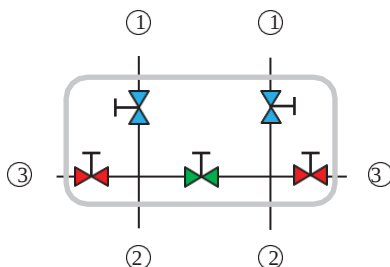
Құбырда технологиялық процесс пен таратқыш арасында ағудың болмауына көз жеткізіңіз. Ағу қысым мен өлшеу қателігін өзгертетін ағынға әкеледі. Импульстік желінің баламасы қашықтықтан тығыздау болып табылады. Бұл сұйықтықтың алдын ала толтырылған түтік, егер ол процесор мен таратқыш арасында орнатылған болса, ол «қашықтан басқару пульті» ретінде әрекет етеді. Әдетте мұндай қашықтық тығыздағыштар технологиялық ортасы ыстық, жабысқақ немесе абразивті және өлшеу құралдары технологиялық ортадан қосымша қорғауды қажет ететін жерлерде қолданылады.

Орнатқаннан кейін таратқышты туралау маңызды болуы мүмкін. Барлық құбырлар мен бекіту құрылғыларын тартқаннан кейін қысым датчигі әрдайым нөлге орнатылуы тиіс. Егер датчик тігінен тұрмаған болса (егер кез келген жағынан бұрыш болса), бұл датчик ішіндегі толтырғыш сұйықтықтың мембранаға әркелкі қысуына алып келуі мүмкін және бұл өлшеуге әсер етеді. Орнында нөлді реттеу осының барлығын да өтейді.

Жұмыс клапандары

Әрқашанда процесс пен өлшеу аспабы арасында тиекті клапандар ұсынылады, себебі олар барлық процесті аяқтау қажеттілігінсіз қызмет көрсету мен техникалық қызмет көрсетуді жүргізуге мүмкіндік береді. Әрине, әрбір құбырға бір-бірден жеке клапандарды пайдалануға болады, бірақ бірнеше клапанды блоктар бар, бірге орнатылған және пайдалануға дайын. Ең көп таралған қысым дифференциалды датчиктерге арналған бес клапанды блоктар және қарапайым датчиктерге арналған екі немесе үш клапанды блоктар болып табылады. Кейбір өндірушілер түсті кодтау клапандарын пайдаланады, мұнда қызыл желдеткіш (атмосфера үшін ашық), көк

оқшаулауды білдіреді (процеске жақын) және жасыл тегістеуді білдіреді (бір-бірімен жоғары және төмен деңгей байланысы) (3.3-сурет).



3.3-сурет

Қысыммен бұруға арналған сервистік клапандар.

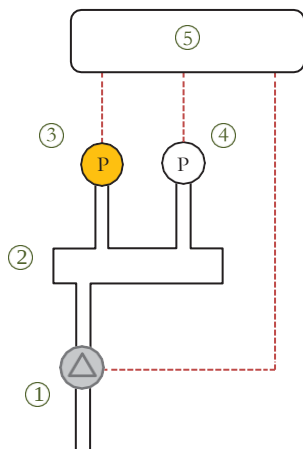
Диапазонды растау

Бірнеше жыл бұрын барлық қысым датчиктері «абсолютті ретке келтіруге» қойылған болатын. Белгілі бір қысымға сәйкес келетін сигнал зерттелуі, жазылуы және оны пайдаланушымен сол жерде орнатылуы тиіс. Ол үшін датчикке белгілі қысым берілуі тиіс (әдетте осы нақты процесте максималды), сонымен қатар шығу сигналы 100% - ға орнатылуы тиіс. Содан кейін нөлдік қысымды қосып, 0% сигналын орнатты. Қазіргі заманғы таратқыштар жеткізу алдында зауытта алдын ала орнатылады және калибрленеді. Датчик осыдан кейін өзінің ең жоғары қатарында калибрленген және тұтынушы кез келген мәнді немесе оның маскимумынан (100% деңгейіне) төмен белгілей алады. Кейбір өндірушілер екі әдісті өз аспаптарында сақтап қалған және «сандық түрде» (зауыттық ретке келтіру арқылы қайта есептеу арқылы) немесе «қолмен» (белгілі қысымды қолдану арқылы) ауқымын орнатуға болады.

Ретке келтіру және тексеру

Мүмкін, қысымды өлшеу үшін ең қарапайым ретке келтіру әдісі ауырлықты тексеру құралы болып табылады. Бұл аспапта цилиндр және таразымен жүктелген піспек бар. Піспектің жоғарғы бөлігіндегі ауырлатқыштар піспекті төмен қысатын болады, ал піспек алаңына бөлінген жалпы салмақтың күші пайда болатын қысымға тең. Дәл болу үшін, сондай-ақ осы нақты жерде тартылыс күшін (g) білу қажет.

Ретке келтірудің қарапайым және анағұрлым жалпы әдісі бақылау үлгісін (3), жақсы дәлдікпен және сенімділікпен калибрленген датчикті пайдаланады (3.4-сурет). Бұл



3.4-сурет

Манометрді ретке келтіру қағидаты.

сонымен қатар, коллектор (2) арқылы тесттік объектіге қосылған (4), ал сорғы (1) ретке келтіру үшін қажетті қысымды жасау үшін пайдаланылады. Содан кейін екі құралдың көрсеткіштері салыстырылады (5). Сызықтық тексеру үшін қысым бірнеше деңгейінде, түбегейлі нүктелерде, 0% және 100% арасында салыстыру ұсынылады.

Қосымша әдебиет

Швед метеорологиялық және гидрологиялық институты (ШМГИ).
<http://www.smhi.se>. Ұлттық физикалық зертхана (ҰФЗ), Біріккен Корольдік.
<http://www.npl.co.uk>.

Питер Аткинс және Хулио де Паула. 2012. *Физикалық химия элементтері*. Оксфорд Университетінің баспасы.

Температура

Негізгі ережелер

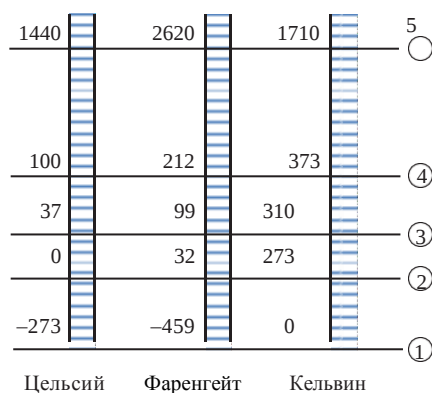
Температура молекулалық дірілдің өлшемі болып табылады. Анағұрлым жоғары температурада үлкен діріл байқалады, ал абсолюттік нөлде ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) молекулалар мүлдем қозғалмайды. Діріл де, температура да жоқ. Бірнеше әдістер, шкалалар және температураны өлшеу бірліктері әзірленді, олардың арасында ең көп таралған Кельвин градусы (абсолюттік нөлге негізделген), Цельсий градусы (су қасиеттеріне негізделген) және Фаренгейт градусы (ішінара адам денесіне негізделген) болып табылады. 4.1-суретте осы үш өлшем бірлігі үшін кейбір жалпы белгілі температура: ең аз мүмкін температура, абсолютті нөл (1), судың кату температурасы (2), адам дене температурасы (3), судың қайнау температурасы (4), болаттың балқу температурасы (5).

Өлшеу әдістері

Температураны өлшеу үшін әдетте бірнеше түрлі әдістер мен өлшеу қағидаттары қолданылады. Өндеу өнеркәсібінде кедергі датчиктері анағұрлым көп таралған. Үйде термистор-электрондық термометрлерде қолданылатын датчиктердің ең танымал түрі болып табылады. Сонымен қатар, «шыныдағы сұйықтықтық» термометрі бұрын сынаппен толтырылған дәстүрлі құрал болып табылады. Сондай-ақ, камераларға ұқсас, қашықтан инфрақызыл датчиктер бар. Датчиктердің барлық түрлерін үш топқа бөлуге болады: механикалық, электрлік және оптикалық.

Шыныдағы сұйықтықтық

Сұйықтықтық қызған кезде басқа қасиеттер, сондай-ақ температура өзгеруіне пропорционалды қатынаста өзгереді. Тығыздығы өзгерген кезде көлем де өзгереді (массасы тұрақты қалады). Егер сұйықтықтықтың белгілі бір массасы жұқа түтікке жасалса, сұйықтықтық деңгейі, егер көлемі ұлғайған болса, және шыныда сұйықтықтық термометрі осылай жұмыс істейді. Температура өзгерген кезде деңгей тиісінше өзгереді және егер тиісті шкала әйнек жағында орнатылса, температура есептелуі мүмкін.



4.1-сурет

Температуралық шкалаларды салыстыру.

Pt-100

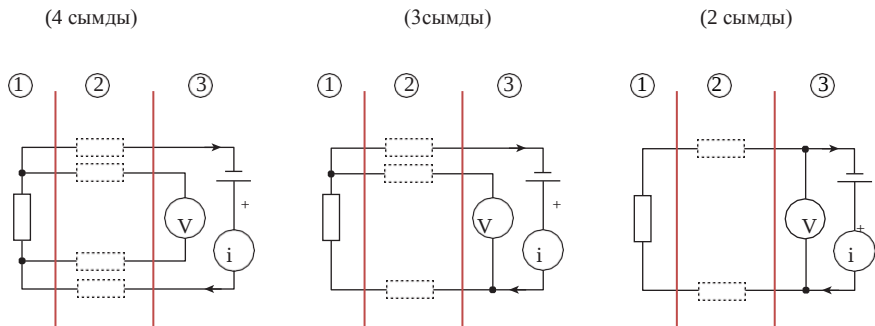
Pt платинаны және кедергі мәні үшін 100-ді (100 Ом) білдіреді. Платина кедергі термометрі (ПКТ) металдың электр кедергісі температураны өлшеу үшін пайдаланылатын ең көп таралған мысал болып табылады. Платина жақсы электрлік қасиеттері бар өте тұрақты материал, сондықтан температура датчиктерінде танымал. Pt-25 және pt-1000 сияқты ПКТ-ның түрлі нұсқалары бар. Номиналды кедергіні өзгерту бізге әртүрлі рұқсат кластары бар датчиктің сапасын білдірмейді. Платина құрастырмалық платаға немесе жұқа сым түрінде бекітілуі мүмкін немесе датчиктің ішіндегі орауышқа оралған немесе еркін ілінеді. Pt-100 датчигінің кедергісі шамамен 0,4 Ом-ға өзгереді. Кедергінің алдын ала мәнін (R) келесі теңдеу бойынша есептеуге болады:

$$R = R_0(1 + 3,9083 \cdot 10^{-3} \times t - 5,775 \cdot 10^{-7} \times t^2) \quad (4.1)$$

мұндағы, t -С және R_0 градустарындағы температура 0°C кезінде датчиктің кедергісі.

Электр байланысы

Pt-100 датчигінің кедергісі датчик арқылы шағын ағысты жеткізу жолымен өлшенген (1 мА келесі ретпен) және ток кернеуінің төмендеуін өлшеу жолымен, кедергіні есептеуге болады. Кернеуді датчиктен (1) кейбір қашықтықта өлшейтін (3) құрал ретінде, жалғау кабельдері (2) нәтижеге әсер етеді (4.2-сурет). Егер екі сымдар пайдаланылса, кабель кедергісі температураға қосылады. $0,75 \text{ мм}^2$ қатты мыс кабелін қолданғанда өлшеу қателігі шамамен $0,1^\circ\text{C}$ -ты құрайды.



4.2-сурет

Кедергіні өлшеу тізбегі.

Бұл қосымша температураны (немесе өлшеу кателігін) өлшеуді болдырмау үшін үш немесе төрт сымды қолдануға болады. Өлшеу тогы енді вольтметрден бөлінген, сондықтан кабель кедергісі бөлек сақталады. Дәл өлшеу үшін төрт сымды жалғау (және аспаптар) ұсынылады.

Терможұп

Терможұп-әр түрлі материалдардан жасалған екі сымнан тұратын температура датчигі. Сымдар датчиктің ұшына өту арқылы жалғанады, ал басқа ұшында вольтметр болады. Бұл датчик (немесе терможұп кабелі) оның ұзындығы бойынша температуралық тербелістердің әсеріне ұшырағанда, температураға пропорционалды кернеулік туындайды. «Бастапқы температура» қоршаған орта температурасы болғандықтан, бұл температура өлшенген мәнге қосылуы тиіс. Бұны жиі «суық түйіспе компенсациясы» деп атайды және осыны жүзеге асыратын функция коммерциялық температура датчиктерінің көбісіне енгізілген. Бұл жағдайда, сигнал барлық кабель бойынша, температура өзгертін барлық учаскелерде, датчиктің ұшындағы «ғана» емес, кедергі датчигінде сияқты сигналдың өзгеруі болады. Көптеген түрлі материалдарды қолдануға болады және қолайлы типін (материалдар буы) таңдағанда қоршаған ортаның температурасы мен жағдайларына сезімталдықты ескеру қажет.

Инфрақызыл термометрлер

Температураны өлшеудің ыңғайлы және қашықтан әдісі-жылу сәулесіне көзқарас. Барлық объектілер инфрақызыл энергияны шығарады және температураның ұлғаюымен сәулелену артады. Ультракүлгін пирометр электр энергиясын жинап, оны температураға қайта есептей алады. Бірақ жиналған

энергия температураға ғана емес, сәуле шығару қабілетіне де байланысты. Сәуле шығару қабілеті 0-ден 1-ге дейін ауытқитын беттік сипаттаманың өлшемі болып табылады. «Жылтыр» металл беті 0,1-ге жуық сәулелену қабілеті бар және қара күңгірт беті шамамен 0,9-ды құрайды. Бөру өлшеу объектісі мен пирометр арасындағы атмосферада қандай субстанциялардың болуына байланысты. Бу, түтін және ылғалды газ беруді азайтады және демпфирлеу әсері датчик қарайтын инфрақызыл энергия толқынының концентрациясына да, ұзындығына да байланысты. Сәулелену энергиясынан температураны есептеу мүмкіндігі болу үшін өлшенетін объектінің беті датчиктің алдыңғы бөлігіндегі атмосфера сияқты белгілі болуы тиіс. Егер датчик бірнеше толқын ұзындығына қарай алатын болса, онда ол автоматты түрде анықтай алады және сәуле шығару қабілеті мен берілісінің өзгерістерін өтей алады. Кейбір материалдардың сәуле шығару қабілеті қосымшада келтірілген.

Орнату

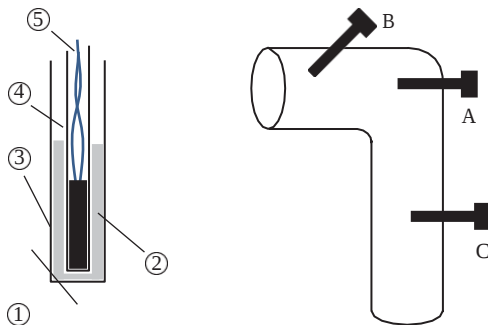
Температура датчигі тек тікелей қоршаған температураны өлшейді! Расында, бұл қажет нәрсе емес; объектінің температурасы, сұйықтықтық немесе процесс туралы ақпарат қажет. Сондықтан датчик пен процесс арасындағы жақсы жылу байланысын (жылу алмасу) қамтамасыз ету қажет. Әр түрлі температура арасында ешқашан кенет «шекара» болмайды; әрқашан градиенттер қалыптасатын аймақ бар. Жақсы оқшаулау материалдарында осы аймақтың қалыңдығы, мысалы, пеште салыстырмалы түрде аз, бірақ нөлдік емес болуы мүмкін. Осыған ұқсас, температура датчигінің өзі датчиктің ұшына жақын процесс деңгейінен қосылудың соңындағы қоршаған орта температурасына дейін өзгертін температурамен градиентті аймақты құрайды. Егер процесс қоршаған температурадан гөрі жылы болса, өлшенген мән тым төмен болады, себебі жылу датчик арқылы беріледі. Бұл мәселені болдырмау немесе азайту үшін ең жақсы жылу байланысы бар ұзақ датчиктер мен датчиктерді пайдалануға болады. Құбырдан тыс орналасқан датчиктің бөлігін оқшаулау, сондай-ақ тиімді болуы мүмкін.

Құбырды орнату

Температура датчигі құбырда орнатылған кезде датчиктің ұшы қоршаған ортадағы ең аз «жылу кедергісімен» ағынның әсеріне ұшырауы тиіс. Датчикті орнату туралы бірнеше, бірақ тиімді ұсыныстар бар (4.3-сурет). Егер ағымдағы сұйықтықтық немесе газ температурасы біркелкі емес болса, ең жақсы жағдайды табу қиын болуы мүмкін; бұл жағдайларда жақсы орташа репрезентативті температураны алу үшін бірнеше датчиктер қажет болуы мүмкін.

Оң жағында үш түрлі орнату жағдайы көрінеді: өте жақсы (а), өте жақсы

(б) және жақсы (в) құбырдағы температура датчигінің орнату жағдайы. Сол жақта және электр кабельдері (5) термобатарея/сыртқы қорғаныс түтігінің (3) ортасында (4) датчик элементі бар (1) датчиктің ұштығын көре аласыз. Кейбір датчиктер ішкі жылу өткізгіштігін жақсарту үшін ұя (2) жабдықталған.



4.3-сурет

Температура датчигінің құрылымы және құбыр орнату жағдайы.

Жылу өткізгіштігі жалпы датчиктің ішінде ғана емес, датчиктің сыртында да температураны өлшеу үшін маңызды рөл атқарады. Датчик оның ішкі температурасын өлшейді! Датчиктің айналасында жақсы жылу өткізгіштігімен бұл ішкі температура қоршаған температура сияқты болуы мүмкін, бұл көп жағдайда қажетті болып табылады. Төмен термиялық өткізгішпен өлшеу дәлсіздігіне әкелетін айырмашылық болады.

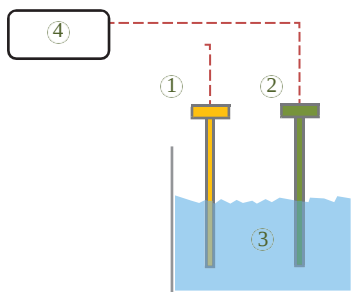
Ретке келтіру және тексеру

Жоғарыда айтылғандай, Цельсий температуралық шкаланың негізі судың қату және қайнау температурасы болып табылады. Халықаралық температуралық шкалада (ITS) басқа материалдардың қату, балқыту және қайнау нүктелері көрсетілген. Бұл тармақтар температураны өлшеу зертханаларында ұсыныстар ретінде қолданылған. Сондықтан қадағаланатын температуралық ретке келтіру үшін негізді құру үшін балқытылуы және өлшенуі мүмкін, өте таза заттар қажет. Қоршаған ортаның қысымы қайнау температурасына әсер етеді, бірақ қату температурасына әсер етпейді. Бұл біртүрлі көрінуі мүмкін, бірақ бұл қысым жеткілікті төмен болса, сұйықтықтық сол температурада қайнап, қатып қалуы мүмкін. Бұл жағдай, мысалы, су қатты (мұз), сұйықтық және газ (бу) фазасында бір мезгілде орналасқан үш нүкте деп аталады. Кестелерде көрсетілген материалдар -270

°C-ден 1500 °C-ге дейінгі шамамен диапазонды қамтиды. Қосымшаға сәйкес эталондық температура келтірілген.

Салыстыру

Температура датчиктерін ретке келтіру кезінде, идеясы «ең жақсы» және «сенімді» датчиктермен тексергіңіз келетін температура датчиктерін эталонмен салыстыру болып табылады. Барлық ретке келтіру қадағалануы тиіс болғандықтан,



4.4-сурет

Температураны ретке келтіру қағидаты.

бақылау калибрленген бақылаудағы стандартты аз қателікпен ретке келтіру қажет. Екі датчиктің да қызу кезінде бірдей температураның әсеріне ұшырауы үшін оларды сұйықтық ваннада немесе температураны біркелкі үлестіретін қатты блокта орналастыру қажет. Мұндай ванналар мен блоктарды түрлі ретке келтіру жабдық жеткізушілерінен сатып алуға болады. Қарапайым, бірақ әлі де дәл, комбинацияда ванна мен үлгі оңай кез-келген маман жасай алады. Бұл үшін термосқа жарылған мұз бен суық суды салу қажет. Біраз уақыттан кейін температура тұрақты болған кезде, 0 °C-ден $\pm 0,1$ °C-ден аспайтын ванна дайын болады. Бүкіл мұз еріген кезде жаңа қоспа жасау керек (4.4-сурет).

Датчиктер ваннадағы сұйықтықтықпен (оңай) немесе калибратор блогындағы материалмен (қиын) жақсы жылу байланысы болуы тиіс. Блок жиі түрлі өлшемдегі қосқыш бөлшектермен жабдықталады, содан кейін температура датчиктеріне сәйкес келетін дұрыс диаметрмен бірін таңдау маңызды. Сондай-ақ, датчик толық жүктелуі де маңызды. Егер датчиктің қандай да бір бөлігі ваннадағы сұйықтықтың бетінде қалатын болса (немесе блоктың жоғарғы бөлігінде), датчиктің дұрыс температураны көрсететініне сенімді болу қиын. Дұрыс орнату кезінде екі әдіс өте дәл болып табылады, ал қалған дәлсіздік температуралық ауытқуларға байланысты азайтылады.

Негізгі ережелер

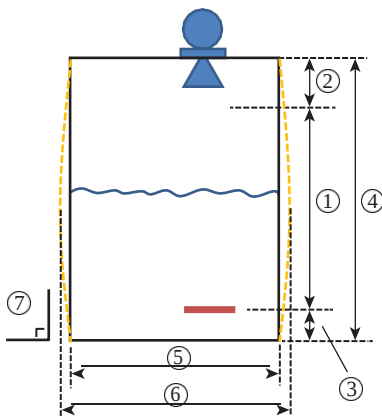
Өндеу өнеркәсібінде пайдаланылатын сыйымдылықтардың көпшілігі деңгей өлшеуіштермен жабдықталған. Алайда, деңгей өлшеуішін пайдаланудың көптеген мысалдарында сақталған өнімнің «деңгейі» емес, «көлемі» талап етіледі. Деңгей өлшегіш шамадан тыс толқудан қорғайтын жағдай ерекшелік болып табылады; бұл жағдайда деңгей туралы ақпарат қажет. Деңгейді өлшеудің қолайлы және жақсы қағидатын таңдаған кезде, біріншіден, сыйымдылық қалай жобаланғанын тексеру керек.

Қашықтықтан өлшеуіштер (радар және ультрадыбыс сияқты) танымал. Аппаратураның бұл түрпаты сыйымдылықтың төбесінде қалыпты сұйықтықтық бетіне орнатылған. Көп жағдайда, қолданылуы қажет сұйықтық деңгейі, бірақ бұл жағдайда датчиктің өзінен бетке дейінгі қашықтықты өлшейді. Бұл мәнді теңестіру үшін сыйымдылықтың биіктігі қажет. Бұл өлшеуіш құрылымында берілген мән және әрине, деңгейді өлшеу дәлдігі берілген биіктіктен жақсы болмайды. Көптеген сыйымдылықтар, әдетте, диаметрдің ұлғаюы есебінен толтыру кезінде өз пішінін өзгертетінін атап өткен жөн, бұл биіктіктің азаюына әкеледі (датчик сыйымдылықтолтырылған кезде аспап түбіне жақын болады). Бұл жағдайды жақсарту тәсілдерінің бірі-сыйымдылықтың қақпағы қосылмаған түтікке есептеуішті орнату болып табылады.

Өлшеу диапазоны (1) жоғарғы өлі аймақпен (2) және төменгі өлі аймақпен (3) шектелген (5.1-сурет). Сыйымдылықтың толық биіктігі (4) сонымен қатар құрылым үшін қажет. Кейбір сыйымдылықтардың есептеу нүктесі, бастапқы деңгейі, сыйымдылықтың ішінде болады және егер бұл солай болса, көлем осы деңгейде нөлге жиі орнатылады. Есіңізде болсын, номиналды диаметрі (5) деңгейдің (6) жоғарылауымен өзгереді және сыйымдылықтың барлық параметрлері де температурамен өзгеруі мүмкін. Сыйымдылықтың тұрған беті сыйымдылықтың бұрышы (7) уақыт өте келе өзгермеуі үшін тұрақты болуы тиіс.

Өлшеу қағидаты

Деңгейді анықтаудың ең жиі қолданылатын қағидаттары қысымды өлшеуге, қалтқы қалпына немесе жаңғырық табылуына негізделген. Әрдайым,



5.1-сурет

Деңгей өлшеуіш сыйымдылықтың төбесінде орналасады.

түрлі қағидаттардың артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Егер талап етілетін ақпарат көлемі болса, сыйымдылық өлшеу құралдарының бір бөлігі болып табылатындығын есте сақтаңыз (датчик және оның талаптары сияқты тұрақты және дәл болуы тиіс бөлік).

Қалтқы

Қандай да бір индикаторға қосылған сөре деңгей өлшегіштің ең көп таралған түрі болып табылады. Датчиктің бұл түрі таза механикалық болуы мүмкін, бірақ жиі электр бөлшектері, дабыл немесе қашықтан оқу сигналына арналған қосқыш немесе индикатор болуы мүмкін. Қалқыманың деңгейі ол орналасқан сұйықтықтың тығыздығымен салыстырғанда оның көлемі мен салмағына байланысты болады. Осылайша, тығыздықтың өзгеруі деңгей индикациясының шағын өзгерістерін туындатады. Бұл «қалтқының тереңдігі» де сыйымдылықтың түбіне қарай толығымен төмен оны өлшеу мүмкін емес.

Ультрадыбыстық жаңғырық.

Деңгейдің ультрадыбыстық есептеуіштері өту уақыты қағидатына негізделген. Есептеуіш өзінен бетіне қарай және қайтадан кері қарай ығысу

үшін есептеуіштің ішінде жүргізілген ядролық импульс үшін орын алатын уақытты өлшейді. Өлшенген уақыттан қашықтықты есептеу мүмкіндігі болу үшін өлшеуіш сыйымдылықтың атмосферасындағы дыбыс жылдамдығын білуі тиіс. Әдетте бұл есептеуіштер ауадағы өлшеу үшін теңшелген (ішкі теңдеу ауадағы дыбыс жылдамдығын пайдаланатын болады), бұл сыйымдылықтың атмосферасында басқа газдар болса, өлшеу қателіктеріне әкеледі. Температура да маңызды, себебі дыбыс жылдамдығы температурамен тұрақты емес (ауада ол шамамен 0,2% - ға Цельсий градусқа өзгереді). Демек, есептеуіштердің көпшілігінде ауа температурасын өзгерту үшін өтеу ішкі температура датчигі бар.

Жақсы өлшеу үшін, осы датчиктің мүмкіндігінше сыйымдылықтың орта температурасына жақынырақ, репрезентативті температура әсеріне ұшырайтынына көз жеткізіңіз.

Радиолокациялық өлшеуіштер

Радиолокациялық деңгей өлшегіш әртүрлі өлшеу қағидаттарын қолдана алады. Тәсілдердің бірі-импульстік жаңғырық (өту уақыты), сондай-ақ ультрадыбыстық деңгей өлшегіш. Басқа әдіс, көп жағдайларда жылдам және сенімді, жиілік-модуляцияланған үздіксіз толқынды (FMCW), айнымалы жиілікті пайдаланатын әдісті пайдалану болып табылады. Екі жағдайда да өлшенетін шама өлшеуіштен бетке және кері жылжу уақыты болып табылады. Бұл сигнал жылдамдығы арқылы қашықтыққа қайта есептеледі. Радиолокациялық сигнал жарық сияқты электромагниттік толқын болып табылады. Бұл жылдамдық өте тұрақты және газ қоспасының немесе температураның өзгеруіне байланысты дыбыс жылдамдығына қарағанда әлдеқайда аз өзгереді. Көрсетілімдерді алу үшін импульс датчиктің астының бет жағында көрінуі тиіс. Сонымен қатар, әр түрлі дерекқорларға байланысты және де маңызды дерекқорлардың бірі нақты ортаның диэлектрлік өткізгіштігі болып табылады. Төмен диэлектрикалық шағылысуды әлсіз етеді, бұл датчикке қайтарылатын аз сигналға әкеледі. Осылайша, рефлексия жеткілікті деңгейде жақсы болмаған жағдайда шектеулер болады. Бұл шек нақты деңгей өлшегіш пен қашықтықтың сезімталдығына байланысты, бірақ диэлектриктің жалпы мәні шамамен 1,5-ті құрайды. Көбік немесе қатты денелер бетінде жүзбелі элементтің пайда болуына «бөгет» жүзу материалының қасиеттері мен қалыңдығына байланысты көрінуге әсер етуі мүмкін. Диэлектрлік айнымалылардың кестесі қосымшада келтірілген.

Қысым датчиктері

Қысым датчигі сұйықтықтың деңгейін оңай өлшеуге болады, бірақ ол үшін сыйымдылықтың төменгі бөлігіне қосылуы тиіс. Датчикті қосудың түрлі жолдары бар: түбіндегі саңылауға (қосқыш фланец арқылы) немесе «батыру» тығыз жабылған датчиктің көмегімен (төмен орналасқан, сыйымдылықтың ішінде). Қысым датчигі таразы сияқты әрекет етеді және өлшенген қысым

сұйықтықтың тығыздығы белгілі болса, деңгейге қайта есептелуі мүмкін. Сыйымдылықтың тұрақты көлемінде температураның ауытқуы деңгейлердің айырмасына әкеледі. Алайда, қысым деңгейін есептегіш оны анықтамайды, өйткені сұйықтықтың өзінің тығыздығы мен деңгейін тиісінше өзгертеді.

Егер сыйымдылық жабық болса және жоғарғы бөлігі атмосферамен жанаспайтын болса, сұйықтықтыққа қысым басқа болуы мүмкін. Бұл қысым деңгей өлшеуішпен өлшенген қысымға қосылуы тиіс. Бұл қолдану үшін қысым өзгерісінің өлшеуішін пайдалану керек. Егер қысым датчигі сыйымдылықтың төменгі бөлігінде орнатылса, екінші жағысыйымдылықтың жоғарғы бөлігіне шағын түтікпен қосылуы тиіс (сондай-ақ қысым туралы 3-тарауды қараңыз). Осы құбырды сұйықтықтықпен толтырылған немесе бос болатындай етіп жоспарлауға болады. Кез келген конденсатта қиындықтар туындаған сайын, олар құбыр үшін ортақ толтырылған болады (сондай-ақ «аяқ» деп аталады). Бұл шығыс сигналы инвертацияланған дегенді білдіреді: сыйымдылықбос болғанда, теріс қысым ауытқуы бар, ал сыйымдылықтолық болғанда, қысым ауытқуы нөлге жақын болады. Бұл мысалда пайдалану, әрине, сыйымдылықтың жоғарғы бөлігіне жалғанатын құбыр әрқашан толық толтырылғанына көз жеткізу маңызды.

Сыйымдылықтүбіндегі қысым қашықтықтан қосылу түрімен өлшенген қондырғының басқа әдісі «барботер» деп аталады. Ауаның аз ғана ағыны сыйымдылықтың түбіне апаратын құбыр арқылы жіберіледі. Құбырдағы қысымның ауытқуы өте аз болғандықтан, оларға елемеуге болады және сыйымдылықтың жоғарғы бөлігіндегі Т - тәрізді жалғанған кезде өлшенген қысым құбыр соңындағы қысымға тең деп есептеледі (сыйымдылықтың төменгі бөлігіндегі). Сыйымдылықтың түбінде тесіктердің болуы талап етілмегендіктен, ағу қаупі аз және қысым датчигі сұйықтықтықтың әсеріне ұшырамайды. Алайда, бұл өлшеу әдісі тұрақты ауа ағынын талап етеді және ұзақ мерзімді перспективада ауаны пайдалану қымбат болуы мүмкін. Бұл әдіс тұрақты қызмет көрсетуді және техникалық қызмет көрсетуді талап етеді.

Өткізгіштік датчигі

Екі электр өткізгіш пластиналарды (немесе өзектерді) сұйықтықтыққа батырған кезде деңгей электр кедергісінің көмегімен өлшенуі мүмкін. Сұйықтықтықтың электр өткізгіштігі бар деп болжай отырып, пластиналар арасындағы кедергі батыру тереңдігімен және, демек, сыйымдылықтағы деңгеймен азаяды. Егер сыйымдылық өткізгіш материалдан жасалған болса (мысалы, тот баспайтын болаттан), сыйымдылықтың қабырғаларын пластиналардың бірімен ауыстыруға болады. Шығыс толығымен өлшенген сұйықтықтықты орнату мен қасиеттеріне байланысты және объектілік реттеу әрқашан іске қосар алдында қажет. Өлшеу пластиналарында жиналған кір және басқа да қабаттар өлшеуге әсер ететін болады және бұл әдіс қолданылымы таза болып табылатын жерде (мысалы, аспаптардың бұл түрі өте кең таралған тамақ және фармацевтикалық өнеркәсіпте) анағұрлым жай келеді.

Кедергі өлшеу құралын конденсатордың өлшеу аспабымен ауыстыра отырып, сондай-ақ өткізбейтін сұйықтықтықтарды өлшеуге болады. Басқа аспектілерде, бұл қағидаттар өте ұқсас.

Таразы

Салмағы бойынша мөлшерлеу-бұл өлшеу технологиясы, бірақ ол деңгей өлшегішке балама ретінде енгізілген. Бұл таразылар, салмақ өлшейтін ұяшықтар және таспалы таразылар әдетте өнеркәсіптің көптеген салаларында қолданылатынымен байланысты. Таразылар сондай-ақ ретке келтіру зертханаларында кеңінен қолданылады және көптеген бақылау тізбегіне қосылған.

Негізінен, таразының екі түрі бар: компаратор түрі және қуатты өлшейтін. Компаратор түріндегісінде қарсы салмақ (белгілі массасы) бар және оқу оған жатады. Бұл құрылғыда тартылыс (орналасуы) және бөлме температурасы сияқты заттар маңызды емес, себебі өлшенетін объектіге әсер етеді, содан олардың қарсы салмақ бірдей. Алайда, таразылардың көпшілігі күш қағидаты бойынша жұмыс істейді, сондықтан тек қана массаны ғана емес, сонымен қатар оларды қабылдайды. Салмағы мен массаның арасында айырмашылық бар. Масса тұрақты, бірақ салмақ ауырлық күшінің өзгеруіне байланысты өзгереді. Стандартты тартылыс $9,82 \text{ м / с}^2$ орнатылған; алайда Жердің тартылысы бүкіл ғаламшарда тұрақсыз. Экваторға жақын ғаламшардың ортасына дейінгі әр түрлі қашықтықтарға байланысты ауырлық күші шамамен $9,78 \text{ м/с}^2$, полюстерге жақын- $9,83 \text{ м/с}^2$. Бірақ топографиямен және басқа да дереккорлармен негізделген жергілікті вариациялар бар және дәл өлшеу үшін жергілікті G мәнін табуға және өтеуге болады. Тензодатчиктерді сыйымдылықтың астында пайдаланған кезде олардың барлығы жалпы жүктемені бөлу үшін жақсы теңгерілгеніне көз жеткізіңіз. Көптеген жағдайларда сыйымдылықтың астындағы төрт аяққа қарағанда үш аяқты (немесе тіректі) жақсырақ. Тензодатчиктерді бүйірлік күштерден және температураның өзгеруінен қорғайды. Платформа немесе ретке келтіру таразылары үшін пайдаланылатын ұқсас нәрсе жарамды болады, бірақ барлық жүктеу ұяшықтарында ол салмақ тең бөлінген жолмен құрастырылуы тиіс.

Ауа жүзгіштігі

Қоршаған ауаның тығыздығы салмаққа әсер етеді, себебі өлшенетін объект таразыда жанған кезде кейбір ауаны «итереді» (немесе ауыстырады). Кейбір салаларда екі тұжырымдама қолданылады: «вакуумдағы ауа массасы» және «ауа массасы». Шынайы масса вакуумда көрсетілген. Ауада өлшеу кезінде жүзу, нысанды ауыстыратын ауа массасы нәтижеге әсер етеді.

5.1-мысал

Бір текше метр ауаның шамамен 1,2 кг массасы бар. Мұнайды өлшеу кезінде (тығыздығы 900 кг/м^3), біз сұйықтықтың ығыстырылатын ауаны өтеуіміз керек. Майдың бір текше метрі 1,2 кг ауаны ығыстырады, бұл $1,2 / 900 = 0,13\%$ -ға тең. Осылайша, майды өлшеу кезінде ауаның қалқымалы қателігі шамамен $0,13\%$ -ды құрайды.

Таразыларды ретке келтіру үшін пайдаланылған бақылау салмағы да ауаның кейбір мөлшерін ығыстырғандықтан, ол да қосылуы тиіс (ретке келтіру сертификатын қараңыз). Егер мұны назарға алмасақ, онда біз «конвенциялық шынайы массаны» ескереміз. Бүгінде үлгілі таразылар тот баспайтын болаттан жасалған болғандықтан, біз тот баспайтын болаттан өлшеп, тиісінше оқу орнын толтыратын заттың (немесе сұйықтықтың) тығыздығын салыстыруға болады. Әрине, мүмкіндігінше дәл болу үшін, біз сондай-ақ бақылау салмағын өтейміз.

5.2-мысал

Егер біз мұнайдың бір текше метрін өлшеу үшін пайдалануға болатын таразыларды калибрлегіміз келсе, бізге бірдей салмақтың эталондық салмағы қажет. Тот баспайтын болаттың бір текше метрі шамамен 8000 кг -ға ие. Бір текше метр ауаның шамамен $1,2 \text{ кг}$ массасы бар. Болат блогын өлшеу кезінде, біз ауаның әсерінен $1,2/8000 = 0,02\%$ қателік аламыз, ауаны болат ығыстырады. 900 кг мұнайды өлшеу кезінде біз аз таразыларды (және аз бақылау салмақтарын) пайдалануымыз мүмкін, бірақ пайыздағы айырмашылық өлшеміне қарамастан бірдей болады. Мұнайды өлшеуге арналған бір өлшемді шкаланы пайдаланған кезде (тығыздығы 900 кг/м^3) біз мұнаймен ығыстырылатын ауаны өтеуіміз керек. Бір текше метр мұнай $1,2 \text{ кг}$ ауаны ығыстырады, бірақ тығыздықта айырмашылық бар болғандықтан, онда пайыздағы қателік енді әр түрлі болады: $1,2/900 = 0,13\%$. Алайда, тот баспайтын болаттан жасалған таразыларды пайдалана отырып, бастапқы қате ретке келтіру кезінде жасалған реттеулермен жойылды. Егер біз оны алып тастасақ, онда нәтиже $0,13\% - 0,02\% = 0,11\%$ болады. Осылайша, мұнайды өлшеу кезіндегі қателік шамамен $0,11\%$ -ды құрайды. Бұл ауадағы масса мен вакуумдағы масса арасындағы айырмашылық. Егер дәлірек болсақ, ауаның тығыздығы өзгеретінін ескеру керек және біз тек тығыздыққа негізделген түзету жасай аламыз.

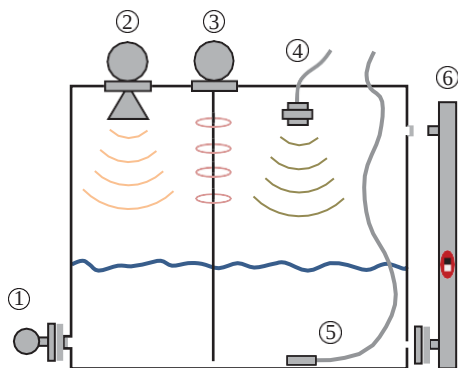
$$\text{Нақты масса} = \text{көрсетілген масса} \times \frac{\left(1 - \frac{\delta_{\text{air}}}{\delta_{\text{ref}}}\right)}{\left(1 - \frac{\delta_{\text{air}}}{\delta_{\text{obj}}}\right)} \quad (5.1)$$

мұндағы δ_{air} -ауа тығыздығы, δ_{ref} -массаның эталондық, ретке келтіру тығыздығы, ал δ_{obj} -объектінің немесе сұйықтықтың тығыздығы.

Салмақ туралы сілтемелер мен толық ақпаратты www.oiml.org мекенжай бойынша табуға болады.

Деңгей өлшегішті шолу

Деңгей өлшеуіштердің кең таңдауына қысым (1), радар (2), басқарылатын радар (3), ультрадыбыстық (4), қысым (5) және магнитті қалтқы (6) кіреді (5.2-сурет).



5.2-сурет

Деңгей өлшегіштің әртүрлі қағидаттары.

Ретке келтіру және тексеру

Деңгей өлшегішті үлгі ретінде ұзындығын (өлшеу таспасын немесе лазерді) пайдалана отырып, «құрғақ» таза салмағын өлшеу кезінде сынау қондырғысында оңай ретке келтіруге болады. Алайда айтылғандай, көп жағдайда, бұл көлем қажет болып табылады. Мәселен, ретке келтіру үшін екі нәрсе бар: деңгей өлшегіш және сыйымдылық. Сыйымдылықты ретке келтірудің екі кең таралған жолы бар: биіктік пен диаметрді өлшеу жолымен және белгілі көлеммен салыстыру жолымен геометриялық жолмен (яғни сыйымдылықты калибрленген шығын өлшегіш арқылы толтыру жолымен). Егер сыйымдылықты ретке келтіру ұзақ уақыт бойы (және сұйықтықтың әртүрлі деңгейлерінде) жарамды болуы тиіс болса, сыйымдылық берік құрастырылуы тиіс. Ол үшін сыйымдылықтың тексерілген (немесе құрылым типі бойынша бекітілген) құрылымы таңдалуы мүмкін. Бұл туралы толық ақпаратты Халықаралық заң метрология ұйымының (ХМЗМ) 71 ұсынымында немесе 620 американдық мұнай институтының (API) стандартынан қараңыз. Көп деңгей өлшеуіштерді сыйымдылықты ретке келтіру бойынша деректермен орнатуға болады. Есептеуіш өлшенген деңгейді көлемге қайта есептеп, желілендіре алатындай, мәндер кестеге енгізіледі.

Кірістірілген талдау

Химиялық өлшемдер

Физикалық және химиялық өлшемдер арасында ешқандай нақты айырмашылық жоқ, бірақ кейбір айырмашылықтар бар болған соң, оларды бөлуге жақсы ой болып табылады. Айырмашылықтың бірі «кең сезімталдық» (көптеген параметрлерге жауап беретін датчик) химиялық датчик үшін жақсы болып саналады, бірақ физикалық датчик үшін нашар (қалағандардан басқа параметрлерге сезімталдық кедергі ретінде қарастырылады). Тағы бір негізгі және өте маңызды айырмашылық үлгілер қалай жасалатынына негізделген. Физикаға қатысты ұзындық, уақыт немесе салмақ сияқты өлшеулер артефакттарға негізделген, ал химияға қатысты өлшемдер көбінесе түс немесе электрлік байланысты заттарды салыстыруға негізделген. Бұл анықтамалық материалдар қажет екенін білдіреді және бұл химиялық зертханада бақылауды құрудың ең кең таралған тәсілі. Анықтамалық материалдар ұқсас мақсатта қолданылғандықтан, іріктеу кезінде әр материалға белгісіздік туралы мәлімдеме қажет. Көптеген материалдар осы ақпаратпен жеткізіледі, тіпті егер пайдаланылатын терминология кейде өзгеше болуы мүмкін. Жұмысты бақылайтын және аккредиттеуді химиялық өлшеу зертханаларына беретін ұқсас ұйымдар бар. Қосымша ақпарат алу үшін Eurachem (www.eurachem.org) немесе кез келген осындай ұйымға жүгініңіз.

Қадағалауды қалай ұйымдастыруға болады деген мысалдардың бірі-өткізгіштік. Кондуктивтілік - бұл материалдағы (сұйықтықта) электр кедергісінің өлшемі болғандықтан, өткізгіш өлшеуішті ұзындық (аудан) және электр стандарттарымен байланыстырудың әдеттегі әдісі болады. Алайда, әдетте химиялық зертханалар мұндай бақылауға қол жеткізбейді; оның орнына олар мәлімделген өткізгіштігі бар эталондық сұйықтықтықтарды пайдаланады. Әр түрлі тәсілдер әртүрлі әдістермен және бірнеше басқа терминологиямен үйлеседі. Ақырғы нәтиже үшін бұл маңызды емес, бірақ «инженер - физик»«инженер-химикпен» пікірталас болған кезде шатастыруға бой алдыруы мүмкін. Кіріктірілген датчик зертханалық тестпен келіспеген кезін білу пайдалы!

Көптеген химиялық өлшемдер зертханада өндіріледі. Барлық зертханалық зерттеулерді жүргізу кезінде сынама алу кезінде сақтықты сақтау қажет. Егер үлгі толық өнімнің үлгісі болмаса, онда өлшеу қаншалықты дәл екенінің мағынасы жоқ. Орын да, уақыт да маңызды болуы мүмкін және әрқашан бір

үлгіге қарағанда орташа бірнеше үлгілер жақсы.

pH

Ион белсенділігі (pH) химиялық реакцияның жылдамдығын көрсететін көптеген процестердің маңызды факторы болып табылады. Тамақ өнеркәсібінде, pH сұйықтықтық үшін сапалы белгі болуы мүмкін және тоттану мөлшерінің қаншалықты қауіпсіз екенін көрсетуі мүмкін. Қайта өңдеу өнеркәсібінде pH өлшеудің ең көп таралған тәсілі шыныдан ионды мембранасы бар электродты пайдалану болып табылады. Бұл құрылым ион қызметіне пропорционалды ток кернеуін тудырады. Мембрананың жұмыс істеуі үшін электродтың таза болуы маңызды. pH электродтары үшін арнайы талап болып табылатын, тұрақты тазалау және «қайта туындау» қажет. Жиі қайталанатын ретке келтіру ұсынылады.

pH шкаласы логарифмдік және өте үлкен аумақты қамтиды. Осылайша, белсенділіктің нақты айырмашылығы, мысалы, pH 7 және pH 8 кезінде жеткілікті үлкен болады. Шкала 1-ден 14-ке дейін қамтиды, онда 7 бейтарап. pH 7-ден кем ерітінділер қышқыл болып табылады, ал pH 7-ден артық ерітінділер бастапқы болып табылады. Заттар мен олардың pH мысалдарын қосымшада табуға болады.

Өткізгіштік

Сұйықтықтықтағы электр кедергісі, pH сияқты, сапасын тексеру немесе бір өнімді екіншісінен айыру әрекеті кезінде пайдалы параметр. Бұл сондай-ақ, сұйықтық электр компоненттерімен байланысқанда қауіпсіздік параметрі болуы мүмкін. Өткізгіштікке арналған СИ бірлігі-бұл метрге Сименс, бірақ басқа бірліктер де жай қолданылады. Олардың бірі-Мо, Ом артынан алдыға қарай жазылған. Ерекшеліктерде жиі S/m қарапайым қолданылатын заттар үшін тәжірибелік бірліктермен $\mu\text{S}/\text{cm}$ -мен ауыстырылды. Су құбыры суында 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -ге жуық өткізгіштігі бар, бірақ маңызы судың жергілікті құрамына байланысты.

Өте төмен өткізгіштігі бар сұйықтықтықтарға ерекше назар аудару керек. Жоғары кедергісі бар компоненттерді өлшеген кезде, өлшеуіш тізбек кедергілерге өте сезімтал болады. Және өте төмен өткізгіштігі бар аса таза су сияқты сұйықтықтықтар қоршаған ауамен де әсер етеді, бұл уақыт өте келе өткізгіштіктің өзгеруіне әкеледі.

Егер сұйықтықтық қызған немесе салқындатылған болса, температура өткізгіштік өзгерген сайын өзгеріп отырады. Сондықтан өткізгіштіктің көрсеткіштері «стандартты» температураға дейін түзетілуі мүмкін. Бұл рәсім (қолмен есептеу немесе кіріктірілген функцияны пайдалану) сұйықтықтық пен оның қасиеттерін білуді талап етеді. Егер өлшенетін сұйықтықтық белгісіз қоспа болса, температураны математикалық түзету мүмкін емес! Стандартты температураға дейін үлгіні салқындату немесе қыздыру, әрине, әлдеқайда қиын, бірақ бұл жағдайда да қауіпсіз.

Судың электр өткізгіштігі

Сіз, бәлкім, су мен электр қауіпті жұп құратынын естіген шығарсыз. Алайда таза су шын мәнінде электр энергиясын өткізбейтін тамаша оқшаулағыш болып табылады. Таза су негізінен зертханаларда болады; күнделікті өмірде біз таза сумен қолданбаймыз. Су кез келген басқа сұйықтыққа қарағанда көп заттарды еріте алады және су қайдан келіп құйғанына қарамастан, оның құрамында көп ерітілген заттар, минералдар мен химиялық заттар болады. Мысалы, бізге жақсы таныс ас тұзы (натрий хлориді). Химиялық терминдерде, тұздар ионды қосылыстар катиондардан (оң зарядталған иондардан) және аниондардан (теріс зарядталған иондардан) тұрады. Ерітіндіде бұл иондар бір-бірін ажыратылады, сондықтан ерітінді электрлі бейтарап (таза зарядсыз). Осы иондар судың құрамында болған сәтте-ақ, су электр энергиясын өткізе бастайды.

Лайлылық

Лайлылық сұйықтықтың қаншалықты мөлдір екенін көрсетеді. Бұл оптикалық сипаттама және жарық сәулелендірілгенде өнімдегі шашыраған жарық мөлшерінің көрінісі; шашыраған жарықтың интенсивтілігі неғұрлым жоғары болса, лайлану соғұрлым жоғары болады. Өнімдердің лайлануын тудыратын материалдарға саз, лай, ұсақ дисперсті бейорганикалық және органикалық заттар, еритін түрлі-түсті органикалық қосылыстар мен микроскопиялық ағзалар кіреді. Лайлылық-бұл сұйықтықтың лайлығы немесе мөлдірліктің болмау көрсеткіші, жиі тамақ өнімдері мен сусындарға арналған сапа көрсеткіші.

Тұтқырлық

2-тарауда айтылғандай, сұйықтықтың тұтқырлығы ағынның кескініне әсер етеді, қысымның төмендеуі және басқа да реакциялар. Тұтқырлық - күнделікті өмірде «қалыңдық» деп аталатын сұйықтықтың ішкі үйкелуі. Тұтқырлық температурамен өзгереді және сұйықтықтардың көпшілігі жоғары температураларда әлдеқайда жеңіл болады (анағұрлым төмен тұтқырлықты алады). Ньютон сұйықтықтығының шығынға тәуелсіз жабысқақтығы бар және Ньютон сұйықтықтығы жоғары шығында өзінің тұтқырлығын өзгертеді. Сұйықтықтың бұл түрлері үшін тұтқырлық жоғары жылдамдықпен жоғары немесе төмен қарай өтуі мүмкін. Тұтқырлық өлшеуіштердің көпшілігі әртүрлі шығындар кезінде тұтқырлықты өлшей алмайды және сондықтан ньютондық емес сұйықтықтар үшін пайдаланылуы мүмкін емес. Газдар мен таза сұйықтықтардың көпшілігі әдетте ньютондық деп саналады.

Тұтқырлықтың екі түрі бар: (1) кинематикалық және (2) динамикалық. Кинематикалық тұтқырлық-тығыздыққа бөлінген динамикалық тұтқырлық (2.3 теңдеуі). СИ жүйесінде кинематикалық тұтқырлық $\text{м}^2/\text{с}$ және тағы бір кең таралған сентисток (сСт) бірлігі ($1 \text{ сСт} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$). 20°C кезінде судың

кинематикалық тұтқырлық шамамен 1 сСт-ны құрайды. СИ жүйесінде динамикалық тұтқырлық Па с, және басқа жиі қолданылатын бірлік-сантимуаз (сП) (1 сП = 1 МПа с). Динамикалық тұтқырлық 20 °С кезінде су шамамен 1 сР құрайды.

Тығыздық және концентрация

Газдың немесе сұйықтықтың тығыздығы көлем бірлігінің массасын білдіреді; мысалы, судың шамамен тығыздығы 1 литрге 1 кг. Концентрация-қоспада қанша белгілі бір зат бар екенін білдіру тәсілі. Бұл екі (немесе одан көп) түрлі сұйықтықтардың қоспасы немесе сұйықтықтағы қатты бөлшектердің болуы мүмкін (немесе керісінше). Егер әр түрлі тығыздықтағы екі зат араласса, онда концентрацияны өлшенген тығыздығы бойынша есептеуге болады. Егер үш немесе одан да көп зат болса немесе екі заттың тығыздығы бірдей болса, концентрацияны өлшеу үшін басқа аналитикалық әдістер қолданылуы тиіс. Тығыздықты өлшеудің әртүрлі тәсілдері бар; діріл солардың бірі болып табылады (2-тарауда кориолис шығын өлшегіші туралы қараңыз). Пикнометр-белгілі көлемі бар шағын құтыдан тұратын тығыздық. Құрал жиі сұйықтықты берілетін шағын тесігі бар тығыны (немесе қалпақшасы) бар және бұл пикнометр толық толтырылатынына кепілдік береді. Егер ол осыдан кейін бос және толық болса, онда сұйықтықтың тығыздығын есептеуге болады. Гидрометр-тығыздықты өлшеу құралы. Бұл жоғары жағында шкаласы бар қалтқы. Гидрометр өлшенетін сұйықтықта жүзеді, ал тығыздық қалтқыны түрлі тереңдікте қалуға себеп болады. Тығыздық масштаб сұйықтықтың бетін кесіп өткенде көрсетілген. Мұндай құрал жиі шарап пен сырада алкоголь құрамын өлшеу үшін қолданылады. Алкогольдің құрамы көбінесе пайыздармен ұсынылған және бұл сан көлеммен де, массамен де байланысты болуы мүмкін екенін атап өткен жөн. Сусынның тығыздығы 1-ге тең болмағандықтан, пайыз әртүрлі болады. Мысалы, нақты сыра көлемі бойынша 4,5% алкогольге ие. Бұл шамамен салмағы бойынша 3,6% - ға тең. Арақ сияқты анағұрлым күшті сусындар кейбір аймақтарда «АҚШ пруф» деген жазуы бар алкоголь болуы мүмкін. Бұл ескі қондырғы әлі күнге дейін пайдаланылады және 100 американдық сынамадағы спирт концентрациясы көлемі бойынша 50% - ға тең. Кейбір кең таралған сұйықтықтар мен материалдардың тығыздығының мысалдары қосымшада келтірілген.

«Арнайы салмағы» термині - тығыздыққа ұқсас ұғым: көлем бірлігіне салмақ. Жалпы алғанда, салмағы мен салмағы тең, бірақ салмағы-бұл күш және өлшеу қиындықтарымен байланысты. «Арнайы салмағы салмағы» - бұл тығыздыққа байланысты тағы бір ұғым, енді эталонмен салыстырғанда (сұйықтықтарға арналған су және газдарға арналған ауа). Осылайша, 1 арнайы салмағы бар сұйықтықтың су сияқты тығыздыққа ие.

Пайыз жүз бөлікке тең. Шағын концентрация кейде миллионға шаққанда немесе тіпті миллиардқа шаққандағы бөлшектер түрінде көрсетіледі. Бұл жерде көлемі мен салмағының бүкіл әлемде әр түрлі бірліктері бар екенін ғана емес, сонымен қатар миллиардтың тұжырымдамасы әлемнің әр түрлі аудандарында әр

түрлі екенін де атап өткен жөн, сондықтан оны болдырмау керек. Айқын болу үшін, біз сондай-ақ, егер мәлімделген бөлік анық болса, онда салмағы немесе көлемі бойынша қосуымыз керек. Газдағы қатты бөлшектер үшін ең алдымен, қолданылатын тағы бір жалпы жол көлем бірлігіне салмағы ретінде концентрациясын көрсету. Содан кейін стандартты шартты көрсету жақсы, мысалы $3 \text{ мг/м}^3 @ 102 \text{ кПа және } 20 \text{ }^\circ\text{C}$. @ таңбасы 'at' мәнімен қолданылады

$$100\% = 1\,000\,000 \text{ ppm} = 1\,000\,000 \text{ ppb} \text{ (АҚШ және Еуропада)}$$

Электр сигналдары

Барлық өлшеу құралдары өлшенген деректерді көрсетуге арналған индикаторы болады. Бұл көру үшін жергілікті дисплей болуы мүмкін немесе қашықтан оқу үшін электр сигналы. Қайта өңдеу өнеркәсібінде қолданылатын аспаптарда әрдайым бір немесе бірнеше шығу сигналдары бар. Электр тогының ұқсас сигналдары (мА) жиі қолданылады. Бірнеше стандартталған диапазондар бар, оларда ең көп кездесетін 4–20 мА; 4 мА 0% және 20 мА технологиялық мәннің 100% сәйкес келеді (мысалы, 0–100 ° С). 4-20 мА сигналы әмбебап пайыздық индикатор болып табылады және Сіз әрқашан (көп жағдайда қолмен) екі ұшында (жіберуші/өлшеу құралы және қабылдағыш/индикатор) диапазондар мен өлшем бірліктерін орнатуыңыз керек. Екі аспаптың бірдей мәндерге орнатылуы маңызды, әйтпесе бұл өлшеудің үлкен қателіктеріне әкелуі мүмкін.

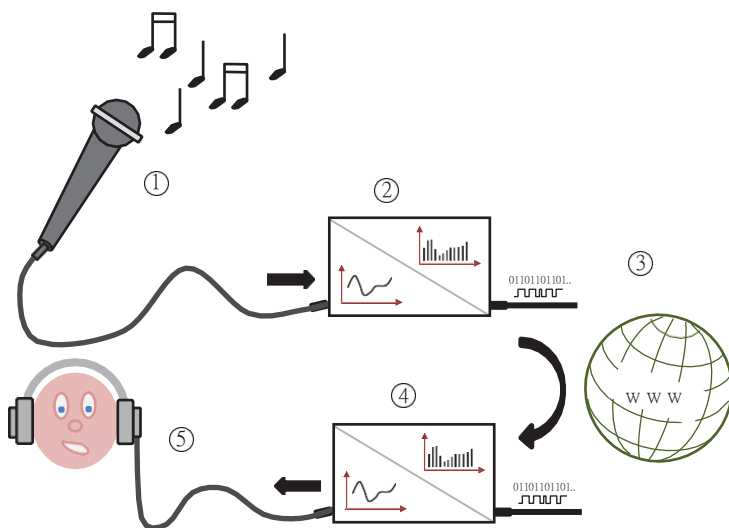
Кейбір аспаптар орнына немесе қосымша импульстерді шығыс сигнал ретінде жібереді. Бұл әдіс тонна немесе текше метр сияқты мөлшерді өлшеу кезінде таралған. Бұл жағдайда импульстер олардың санын есептейтін және жалпы санын көрсететін сумматорға жіберіледі. Бұл жағдайда жіберушіге да, қабылдағышқа да импульстің мәнін орнату қажет; егер есептеуіш текшелік метрге бір импульсті жіберсе, әрине, сумматор текше метрді көрсету үшін орнатылуы тиіс. Жаңа әдіс деректерді беруге негізделген. PROFIBUS және Fieldbus негізі ретінде қоршаған орта және өңдеу өнеркәсібі үшін арнайы басталған бірнеше деректер шина жүйелері (<http://www.fieldbus.org/>). М-Bus (EN13757 сәйкес жобаланған есептеуіш шинасы) технологиялық есепте емес, коммуналдық қызметтерді (су, газ және электр) есепке алуға ұқсас, бірақ фокусталады. Ethernet және Modbus сияқты желілік құрылғылар әдетте кеңсе жүйелерінде кездеседі, сондай-ақ қоршаған орта шарттары мүмкіндік бергенге дейін пайдаланылуы мүмкін. Деректерді таратуды пайдаланудың негізгі артықшылықтарының бірі-сол сым арқылы көп деректер жіберілуі мүмкін. Бірнеше өлшеу мәндері, қатарлар мен блоктарды қоса, оңай тасымалданады, олар қондырғылардағы қателердің қаупін азайтады. Сонымен қатар, қате туралы хабарламалар мен дабыл сигналдары таратылуы мүмкін және кейбір жүйелер қашықтағы қызмет көрсету мен құрылымға мүмкіндік береді. Деректерді сандық беру арқылы сигнал сапасын қолдау оңай-егер байланыс жұмыс істесе, берілетін деректер дұрыс болып табылады. Алайда, желінің барлық негізгі параметрлері дұрыс болуы тиіс, ал баптау бағдарламалары жаңартылуы тиіс, бұл күрделі міндет болып табылады. Интернетке қосылған кезде жүйелер мен желілерге хакерлік шабуылдар мен кибершабуылдардың тәуекелін қадағалау өте маңызды. ISO 62443 jп кибершабуылдарды басқару

жүйелерін қорғау туралы қосымша ақпарат береді.

Ұқсас сигнал деректерді (баяу) берумен ұштасатын HART өте кең таралған жүйе болып табылады. HART өлшеу деректерін бере алады бірақ негізінен құрылым мақсаттары үшін қолданылады. HART қол терминалы (немесе HART модемі бар ДК) арқылы қашықтағы растау қашықтан орнатылған құралдарға қол жеткізудің ыңғайлы тәсілі болып табылады. Осы құрылым түрін пайдалану үшін құралдар қарапайым тәсілмен растаулерді мұрағаттау мүмкіндігін ұсынады. Сондай-ақ, кейбір үлкен басқару жүйелерінде HART функционалдығын қолдайды. «Таратылған кіріс-шығыс» термині кіріс және шығыс порттары технологиялық құрылғыларға жақын орналасқан сыртқы блоктарда орналасқан басқару жүйесіне жатады. Бұл блоктар мен орталық басқару жүйесі арасында сандық байланыс жүзеге асырылады, ал датчиктен немесе жетектен аналогтық сигналдар пайдаланылады. Сондай-ақ, мұнда HART функционалдығы мүмкін.

Сигнал жіберу

Барлық дерлік өлшеу құралдарының ішінде бірнеше сигналдар түрлендіргіштері мен калькуляторларды таба аласыз. Сонымен қатар қабылдағышта (контроллерде, дисплейде немесе жүйеде) түрлендіргіштер бар. Ақырында, кейде сыртқы түрлендіргіштер мен олардың арасындағы қорғаныс тосқауылдарын табуға болады. Барлық түрлендірулер дұрыс орындалуы тиіс және аспап жасау маманы осы тізбектің барлығы дұрыс екеніне көз жеткізуі тиіс. Теңшелетін (немесе бағдарламаланған) құрылымы бар барлық түрлендіргіштер үшін ерекше сақтық қажет, өйткені бұл қате орнатылған болса, үлкен қателіктерге әкелуі мүмкін. 7.1-сурет музыка қалай жазылатынын, сақталатынын және таратылуын сипаттайды. Алайда, осындай құрылымдар көптеген өлшемдер үшін және



7.1-сурет

Аналогтық-сандық сигналдарды аналогтық сигналға түрлендіру.

қайта өңдеу өнеркәсібінде ұқсас жүйелер құрылады. Біріншіден, деректерді жинау (1) датчигі бар. Деректер (2) сигналдар түрлендіргішіне түседі, онда көптеген жағдайларда аналогтық сигналдар да сандық ақпаратқа түрлендіріледі. Кейбір жағдайларда, бұл түрлендіргіш аналогтық шығуды туындау үшін кірістірілген функциялары бар; басқа жағдайларда, ол желіде сандық ақпаратты беретін болады (3). Бұл желі жергілікті немесе жалпы қол жетімді болуы мүмкін, өйткені қауіпсіздік мақсатында көптеген өңдеу өндірістері Интернетке қосылмаған. Алушы (4) таңдалған ақпаратты жинай отырып, осы желіде басқа тұтынушы болып табылады. Өңдеу өнеркәсібі жағдайында, бұл нақты клапан (5) болуы мүмкін, ол сыйымдылықтың деңгейі туралы ақпаратты іздейді немесе процестің осы параметрін басқару үшін әрекет етуге (ашуға, жабуға немесе қалуға) қабілетті ұқсас.

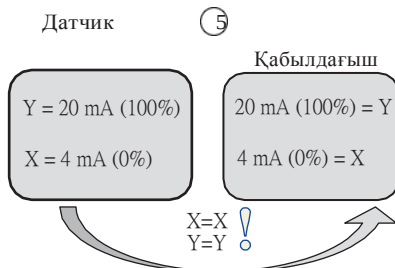
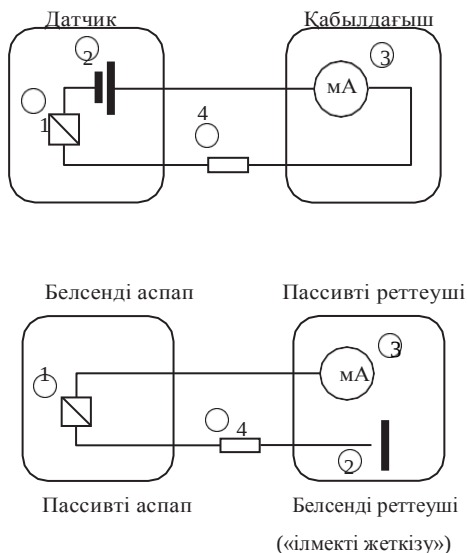
$$\text{Ұқсас сигналдар} \quad I = \frac{V}{R} \quad (7.1)$$

мұндағы, I-ток (A), V-кернеулік(V) және R-кедергі (Om).

Аналогтық сигналды дұрыс өлшеу үшін кейбір іргелі электр білімі қажет. Ом заңы сигналдың мүмкіндігін және шектеулерін түсінуге көмектеседі. Осыған қарап, сіз тез сигнал беру үшін кернеулік орнына ток пайдалану артықшылығын түсінесіз. Ток кабельдің ұзындығына қарамастан (немесе жол бойынша түйіспелер мен ажыратқыштар бар болса) ілмектер арқылы барлық жолда сол деңгейде қалады. Егер контурдағы жалпы жүктеме (кедергі) ең жоғарғы мәннен аспаса, сигнал мәні контурдың бойымен өлшенетін барлық жерде дұрыс болады. Барлық кабельдер біраз кедергі және бір сәтте, кабель

тым ұзын болады. Бірақ сіз ілмектің ең жоғары кедергісінен төмен қалсаңыз, мА сигналы тәртіппен болады. Егер Сіз максималды кедергіден жоғары болса, сигнал тым төмен болады. Бірақ кернеуліксигналы үнемі түседі, ал жіберушіден қабылдағышқа дейінгі қашықтық кедергінің ұлғаюына және оқу қателігіне әкеледі. Осылайша, кернеуліксигналдарын қолданған кезде барлық кабельдер мүмкіндігінше қысқа болуы тиіс!

Ағымдағы сигналдың арнайы нұсқасы - «екі сымды» ілмегі. Сымдардың бұл түрі «ілмекті қуаттандыру» деп аталады, өйткені өлшеу аспабының қуаттандыру энергиясы өлшеу сигналы сияқты сымдармен беріледі. Ол сондай-ақ 4 мА аспапты қуаттандыруға жеткілікті энергия болған кезде қол жеткізуге болады, сондықтан өлшеу мәні нөлге тең болған кезде аспап «жұмыс істей алады». Бұл әдіс танымал, себебі ол электр сымдарының қажеттілігін азайтады және орнату жұмыстарын жеңілдетеді. Дегенмен, құралды басқаруға арналған қуат салыстырмалы түрде аз мәнмен шектелген және барлық құралдар осылайша кернеулікастында болуы мүмкін емес. Контурдағы ең жоғары жүктемеге ерекше назар аудару қажет, себебі мұнда басқа компоненттер қол жетімді қуат бөліктерін пайдаланатын болады. Сондай-ақ, шығыс сигналы екі сымды ілмек түрінде қосылған және жекелеген қуат қосу үшінәлі де қажеттілік бар, жүйелер қоспасы аспаптары баршылық.



7.2-сурет

Белсенді және пассивті аналогтық сигналдар.

Бұл барлық 4-20 мА терминалдар үшін ортақ мәселеге әкеледі: - Шығу сигналы, белсенді ме әлде пассивті ме? Қабылдағышты немесе индикаторды

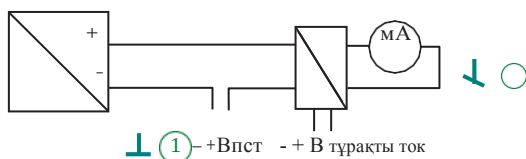
қосар алдында мына жайттарды білу қажет: белсенді шығу үшін пассивті индикатор, ал пассивті шығу үшін белсенді индикатор қажет. 7.2-суретте негізгі айырмашылығы қуат көзінің (2) орналасуы болып табылатыны көрсетілген. Өлшенетін шамалардың генераторы (1), сондай-ақ индикатор немесе қабылдағыш (3) бұрынғы жерде қалады. Контурдағы жалпы кедергі (4) ешбір жағдайда ең жоғары шектен аспауы тиіс. Байланыс дайын болған кезде, құрылымның дұрыстығына көз жеткізу керек. Өлшеу диапазоны көп жағдайда жіберушіде де, алушыда да орнатылады және екі ұшында да бірдей мәндер болуы тиіс.

Көптеген басқару жүйелері бір жерде аналогтық сигналдардың сандық деректерін жасайтын түрлендіргіштерге ие (A/D-түрлендіргіштер). Әрбір ұқсас сандық түрлендіргіш үшін маңызды ерекшелік оның шешімі болып табылады. Бұл әр мүмкін аналогтық мән арасындағы қадамдардың мөлшерін білдіреді. «Бит» екілік термині рұқсатты көрсету үшін жиі қолданылады, мұнда 9 бит шамамен 0,2% қадам өлшеміне тең, ал 12 бит жақсы және мұнда қадам өлшемі шамамен 0,02%-ды құрайды. Көп жағдайда, 16 бит 0,002% қадаммен аса қанағаттанарлық болып табылады. Сигналдар тізбегінің бойымен төменгі ажыратымдылығы бар ұқсас-сандық түрлендіргіш жақсы дәлдікпен барлық деректерді бұзады. Жоғары ажыратымдылық -бұл әрдайым жақсы, бірақ бұл жұмыстың баяулауына әкелуі мүмкін (7.1-кесте). МА сигналының тізбектеріндегі кең таралған қиындықтар, әсіресе бір қабылдағыш құрылғыдан артық ретімен қосылған болса, жерге қосудағы (немесе жерге қосудағы) ақаулар болып табылады. Кейбір құрылғылар нөлдік сигнал (эталон) мен нөлдік қуат көзі (эталон) арасында гальваникалық бөлінбейді және бұл қиындықтар туындатуы мүмкін.

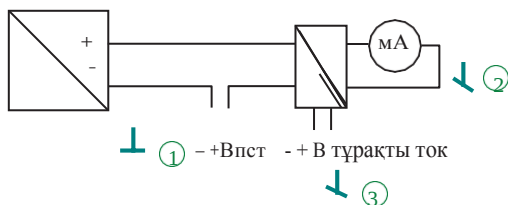
7.1-кесте

Ұқсас ажыратымдылыққа қарсы екілік сандар

Биттер	Ажыратымдылық (%)
1	50
8	0,4
12	0,02
16	0,002



2 үлгі



3 үлгі

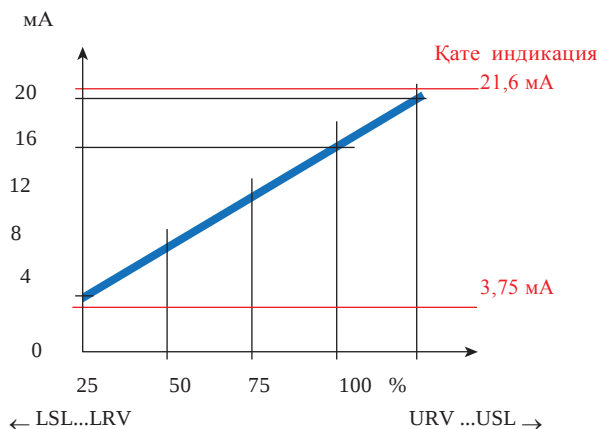
7.3-сурет

Гальваникалық бөлу.

Қарапайым түсініктеме «дұрыс емес жолмен жүріп жатыр», егер бұл орын алса, онда индикатор нөлдік немесе өте төмен мәнді көрсетеді. Көптеген жағдайларда бұл мәселені құрылғыны басқа тәртіпте қосып шешуге болады, сондықтан «жерге қосылған» индикаторы циклдегі соңғы құрылғы болып табылады. Басқа шешім-«оқшаулағышты» немесе «i /i-конвертерді» пайдалану. Оқшаулағыш сигналды, бірақ жаңа (оқшауланған) сілтемемен шығысқа қарай көшірмелейді, бұл жүйені жерге тұйықтаумен мәселенің алдын алады. Екі сілтемесі бар оқшаулағыштар кіріс (1) пен шығысты (2) бір-бірінен ажыратады. Үш сілтемесі бар оқшаулағыш, сондай-ақ бөлінген қуат кернеуін сақтайды (3) (7.3-сурет).

HART

HART (адрестелген дистанциялық магистральды түрлендіргіш) көптеген жүйелердің өлшеу жүйелерінде қарапайым қолданылатын хаттама. HART 4-20 мА аналогтық сигналдың үстінен тасымалданған деректерді білдіреді. Осы әдіс арқылы



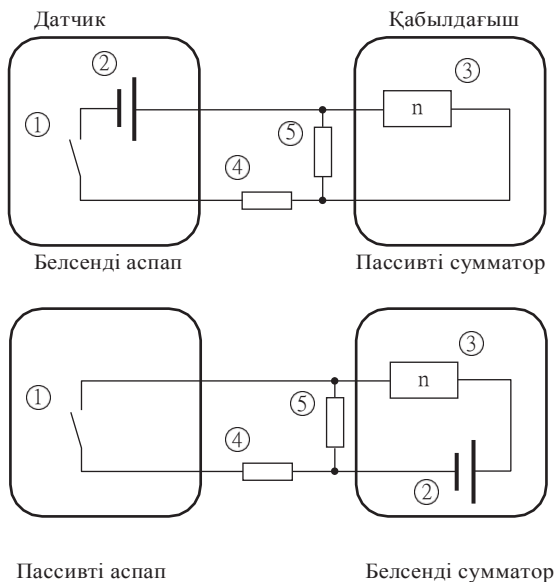
7.4-сурет
Сигнал ауқымы.

дәстүрлі өлшеу мәнін (мысалы, 0-100 кПа) тасымалдауға болады және сонымен қатар, параметрлерді беру және аспапта диагностикалық мәндерді тексеру. Байланыс арнайы қол терминалы, орнатылған HART модемі және бағдарламалық жасақтамасы бар құрылғы немесе HART модемі арқылы ДК арқылы орындалуы мүмкін. Бағдарламалық қамтамасыз ету «біріне-бірі» коммуникаторы немесе бағдарламалық қамтамасыз ету көптеген датчиктер желісіне қосыла алатын, анағұрлым күрделі жүйе болуы мүмкін. PACTware™ көптеген әр түрлі өндірушілер қолдайтын, желілік бағдарламалық жасақтаманың үлгісі болып табылады. HART көмегімен байланыс екі деңгейде жүзеге асырылуы мүмкін. Кез келген арнайы баптау бағдарламалары талап етпейтін әмбебап режим бар. Бұл режимде аспаптың барлық мүмкіндіктеріне қосыла алмайсыз, тек диапазон және нөлдік реттеу сияқты негізгі параметрлерді пайдалануға болады. Толық режимде Сіз қосылғыңыз келетін осы құрал үшін нақты баптау бағдарламалары (құрылғының сипаттамасы немесе DD файлы) қажет. Егер бұл файл терминал немесе ДК орнатылған болса, барлық мүмкіндіктер мен параметрлерге қосыла аласыз. Маңызды құрылым параметрлері төменгі ауқымның (LRV) мәнімен және жоғарғы ауқымның (URV) мәнімен шектелген өлшем ауқымын қамтиды. Ең аз LRV құрылғыға тән және шкаланың төменгі шектерімен шектелген. Ең үлкен URV толық шектеулі шкаланың жоғарғы шегі (7.4-сурет). Қосымша ақпарат алу үшін en.hartcomm.org және www.pactware.com кіріңіз.

Импульс / жиілік сигналдары.

Жоғарыда айтылғандай, импульстер көп жағдайларда өлшенген шамаларды (интеграцияланған деректерді) есептеуіштерге немесе жиынтықтаушы

дисплейлерге беру үшін қолданылады. Алайда, импульс жиілігі өлшенетін мәнді де көрсете алады, мысалы, 0 Гц 0% - ға тең, ал 1000 Гц 100% - ға тең. Көптеген аспаптарда, сондықтан пульстің шығуын екі тәсілмен немесе импульс мәнін (мысалы, импульсте 1 кВт) немесе жиілік диапазонында (мысалы, 0-1000 Гц) орнату арқылы реттеуге болады



7.5-сурет

Белсенді және пассивті импульстік сигналдар.

0-200 кВт-ға тең). Дегенмен, бұл әрқашан мүмкін емес; құрылым жұмыс істеген кезінде жиілігі тұрақсыз болуы мүмкін, және егер бұл тұрақсыз көрсеткіш әкеледі (импульстердің жалпы саны дұрыс болуы мүмкін). Импульстік жүйені жобалау кезінде импульстің жиілігі мен саны маңызды, бірақ импеданс пен кернеуліккейлері тексерілуі тиіс. Құралдың өзінде екі түрлі шығу түрі болуы мүмкін. Әдетте әрбір импульс үшін жабылатын қосқыш қолданылады. Бұл жағдайда кернеуліккөзі сыртынан орналасуы тиіс. Басқа аспаптарда белсенді кернеуліксигналы аспаптардың ішінен келіп түсетін импульстік шығуда түрленеді. Әрине, аппаратура ала отырып, бар шығуға бейімделуі керек. Кедергі де маңызды; егер кедергі тым төмен болса, ол шамадан тыс жүктемеге (тым үлкен ток) әкеледі және ол тым жоғары болса, бұл сигналдың әсеріне жоғары сезімталдықты тудырады.

7.5-суретте белсенді және пассивті жүйелерді көрсету және олар өте ұқсас, сондай-ақ ұқсас жүйелер үшін негізгі айырмашылығы қуат көзінің (2)

орналасуы болып табылады. Импульс генераторы (1) механикалық қосқышы болуы мүмкін, бірақ электронды реле (немесе транзистор) жиі қолданылады. Сонымен қатар, тотализатор (3) әдетте СК-дисплейі немесе жарықдиодты индикациясы бар электрондық құрылғы болып табылады. Көздің жалпы кедергісі (4) және кернеуі контурдағы ток үшін шектеуші дерекқорлар болып табылады. Егер сумматордың ішкі кедергісі (немесе импедансы) жоғары болса, сыртқы резистор (5) (1) қосқышы ашық болған кезде электр кедергілерінен есептеу қателіктерін болдырмауы мүмкін.

Сандық сигнал, мысалы, соңғы ажыратқыш, мұнда сипатталған импульстік сигналға өте ұқсас және электр байланысы бірдей. Танымал болуы мүмкін кейбір жиі қолданылатын ұғымдар бар. 7.5-суретте түйіспеде екі қол жетімді қосқыш бар және ашық және жабық болуы мүмкін. Ол «ашық» болып суреттелген соң, оның қалыпты жағдайы «өшірілді» қалпында орналасады. Екі жағдай арасында ауысатын түйіспелердің басқа да түрлері бар, олар үш терминалы бар, онда біреуі (жалпы немесе «C») іске қосу кезінде бір терминалдан (қалыпты жабық немесе «NC») басқа терминалға (қалыпты ашық немесе «жөк») электр тогын ауыстырады.

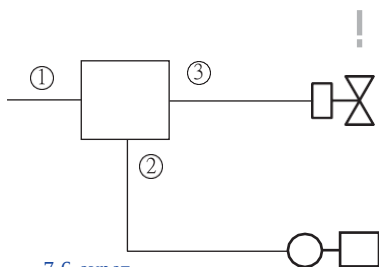
SPDT аббревиатурасында (екі бағытқа бір полюсті шығу), SP бір полюспен байланысты білдіреді (жоғарыда сипатталғандай). SP және DP бір полюсті және екі полюсті жатады, тиісінше, және ST және DT тиісінше бір лақтыру және екі есе лақтыру сілтейді. Полюс қосқыш басқаратын тізбектердің санын білдіреді, бұл SP қосқышы тек бір электр тізбегін басқара алады дегенді білдіреді. DP қосқышы екі электрлік тәуелсіз тізбекті басқарады, бірақ олар бір мезгілде ауысады. Лақтыру түйіспенің позицияларына жатады. ST ажыратқыштары тізбекті тек бір қалыпта тұйықтайды. Түйіспенің басқа қалпы өшірілген. DT ажыратқыштары тізбекті екі «белсенді» және «белсенді емес» позицияда (о-о) тұйықтайды. SPST түйіспесінде әдетте екі клемма бар, ал DPDT түйіспесі алты клеммамен жеткізіледі.

Контроллерлер

Өндірістік өлшеу құралдарының негізгі мақсаттарының бірі технологиялық процесті бақылау болып табылады. Мұндай жағдайларда өлшенетін шама, шығыс сигналы қандай да бір жетекке қосылады. Бұл ағыны реттеу клапаны болуы мүмкін, температура бақылау құралы және сорғы немесе процесс «әсер етуі» мүмкін тағы бір нәрсе. Содан кейін ағын, температура, қысым және басқа да технологиялық мәндер араластыру, сапа және ұқсас нәрсе (1-тарауда сипатталғандай) сияқты әртүрлі технологиялық реакцияларды жасау (немесе реттеу) үшін пайдаланылады.

Негізгі терминдерде контроллерді түсіну оңай. Сіз бөлмеңіздегі температураның реттелімін салыстыра аласыз. Егер тым ыстық болса, мүмкін, Сіз терезені ашарсыз (енді біз Сізде ауа баптағыш жоқ деп болжаймыз).

Бәлкім, Сіз алғаш рет оны анағұрлым таза ауаға қол жеткізу үшін ашарсыз. Бірақ содан кейін тым тез суық болады. Осылайша, енді Сіз бөлмеде жайлы болу үшін терезені сәл жабарсыз. Контроллер де осылай жұмыс істейді. Контроллерді оңтайландыру өте күрделі рәсім арқылы жүргізілуі мүмкін. Сіз сигналдар диапазонын және процесс уақытының константаларын білуіңіз керек. Контроллер белсендірілген кезде, ол білуі тиіс екі мән бар: Процестің нақты мәні қандай (өлшенетін айнымалы, мысалы, Сіздің бөлмедегі қысым немесе температура)? Процестің қажетті мәні, берілген мән (қажетті қысым немесе үй-жайыңыздың қажетті температурасы) қандай? Егер осы екі мән арасындағы айырмашылық нөлге тең болса (немесе аз айырмашылық шегінде), контроллер тұрақты деңгейде шығуды қолдайды.



7.6-сурет
Ағын реттегіші.

Егер бақылау жөніндегі маман және өлшеу жөніндегі маман «қателер» туралы айтатын болса, олар осы терминнің бірнеше түрлі анықтамаларына жиі сілтеме жасайды. Өлшеу жүйесіндегі қателік-бұл өлшенген мән мен шынайы мән арасындағы айырмашылық. Басқару контурында қателік-берілген нүкте мен өлшенетін айнымалы процесс арасындағы айырмашылық. Әрине, бұрыс түсіну мәселені тудыруы мүмкін! Шын мәнінде

контроллердің айналасында үш мән болуы мүмкін екенін білу маңызды: берілген мән өлшенген айнымалы шама және шынайы айнымалы шама. Бұл жиі басқару жүйесі курстарында қалыс қалып қояды. Басқару қателерін талқылау кезінде тағы бір аспектісі бар. Бәлкім, жетек тым өрескел, мысалы, реттеу клапаны тым үлкен болуы мүмкін. Бұл мәселе Сізде дұрыс болып табылмайтын, қоспаның бар екенін білетін жағдай да болуы мүмкін. Реттеуіш ауытқуды табуы мүмкін, бірақ жетекте, клапанда немесе ұқсас бірденеде дәлдік болмауынан оны реттей алмайды. Төмен дәлсіздік талап етілетін басқару контурында тек өлшеу құралын ғана емес, сонымен қатар клапандарды, жетектерді, жылытқыштарды, қозғалтқыштар мен контурдағы барлық компоненттерді және, әрине, контроллердің өзі де сақтау керек!

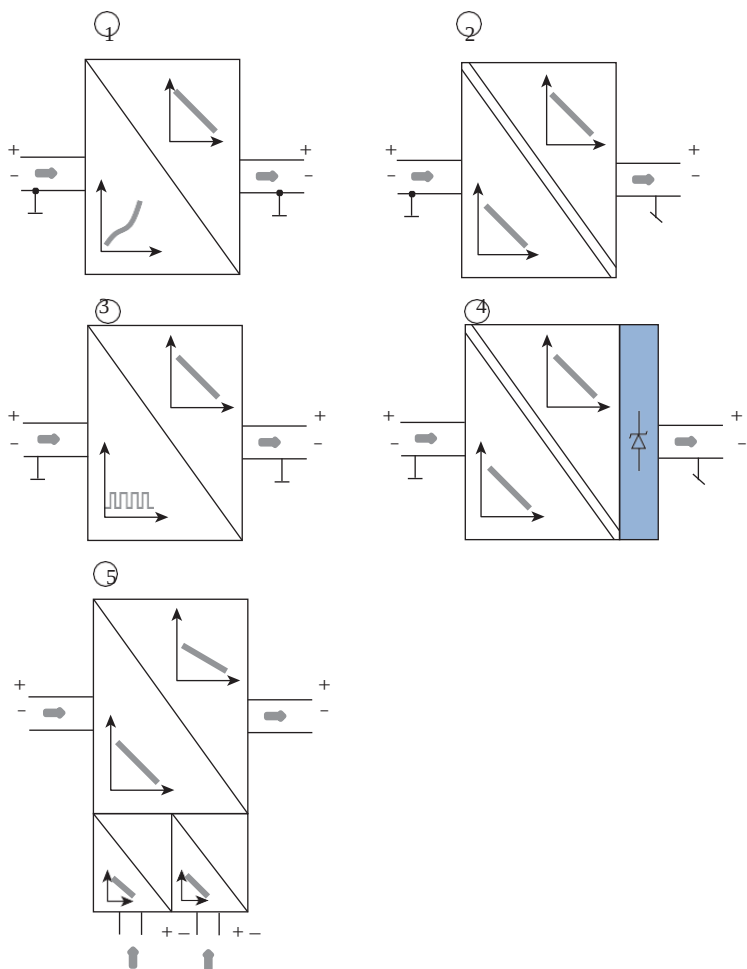
Өлшеу құралын (2) атқару тетігіне (3) тікелей қосу мүмкінсіздігін, процестің мәнін түсіндіре отырып, араларында контроллер қажет (7.6-сурет). Сигнал деңгейін реттейтін және оларды нақты жетектің сипаттамасына бейімдейтін құрылғы, сондай-ақ қажетті мән (1): берілген шама. Сонымен қатар, берілген мәнмен процестің мәнін салыстыру және одан кейін ауытқуға (немесе басқару қатесіне) сәйкес атқару механизміне шығу сигналын қалыптастыру контроллердің міндеті болып табылады. Әр түрлі қағидаттарды пайдалана отырып, жұмыс істейтін контроллерлердің бірнеше түрлі түрлері бар, бірақ екі жалпы түрі - «қосу/өшіру контроллер» және «PID контроллері». Бірінші, мысалы, температура төмен кезде толық қуаттылыққа жылу қосу, және температура жоғары кезде өшіру. h болады. Бұл тек бақыланатын

температураға ғана емес, үнемі өзгертін температураға да әкеледі. PID реттеуіші 0% және 100% арасында күш реттеуі мүмкін, және ол сондай-ақ қозу процесі мен уақыты бойынша кідірістерді өтеу мүмкіндігіне ие. PID реттеуішімен, арнайы процеске дұрыс бапталған температура тұрақтандырылған деңгейге бақыланады.

Басқару технологиясы туралы қосымша ақпарат алу үшін көптеген әдебиеттер бар, мысалы, Технологиялық процестерді басқаруға кіріспе Хосе А. Романьоли мен Ахмет Палазоглу (CRC Press). Сіз www.isa.org мекенжайы бойынша кітап дүкеніне кіре аласыз.

Жүргізілген есептеулер

Көптеген жағдайларда өлшенетін сигнал түрлендірілуі, көшірілуі, көбейтілуі және тағы бір сигнал қосылуы тиіс. Барлық осы жағдайларда сигналдар калькуляторы қажет. Контроллердің функциясы секілді бұл есептеу басқару жүйесіндегі блокта (функцияда) немесе кішігірім модульде орындалуы мүмкін. Бұдан әрі функцияны есептеудің кейбір жалпы мысалдарын табаы аласыз (7.7-сурет).



7.7-сурет

Әртүрлі сигналдар түрлендіргіштері.

Желілендіру

Датчик жетілмеген сигнал берген кезде желілендіру (1) қажет болады. Егер сигнал әрқашан кіріс пен шығыс арасындағы бірдей ара қатынасты көрсетсе (егер датчик қайталанса), соңғы нәтиже өлшеу мен пайдаланушы арасындағы желілендіру едәуір жақсарады. Іс жүзінде бұл баптаудың бірнеше түрлі жолдары бар. Анағұрлым көп таралған болып, осы нүктелер арасындағы әртүрлі нүктелер мен сызықтық түзетулермен кестені пайдалану табылады. Әрине, Сізге желілендіру кестесін растауға дейін «шынайы» қарым-қатынасты білу керек. Бұл туралы қосымша ақпарат алу үшін ретке келтіру бөлімін

қараңыз. Квадрат түбірі сияқты таза математикалық желілендіру, әсіресе дифференциалды қысымдармен жұмыс істеу кезінде де таралған.

Гальваникалық бөлу

Гальваникалық бөлу (2), сондай-ақ түрлендіру бір-біріне орындалса да, қайта есептеу түрі болып табылады. Кіріс сигналы әрдайым бірдей мәнмен шығады. Бұл қарапайым қол жетімді құралдың мақсаты бір сигнал жерін басқалардан оқшаулау болып табылады. Бұл бөгеуілден қорғауды жақсартады, сондай-ақ бірнеше блоктардың үлкен датчиктер желісіне қосылуын жеңілдетеді. Ол ретке келтіру және басқару келгенде, сіз оқшаулағыш датчиктен сигнал деңгейін шағын өзгерту оқшаулағышта жоғалмауы үшін жеткілікті дәл көз жеткізу керек. Әрқашан оқшаулағышты ретке келтіруге қосыңыз!

Импульстік-аналогтық түрлендіру

Импульстер әдетте жалпы санын көрсетеді және демек, бұл өңделетін деректерге тең импульстер саны. Алайда, *жиілікті* сол сигналда да өлшеуге болады. Энергия есептеуішінде импульстер саны энергияға (кВтс) және қуаты (кВт) жиілікке түрлендірілуі мүмкін. Жиілік мысалы, реттеуіште пайдалы аналогтық сигналға сыртқы түрленуге болады. Бұл D/A-түрлендіргіште немесе F/i-түрлендіргіште (3) жасалады, ол Гц мА-ға түрлендіру үшін нақты құрылғы болып табылады. Түрлендіруді екі түрлі әдістермен немесе берілген уақыт ішінде импульстерді есептеу жолымен, немесе импульстер арасындағы уақытты өлшеу жолымен орындалуы мүмкін. Бірінші қағидат жоғары жиіліктерде, ал екіншісі-төмен жиіліктерде ең жақсы нәтиже береді. Екі әдістердің арасында автоматты түрде ауыса алатын құрылғылар бар және, әрине, бұл жақсы егер жиілік бойынша сигнал қатты өзгеше болатын болса.

Жанама -тосқауылдар

Жанама -кедергінің мақсаты (4) ықтимал жарылыс қаупі бар атмосфераға сигналдарда электр энергиясының қауіпті мөлшерінің берілуін болдырмау болып табылады. Қуатты шектей отырып, шоғырдың бойымен қысқа тұйықталу кездейсоқ орын алса, ұшқынмен оталуды алу үшін энергия жеткіліксіз. Сигнал (және кабель) қорғалғанын көрсету үшін әдетте көгілдір кабельдер мен стержендер қолданылады. Алайда, кедергіден шығу энергиясы қауіпсіз деңгейге шектелген болса да, кез келген құралды қосу мүмкін емес. Егер біреу, мысалы, батареяны кедергіден сигналдық кабельге қосса, бұл қауіпсіздікті жоққа шығарар еді, себебі біраз уақыттан кейін батарея оталдыру мүмкіндігіне ие болу үшін жеткілікті энергия жинайды. Сондықтан әрбір жанама -кедергі «батареяның әсерін» болдырмау үшін қосылған жабдықтағы ең жоғары сыйымдылықпен және индуктивтілігімен белгіленген. Негізінен, жанама -тосқауылдар гальваникалық сепараторлар мен түрлендіргіштердің бір түрі болып табылады. Бірнеше функциялар бір блокта біріктірілуі мүмкін, бұл,

мысалы, кіріктірілген жанама- барьері бар линеаризация құрылғысына әкеледі.

Сұйықтық пен газдың жылу энергиясы

Жылу есептеуіш (5) жылу энергиясын өлшеуге арналған. Мұнда «жылу» сөзі электр энергиясын есептеуіштен ажыратуды анықтау үшін қолданылады (ең көп таралған түрі және әдетте, біреу энергия есептеуіші туралы айтатын болса, нені білдіреді). Бұл аспаптар энергияны өлшеуге арналған, бірақ олардың көпшілігі да қуатты индикациялау функциясы бар. Жылу есептегішке себебі жылу қуаты шығыс және екі температура бойынша есептеледі. Шығыс барлық үш кіріс бойынша есептеледі. Әдетте бұл жылу есептегіш деп аталатын калькулятор, бірақ шығын өлшегіш және температура датчиктері әрқашан қажет болғандықтан, бұл комбинация жылу есептегіш болып табылады. Энергия көлемі (немесе шығыны мен уақыты), кіріс пен шығыс арасындағы температуралардың айырмасы және пайдаланылатын ортаның (әдетте су) энтальпиясы (энергия құрамы) негізінде есептеледі. Әдетте, 1 л су құрамында 4,2 кДж Цельсий градусы бар.

Жылу бу түрінде де бөлінуі мүмкін. Будағы энергия мөлшері қысым мен температураға байланысты өзгереді. Мысал қарастырайық:

Тіпті суық сұйықтықтық та да энергия бар. Мысал ретінде суда шамамен кг-ға 4,2 кДж және Цельсий градусы (немесе Кельвин) бар. Бұл дегеніміз, егер Сіз 1 кг суға 4,2 кДж энергия қоссаңыз, температура 1 °C-қа артады. Егер Сіз тағы да 4,2 кДж қоссаңыз, температура тағы бір градусқа көтеріледі. Осының бәрі су қайнай бастайтын, 100 °C-қа қол жеткізгенге дейін жалғаса береді. Енді судың бір бөлігі бұға айналады және сұйықтықтық қалдырады. Егер Сіз су мен бу кеңейтілген сыйымдылықта орналасқанын елестетсеңіз, бізде әлі де 1 кг су бар: кейбіреулері сұйықтық фазада, ал кейбіреулері газ фазасында. Егер біз энергияны қосуды жалғастыратын болсақ, бу көбірек түзіледі, барлық сұйықтықтық жоғалғанша және бізде 1 кг бу болғанша, бірақ температура 100 °C деңгейінде қалады. Мұндай бу қаныққан бу деп аталады. Сонымен қатар көлемі 1 литрден 1600 литрге дейін артты. Егер 0 °C кезінде судан бастасақ, қазір жалпы алғанда 2,5 мДж жылу қосылды. Егер біз одан да көп энергия қосуды жалғастыратын болсақ, буымыз қызып кетеді.

Егер бу қанық екенін білсек, біз температурадан қысымды (немесе қысымнан) есептеу үшін өлшеу құрылғысын пайдалана аламыз. Мысалы, шығын өлшегіште тығыздық пен энергияны білуіміз керек болса, мұның маңызы бар.

Алайда, егер өндіріс процесінде қосымша энергия қосылған болса, және бу қызып кетсе, тығыздық пен энергияны есептеу үшін қысым мен температураны өлшеу қажет.

Энергияны өлшеу бірлігі Си-Джоуль (Дж) . Энергия-бұл қуатқа көбейтілген уақыт, 1 Дж 1 Вт-қа тең. Осылайша, 1 кВт / сағ 3600 кДж-ге тең. Сондай-ақ, 1 Вт 1 Дж/с-ге тең.

Стандартты көлем

Шығыс пен көлемді өлшеу кезінде жиі өлшенген мәнді қайта есептеу

қажет. Оның мақсаты қысым мен температура үшін көлемді түзету болып табылады, әсіресе, егер бұл газды өлшеу болса, бұл түзету нәтижеге үлкен әсер етеді. Көптеген қатынастарда массалық бірліктерді пайдалану оңайырақ. Килограмм әрдайым килограмм болып қалса, бірақ литр әрдайым литр бола бермейді. Осыған байланысты, Сіз сондай-ақ басқа ұқсас ұғымды таба аласыз: сәйкестендірілген көлем немесе қалыпты көлем. Бұл «стандартты шарттарға» қайта есептелген көлем. Осыны істей алатын құрылғы жоғарыда сипатталған жылу есептегішке өте ұқсас, бірақ оның пайдаланудағы теңдеуі басқа. Бізге мұны қалай жасау қажет екенін айтатын ешқандай стандарттар жоқ, бірақ бұл «бірліктерді» пайдаланудың әдеттегі тәжірибесі, және олар жиі алдыңғы «n» немесе «N» (Nm^3 сияқты) әрпімен белгіленеді. Көп жағдайда қалыпты қысым атмосфералық қысым: 101 325 кПа (а). Қалыпты температура өзгеруі мүмкін, бірақ әдетте 0, 15-ті немесе 20 °C-ты немесе басқа температура шкаласындағы балама мәндерді құрайды. Қосымшадағы қалыпты (немесе эталондық) шарттардың нені білдіретінін анықтау қажет. Стандартты шарттар-бұл сол бір атаудың бірақ басқа сөздері. Мұнай мен газды коммерциялық саудада қалыпты жағдайларға түзету стандартты рәсім болып табылады. Кейде қайта есептеу қалыпты текше метрде тоқтамайды және калькулятор да басқа көлемдерді, ал кейде энергияны (нақты өнімге байланысты тіркелген энтальпиялар негізінде) ұсынады. Мұны орындай алатын құрылғы ағындық компьютер болып табылады. Ағынды басқару блогында тексерілген алгоритмдер, тығыздық кестелері және стандартталған корреляция коэффициенттері бар. Қайта есептеу әдетте өте күрделі емес, бірақ ол қауіпсіз жолмен орындалуы тиіс және әрбір тұтынушы, жеткізушілер, саудагерлер мен авторларды қоса алғанда, тексере алатындай, оны анағұрлым күрделі етеді. Осы себепті ағынды компьютерлер жиі сертификатталады және табыстау өтінімде тексерілген өлшеу жүйесінің бөлігі болып табылады.

Жылулықтың ұлғаюы

Тек газдар ғана емес, сонымен қатар сұйықтықтықтар мен қатты материалдар температураға байланысты. Материалдың тығыздығы мен көлемі температурамен өзгереді. Бұл, мысалы, құбыр диаметрінің өзгеруіне немесе сыйымдылықтың көлемінің өзгеруіне әкелуі мүмкін. Егер өлшенетін сұйықтықтық өлшеу нүктесі мен пайдалану нүктесі арасындағы температураны өзгертсе, қайта есептеу жүргізіледі және өтеу қажет болуы мүмкін. Кейбір қолдануларда, бұл көлем (есептеуіш пен тұтынушы арасында шектелген) буфердің көлемі деп аталады.

Кестелер мен стандарттар

Константаларды, физикалық деректерді және Сіз табатын, соған ұқсас ақпаратты іздеу кезінде кейде алынған дереккөзіне қарай өзгеше болуы мүмкін. Мысалдар бу тығыздығы мен газдардың энергия құрамын қамтуы

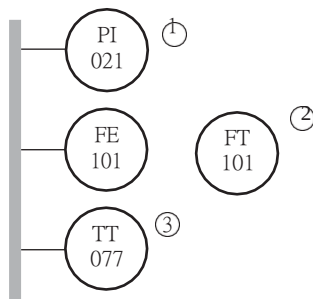
мүмкін. Бұл екі негізгі себеп бар немесе сұйықтықтық егжей-тегжейлі көрсетілмеген (мысалы, су тығыздығы кестесінде, судың қандай түріне жатады). Басқа себеп-стандарттау органдары деректерді алу үшін басқа әдіснаманы пайдаланды. Бұл жағдайда, осы көздердің бірінен деректерді дұрыс пайдаланбауды, бірақ дереккөзін жақсы еске түсіруді айтуға болмайды. Кейбір құрылғыларда (калькуляторлар және ағынды компьютерлер сияқты) осы себепті қандай стандартты пайдалануды таңдауға болады.

Ретке келтіру

Кернеулікмен токты өлшеуге арналған электр құралдары пайдалы және маңызды құралдар болып табылады. Егер аспап ретке келтіру үшін өлшеу тізбегінде пайдаланылса, ол жақсы сапалы және калибрленуі тиіс. Ілмек ретке келтірушісі- бұл кіріктірілген қуат көзі бар дәл мА-метр болып табылады. Ілмектің ретке келтірушісі мәні бойынша бастапқы аппаратураның шығу сигналын ауыстыру ретінде қосылған. Калибратор қосылғанда, контур 0% - дан 100% - ға дейін процестің әр түрлі мәндерін модельдей алады және кіріс жүйедегі көрсеткіштермен салыстырылады. Жалпы қабылданған және тәжірибелік тәсіл қолайлылық шегін белгілеу болып табылады; егер енгізу мен қорытынды арасындағы айырмашылық аз болса, бұл қандай да бір әрекеттерге әкелмейді. Бұл шектің мөлшері, әрине, іс жүзінде болмашы болу үшін жеткілікті аз болуы керек. Алайда, өлшеудің белгісіздігімен жұмыс істеу кезінде осы қолайлылық шегін ескеру қажет.

Жүйелер мен құрылымдардың сызбалары

Технологиялық жобалау сызбалары жаңа жүйелерді жобалау кезінде де, мәселені іздеу кезінде де өте пайдалы. Бұл үшін танбалар әртүрлі компоненттер үшін пайдаланылуы тиіс ретінде егжей-тегжейлі сипаттайтын түрлі стандарттар бар. Сондай-ақ, механикалық жобалау және электрлік жобалау сияқты әртүрлі жұмыс топтарына арналған сызбалардың әртүрлі түрлері бар. Өлшеу жүйелерімен жұмыс істеу кезінде



7.8-сурет

Аспаптарды сәйкестендіру.

өте пайдалы сызу түрі Құбырлар мен бақылау-өлшеу құралдарының диаграммасы (P&ID). Бұл технологиялық ағындар мен электр сигналдарының (немесе, басқаша айтқанда, құбырлар мен кабельдер) сызбалық шолуын береді. Суреттердің осы түрінде қолданылатын ең көп таралған таңбалардың кейбірін төменде табуға болады. Құбырлар мен бақылау-өлшеу құралдарының диаграммасы сұлбаларында қолданылатын таңбалар стандартталмаған. Кішігірім айырмашылықтарды ұсынатын бірнеше стандарттар бар. Негіздері осы кітапта бұрын қолданылған таңбаларға ұқсас. Таңбалар тек өлшеу құралы үшін шеңберді пайдалана отырып, оңай болуы мүмкін. Бұл белгілі бір позиция үшін бірегей аты, «тег нөмірі» белгіленуі мүмкін. Тег нөмірі аппаратураның қай түріне арналған кодтарды қосуға болады, мұндағы Р қысым үшін, F беру үшін, T температура үшін, L деңгей үшін және т.б. Екінші әріп құрылғы функциясын білдіреді, онда і индикаторы, Т таратқышы және Е элементі (датчик) көрсетіледі. Контроллерлер, тіркеушілер, қауіпсіздік функциялары және басқа да көптеген кодтар бар. Бұл салада кеңінен қолданылатын стандарттардың бірі- ISA 5.1. Толық ақпарат және осы стандарт үшін кодтың толық кілттері үшін www.isa.org кіріңіз. Сондай-ақ, Құбырлар мен бақылау-өлшеу құралдарының диаграммасы сызбаларын жасау үшін қолжетімді ДК түрлі бағдарламалық қамтамасыз ету, олардың көпшілігі кірістірілген таңбалар бар. 7.8-суретте үш құрал келтірілген. Жоғарыда қысым индикаторы (1), ортасында жеке датчигі және түрлендіргіш / таратқышы бар шығын өлшегіш (2 және температура датчигі (3) орналасады.

Клапандар, сорғылар және құбырлар

Клапандар

Көптеген түрлі клапандар бар, кейбіреуі әмбебап кескінді, ал кейбіреуі арнайы қолдану үшін дайындалған. Өлшеуге келгенде және автоматтандыру процесіне келгенде, орта, температура және қысым сияқты әдеттегі таңдау талаптарына қоса, ескеру керек бірнеше заттар бар. Мысалы, клапан 100% тығыз жабылған ба? Айта кету керек, барлық клапандар тіпті теориялық түрде жабық күйде ағындарды жабады. Жүйе толық жабық клапанды талап еткенде, бір нұсқасы «қос блок және шығару клапаны» пайдалануға болады. Шын мәнінде, бұл олардың арасындағы Т-тәрізді қосылыста шағын кері клапаны бар сериядағы екі клапан. Екі клапан жабық және кері клапан ашық кезде, толық жабық ағын кепілдік (және оқшаулау). Мұндай клапандар жиі өнімді табыстау үшін қолданылады.

Қосу-өшіру клапандарының анағұрлым жиі пайдаланатын түрлері - шар және дроссель клапаны. Қосу/өшіру клапаны реттеу клапаны ретінде пайдалануға болады, бірақ ол өте жақсы нәтиже бермейді, себебі көптеген жағдайларда реттеу тым өрескел.

Клапандар әрқашан шығын өлшегіштен кейін орнатылуы тиіс. Егер бұл мүмкін болмаса және клапан шығын өлшегіштің алдында орнатылса, онда бұл клапан ағынның кескінін мүмкіндігінше, аз бұзуын қамтамасыз ету қажет. Ашық жағдайда құбыр диаметрі бойынша шектеуі жоқ клапан түрін пайдалану.

Бақылау клапандары

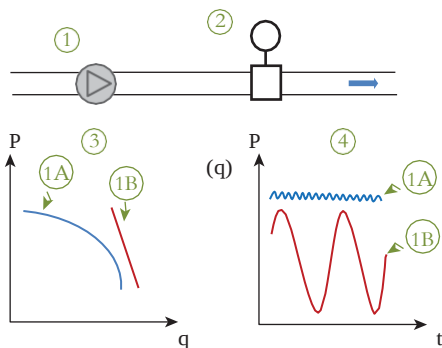
Шығын өлшегіштердің автоматтандыру процесіндегі мақсаты өндіріс жылдамдығын, деңгейді, температураны, қысымды және ағынның өзін бақылау болғандықтан, реттеуші клапандары өте жиі шығын өлшегіштердің маңында орналастырылады. Кез келген жағдайда, әрқашан клапанды шығын өлшегіштен кейін орнатыңыз. Сондай-ақ, бекіткіш клапан үшін, таңдау үшін бірнеше түрлі реттеуші клапандар бар. Таңдау жиі дискретті ішкі бөліктерді, конустар мен цилиндрлердің әр түрлі өлшемдерін қамтиды. Бұл

жақсы бақылау функциясын қамтиды. Ең жақсы реттеуші клапанды таңдау үшін ағын бойынша жоғары қысым, шығыс диапазоны, сондай-ақ ағын бойынша төмен қысым туралы ақпарат қажет. Шығудағы қысымды бағалау қиын, себебі ол таңдалған клапанға байланысты болуы мүмкін. Сұралатын ақпарат-келесі процесс үшін қажетті қысым, мысалы, реттеу клапанынан кейін құбырлар мен компоненттердегі қысымның төмендеуі.

Реттеуші клапандары үшін айнымалы ретке келтіру K мәні болып табылады. Негізінде, бұл мән қысымның белгілі бір төмендеуі кезінде ағынын көрсетеді. K үш түрлі мәндері қолданылады: K_v (1 бар дифференциалды қысыммен литр/мин ағын ретінде көрсетілген), C_v (дифференциалды қысыммен галлон / мин ағын ретінде көрсетілген) және A_v (m^3/s ағынында көрсетілген 1 Па дифференциалды қысым). A_v -бұл Si бірлігі болса да, ол бір рет пайдаланды.

Сорғылар

Сорғының анағұрлым көп таралған түрі ортадан тепкіш сорғы болып табылады. Бір немесе бірнеше турбиналар сорғы ішінде жоғары жылдамдықпен айналып, сұйықтықты қозғалтады. Екінші жалпы түрі көлемді қағидатына негізделген, онда шағын камералар (бөліктер) сұйықтықтар сорғының шығысына кіретін есіктен (ығысудың оң түрі) тізбектелген. Өлшеу ісіне келгенде, кейбір сорғылар (1) шығын өлшегіш үшін мәселе туғызады (2), бұл ағын сигналының бұзылуына әкеледі (8.1-сурет). Сорғы камераларының қозғалысы сияқты жиілікпен көлемді сорғы қысымның өзгеруін туындататын болады. Егер камералар үлкен болса және баяу қозғалса, мембраналық сорғыдағыдай шығын мен қысымның өзгеруін өлшеуге болады. Егер жиілік жоғары болса (піспекді сорғылар сияқты), тұрақсыз қысым жалған сигналдар мен өлшеу қателіктерінің пайда болуына әкелуі мүмкін. Көп жағдайда көлемді сорғы үшін арнайы шығын өлшегіш қажет болады, ал электрондық есептеуіште сүзгі функциялары пайдалы болады.



8.1-сурет

Беріліс және қысым қатынастары.

Сол жақ сызбада (3) 8-суретте ортадан тепкіш сорғыдағы қысым мен шығыс арасындағы оңайлатылған тәуелділік көрсетілген (1A-сурет) және көлемді сорғылар (1B) көрсетілді. Оң жақтағы диаграмма (4) уақыт бойынша қысымның өзгеруін, сондай-ақ ортадан тепкіш сорғы үшін (1A) және көлемді сорғы үшін (1B) көрсетеді. Статикалық жүйеде қысым ауытқуы шығынның өзгеруін тудырады. Сурет масштабта емес, нақты өзгерістер сорғының түріне, өлшеміне және қолданылуына байланысты.

Сақтандырғыш клапан

Бас - бұл сорғылар үшін қолданылатын ұғым. Бұл сорғыш сұйықтықтың қысымы мен тығыздығының үйлесімі және ол жоғары сорғы сұйықтықты көтере алады. Егер Сіз шығуда қысым сорғы кіріс қысым қоссаңыз, сіз жалпы арынды есептейсіз. Бұл сұйықтықтың шығыны мен қасиеттерімен бірге сорғының қандай жұмыс атқаратынына, яғни қуат пен энергияға сай келеді. Егер сорғыда, жетекте және электр қозғалтқышта жоғалған энергия белгілі болса, онда осы сорғының ПЭК-ін есептеуге болады.

Сору жағындағы теріс қысым 0 бардан төмен бола алмайды (немесе-МПа g, бұл вакуумға тең). Теориялық түрде сорғы ешқашан сору мүмкіндігі болу үшін, су бетінен шамамен 10 м-ден жоғары орналаспауы қажет екенін білдіреді. Алайда, іс жүзінде сұйықтықтың, құбырлардағы қысымның өзгеруі, ауа райы жағдайлары және басқа да кемшіліктердің салдарынан ең жоғары биіктігі төмен болады. Мысалы, 70 °C кезінде суды айдау кезінде сору жағында ең жоғары биіктігі шамамен 2 м болады. Сорғы түрі мен сұйықтықтық шегін орнатады. Кейбір жағдайларда сорғының жұмысы үшін тіпті оң қысым қажет болуы мүмкін.

Құбырлар мен жалғамалар

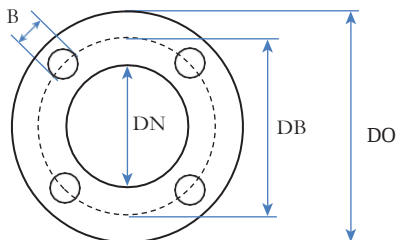
Құбыр өлшемдері қалыптандырылған. Жалпы және сонымен қатар ерекше стандарттар көп (мысалы, тамақ өнеркәсібінде қолданылатын стандарттар). Құбыр мен қосылыстың әрбір өлшемі өзінің номиналды диаметрінен кейін аталады; алайда, өлшеулер қысымның номиналдылығымен өзгертіледі. Сыртқы диаметрі қысымның барлық номиналдылығына тең, және жоғары қысымға сәйкес келетін құбырлардағы қалыңдық құбыр қабырғасы шамасына қарай, ішкі диаметр жоғары қысымды құбырда аз болады. Бұл кейбір аспаптар үшін маңызды; мысалы, құйынды шығын өлшегіштерді номиналды диаметрге ғана емес, қысым класына да бейімдеу қажет. Құбыр өлшемінің 2 жалпы стандарты: өлшемі дюйммен көрсетілген американдық стандарт (ANSI/ASME/API) және өлшемі миллиметрмен көрсетілген еуропалық/неміс жүйесі (DIN). Американдық жүйеде құбыр диаметрі «құбырдың номиналды өлшемі» (NPS) немесе «номиналды ұңғыма» (NB) ретінде және қабырға қалыңдығы «кестемен» жіктелген. Еуропалық жүйеде, бұл «номиналды диаметр» (DN) ретінде белгілі. Әрбір номиналды диаметр қысым мен қызмет температурасына сәйкес келетін, әр түрлі қабырға қалыңдықтарында қол жетімді. Құбырлар әртүрлі материалдардан жасалуы мүмкін; жұмсақ болат, тот баспайтын болат, мыс және пластикалық құбырлар әдетте қол жетімді. Болат құбырлар бойлық, спиральды немесе жіксіз болуы мүмкін. Дәл өлшеу жағдайында, олар ағын кескініне әсер етуі мүмкін, себебі ішінде тегіс емес дәнекерленген құбырларды қадағалаңыз. Егер қысқыш шығын өлшегіш пайдаланылса, құбыр дөңгелек болуы тиіс. Тіпті шағын кемшіліктері өлшеу дәлдігіне әсер етуі мүмкін.

Фланецтер

Құбырларға арналғандай, өңдеуші өнеркәсіпте фланецтердің бірнеше түрлі стандарттары бар; ANSI, DIN және JIS (Азияда қолданылатын, жапондық өнеркәсіптік стандарт) анағұрлым кең тарапқан болып табылады. Барлық жүйелерде және номиналды өлшемдер және номиналды қысым рейтингі. DIN және EN сәйкес, жұмыс қысымы «номиналды қысыммен» (PN) анықталады, ал ANSI-де фунт қысым сыныптары бар. Барлық зауытта бір стандартты пайдалану, әрине, артықшылығы болып табылады, себебі әр түрлі фланецтер бір-біріне сәйкес келмейді. Кейбір жағдайларда, әсіресе диаметрі 100 мм-ден кем құбырлар үшін фланецтер бір стандарт шегінде, бірақ түрлі қысым класымен бір-бірімен қосылуы мүмкін. Алайда, көп жағдайда, әртүрлі мөлшері мен бұрандалардың өлшемдері қолданылады және бұл фланецтер, тіпті номиналды диаметрі бірдей болса да, қолайлы болмайды (8.2-сурет). Фланецтердің кейбір түрлері үшін номиналды өлшемдер қосымшада келтірілген.

Бұрандалы қосылыстар

Құбыр келтеқосқыштарында әдетте пайдаланылатын 3 ағын түрі: NPT, BSPT және BSPP. NPT (ұлттық құбыр бұрандасы) конус қосылымы жиі қолданылатын манометрлер мен қысым таратқыштары үшін жақсы тығыздау қасиеттерімен. Bspt (Британдық стандартты құбыр бұрандасы) конустық бөлімде әр түрлі бұрышпен NPT-ға ұқсас. Кейбір аймақтарда бұл түр «R түрі» деп аталады. BSPP (Британдық стандартты параллель құбыр) - бұл тығыздағыш сақинаны қолданатын параллель бұрандалы фитинг.



8.2-сурет

Фланецтің өлшемі.

Арнайы қосылыстар

Құбыр жалғамаларының көбі және тез ажырағыш муфталар пайдалануға дайын күйінде болады. Олардың көпшілігі өнеркәсіптің белгілі бір сегменттерінде пайдаланылады және ерекше талаптарды ескере отырып әзірленген. Тағамдық және биохимиялық қосылыстар бактериялардың пайда болуынан қорғауға арналған нығыздалған және тығыздалған сақиналары бар гигиеналық және жылтыратылған тот баспайтын болаттан жасалады. Өрт сөндіру машиналары мен отын құюшының арбаларында пайдаланылатын ажыратқыштар ыңғайлы қозғалу және тез қосылыстар мен босату үшін пайдаланылады.

Кавитация

Жылу энергиясы бөлімінде сипатталғандай, сұйықтықтың төмен қысымға байланысты сұйықтық төмен температурада да қайнауы мүмкін. Кейде газ көпіршіктері қажет емес. Ыстық сұйықтықтың газ көпіршіктерінің түзілуін тоқтату үшін қысымды сұйықтықты ұстап тұру қажет болуы мүмкін. Сорғыда, бұл күрделі мәселеге айналуы мүмкін. Мысалы, егер Сізде қысымы 2 г бар болатын құбыр бар болса, су температурасы 120 °C дейін көтерілуі мүмкін, ал су әлі де сұйықтық фазада болуы мүмкін. 16 г барда, су 200 °C-қа дейін сұйықтық күйінде қалады. Сұйықтықтың құбыр арқылы ағып болғанда,

қысым әрқашан бар болғандықтан, клапан немесе кез келген компонент, қысым осы компоненттің ішінде міндетті түрде өзгереді. Кейбір жағдайларда қысым да артады. Белгілі бір жағдайларда алдымен газ көпіршіктері пайда болады, содан кейін көп ұзамай сұйықтық фазаға қайтарылады. Бұл қайтаруда, көпіршіктер материалды бұзатын және түрлі қиындықтарді тудыруы мүмкін өте көп қажетсіз энергия жасау арқылы жарылады. Бұл оқиға кавитация деп аталады және егер ол орын алса, Сіз осы имплозиямен туындаған шу естуге оңай болар еді. Реттеуші клапан сияқты редукциялық құрылғыда бірнеше кезеңде редукцияны орындау жақсы, себебі ол кавитацияны болдырмауы мүмкін.

Қауіпсіздік

Өңдеу өнеркәсібінде қауіпсіздіктің көптеген түрлі аспектілері бар. Бұл кітап өлшеуге арналған болғандықтан, біз өлшеу жабдықтарымен байланысты қауіпсіздік үшін осында тоқтаймыз. Қауіпсіздік жүйелерінің көпшілігі өлшеу функциясын қамтиды, сондықтан қауіпсіздік қиындықтары кейбір қауіпсіздік стандарттарында аталғандай, өлшеу құралының немесе «датчиктің» маңызды бөлігі болуы мүмкін. Негізінде, біз барлық қауіпсіздік қиындықтарын екі бөлікке бөле аламыз: Біріншіден, бұл аспаптың өзінің жазатайым оқиғаларының немесе жарақаттарының алдын алумен байланысты, мысалы, электр тогының зақымдануынан немесе ағып кетуінен қорғау. Екінші бөлім жүйенің немесе басқа компоненттердің қауіпсіздігі дұрыс өлшенген деректерге байланысты болатын Техникалық қауіпсіздік ке жатады.

Қауіпсіздік әрдайым маңызды болғандықтан, әдетте құралдың қауіпсіздік аспектілерін тәуелсіз ұйым бағалайды. Егер солай болса, орнында қауіпсіздікті тексеру үшін пайдалануға болатын есептер мен сертификаттар бар. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету құралдарына (және тиісті құжаттамаға) қажеттілік нақты процеске байланысты қолдану мен тәуекелдерге байланысты. Әдетте, талаптар мемлекеттік органдар шығаратын ұлттық заңдарда белгіленеді. Алайда сақтандыру компаниялары мен басқа да ұйымдар ұсыныстар бере алады, және көбінесе компания белгілі бір тәуекелдерге ішкі талаптарды немесе рұқсаттарды өзі белгілейді. Мұны компанияның «тәуекел тәбеті» деп атауға болады: Компания төтеп бере алатын қоғамның қызметкері немесе мүшесі жарақат алу немесе қайтыс болу қаупі қаншалықты үлкен?

Бұл тарау өлшеуіш аспаптармен байланысты кейбір жалпы қауіпсіздік қиындықтары туралы азырақ қамтиды.

Электр қауіпсіздігі

Халықаралық үкіметтік ұйымдар электр қауіпсіздігі бойынша ұсыныстарды жариялады. АҚШ-та мұндай құжаттарды www.osha.gov [Еңбек қауіпсіздігі және гигиенасы басқармасы (OSHA) жариялаған] бойынша табуға болады. Еуропалық ұсыныстар барабар және барлық мүше-мемлекеттерде табылады, мысалы, www.hse.gov.uk/electricity [Біріккен Корольдіктегі Қауіпсіздік және денсаулық сақтау комитеті (HSE)] жарияланған. Еуропалық Одақ ішінде Төмен кернеуліктуралы директива 50 В кернеулікшегін орнатады. Құрама Штаттарда федералдық заң жоқ, бірақ жергілікті ережелер сақталуы керек.

Дегенмен, стандартты белгілейтін ұлттық код (NEC) бар; төмен кернеулікшегі 100 В. Кернеулікшегі өңірден аймаққа түрленуі мүмкін, бірақ негізінен дағдылар мен жабдыққа қойылатын талаптар кернеулікдеңгейімен өседі. Кернеудің жергілікті шегі асып кеткен кезде кәбілдердің, түйіспелердің және ішкі компоненттердің құрылымына аса қатаң талаптар қойылады. Бұл техникалық талаптар ұзақ тарихқа ие болғандықтан, көп жағдайда оларды қалай жүзеге асыруға және қауіпсіз электр функционалдығы бар құрылғыны қалай құруға күмән жоқ. Көптеген облыстарда және жалпы ережелерді сақтау ресми бекіту белгісімен расталады.

Алайда, электр қауіпсіздігі орнындағы орнату жұмыстар. Сізге (өлшеу жөніндегі маман немесе инженер ретінде) не істеуге рұқсат етіледі? Егер кернеулік жоғарыда талқыланған кернеулік шегінен жоғары болса, негізінен, сақтандырғыштар мен штепсельдер сияқты компоненттерді ауыстырудан басқа ештеңе жасай алмайсыз. Бірақ қағидалар жергілікті болып табылады және түрлі өзгешеленеді, сондықтан да Сіз өз өңіріңізде не қолданылатынын алдымен тексеру қажет. Негізгі ережелерді белгілейтін ұлттық заңнамаға қосымша фабрикалардың көпшілігінде жергілікті басқару қағидаттары мен түрлі жұмыстарға арналған «лицензиялар» бар. Жалпы кеңес - әріптестеріңізбен ақылдасыңыз, электр жүйелерінде қандай да бір жұмыс істеместен бұрын, тамақтанудың ажыратылғандығын әрдайым тексеріңіз. Егер сіз кез-келген жағдайда ішкі компонентті өзгерту немесе түзету туралы шешім қабылдасаңыз, Сіз сондай-ақ осы нақты құрылғыдағы болашақ қауіпсіздік үшін жауапкершілікті өзіне алуға тиіс екенін есте сақтау керек. Өндірушінің кепілдігі (және / немесе қауіпсіздік белгісі) енді жарамсыз болуы мүмкін. Компоненттерді ауыстырудан тұратын кез келген жөндеу жұмыстарын орындамас бұрын өндірушімен кеңесіңіз. Жұмыс аяқталғаннан кейін, аспапты желіге қосқан кезде барлық кабельдердің дұрыс орнатылуын және бекітілуін әрдайым тексеріңіз. Сондай-ақ, кабель енгізгіштер, қақпақтар дұрыс күйде және бүлінбеген екеніне көз жеткізіңіз.

IP-номиналды корпус

Өлшеу құралының сенімділігі мен жақсы функционалдылығына байланысты электр қауіпсіздігінің маңызды бөлігі шаң мен судан қорғау болып табылады. Корпус қаншалықты «тығыз жабылған» екенін, басқаша сипаттауға болады. Сипаттамалардың бірі - «IP-класс» қолдану. IP жүйесінің коды - ард IEC 60529 (9.1-кесте) халықаралық стандарттан шығады. Электр жабдығын өндірушілердің ұлттық қауымдастығы (NEMA) осындай стандартты ұсынады. Nema 250-2003 стандарттарын жариялауда қосымшалар қолдану саласына байланысты әр түрлі кластарға бөлінеді (9.2-кесте).

Электр кедергілері (ЭМС)

Өлшеуіш аспаптарда датчиктер, электродтар, кабельдер және сигналдардың сыртқы көздерінің (мысалы, ұялы телефондардың) әсеріне «ұшырауы» мүмкін басқа да компоненттер жиі болады. Егер сигнал деңгейі аз болса, онда салыстырмалы түрде оңай кедергі болуы мүмкін

9.1-кесте

IP-класты корпус

Бірінші цифра (басып кіру)	Екінші цифра (Ылғалдылық)
0- қорғаныш жоқ	0- қорғаныш жоқ
0 - Қол сияқты дененің үлкен бөлігінен	қорғау (мысалы, прецизионды құралдар / шағын өлшемді)
1 қорғау (бірақ әдейі қол жеткізуден қорғау емес); диаметрі 50 мм артық қатты заттардан қорғау	1 - Жабдықты зақымдауы мүмкін шаңнан қорғау- Конденсаттан қорғау
2 - Ұзындығы 80 мм-ден аспайтын және диаметрі 12 мм-ден аспайтын саусақтардан немесе басқа да заттардан қорғау	2 - Тігінен 15° ауытқыған су тамшыларынан қорғау
3 - Диаметрі 2,5 мм және одан жоғары құралдардың, сымдардың және тағы басқалардың енуінен қорғау	3 - 4 тіктен 60°-қа дейін қорғалған-барлық бағыттағы су бүріккішінен қорғау
4 - Көлемі 1 мм артық қатты денелерден	5 - Төмен қысымды су ағысынан қорғау (барлық бағыттарда)
6 - Толық шаң өткізбейтін	6-Ішекті судың ағысы мен толқынынан қорғау
7-уақытша батудан қорғау	
8-ұзақ қысымдағы суға батудан қорғау	

9.2-кесте

IP-класты корпус

NEMA		
Түрі	Жағдай	IEC баламасы мүмкін
4X	1 Ішкі / жалпы	10
	2 Ішкі/түсетін шаң/ тамшы су	11
	3 Сыртқы / жауын, қар, жел, шаң	54
	4, Түтікше -бағытталған су, коррозия (X)	56
	5 Ішкі/түсетін шаң/ тамшы су	52
	6 Бату	67
	7 Қауіпті аймақ	
	8 Қауіпті аймақ	
	9 Қауіпті аймақ	
	12 Ішкі / тамшы, шаң	52
	13 Ішкі / май, шаң	54

сигналға салынған, мысалы, басқару қиындықтары немесе нәтижеде ақаулы сумматорлар. Сондықтан датчиктер мен сигналдық кабельдерді қосқан кезде сақ болу өте маңызды. Әрқашан орнату нұсқауларын тексеріп, қалқандардың дұрыс қосылғанына көз жеткізіңіз. Егер нұсқаулықтар болмаса, әдетте экрандалған, оралған жұптары бар кабельді пайдалану ұсынылады. Есіңізде болсын, егер Сіз жүйе функциясын, электромагниттік үйлесімділікті қорғау (ЭМУ) тексеру арқылы қосылысты анықтай аласыз, себебі ол тек кедергілер пайда болған кезде ғана пайдалы болады.

ЭМУ термині жиі қолданылады. Екі шегін сақтау керек: біреуі-сәулелену үшін, екіншісі - сақтандыру үшін. Бұл идея ешқандай құрылғылар электромагниттік сигналдарды белгілі бір шектен жоғары жібермеуі тиіс және құрылғы белгілі бір шектен төмен электромагниттік сигналдармен бұзылмауы тиіс. Алайда, кейбір жүйелер үшін бұл жалпы шектеулер жеткіліксіз болуы мүмкін. Мысалы, сервистік тапсырманы орындау кезінде, егер Сіз біреуді көмекке шақыратын болсаңыз, есіктері ашық электр шкафының алдында тұрып, Сіз, бәлкім, стандартталған шектерден жоғары ЭМУ деңгейлері бар осы шкафтың ішінде электр жабдығын шығарасыз.

Кедергілер негізінен үш жолмен таралуы мүмкін: ауа бойынша, кабель бойынша немесе байланыс арқылы. Кабельдегі үлкен токтар жақын орналасқан кабельдерге кедергі келтіруі мүмкін, магниттік өрістерге әкеледі. Қуат блоктары және қуат реттегіштері (коммутация режимі), әсіресе ескі, электр желісіне кедергі жасайтын болады. Қозғалтқыштар мен жарықтандырудың кейбір түрлері электр қуатында фазаның жылжуын жасайды және бұл кедергі келтіруі мүмкін.

Өте аз және сезімтал сигналдар үшін, кәсіби кабельдер мен құралдар қол

жетімді. Мысалдардың бірі- μ -металл (немесе μ -металл) экрандар. μ -металл магнетизмнен тиімді қорғайтын көптеген никельден тұрады. Басқа мысал-электронды күшейткіштер «нақты сигналға» жақын сигнал деңгейі бар экрандарды беретін бастапқы жүктеу жүйесі болып табылады, бұл өте жақсы қорғауға әкеледі.

Қысым қауіпсіздігі.

Бұл бөлім материалдардың беріктігіне арналған және әдетте аспаптармен және автоматикамен жұмыс істейтін адамдар қамтылмайды. Бірақ құралдар да қысымда жұмыс істеуі тиіс болғандықтан және бұл денсаулық, қауіпсіздік және активтерді қорғау туралы болып отыр, бұл туралы қысқа бөлім енгізілді. Мәні бойынша, орта (сұйықтықтық немесе газ), өлшемі, жұмыс температурасы және қысымы бірлесіп жобалауға қойылатын талаптарды белгілейді. Сол комбинация сондай-ақ сапаны қамтамасыз етудің қажетті тетіктерін белгілейді. Көптеген өңірлерде талаптарға сәйкестігін дайындаушы зауыт ресми бекіту белгісімен белгілейді, бірақ жабдығы қауіпсіз басқару, пайдалану және техникалық қызмет көрсету үшін жауапкершілік процесс иесіне жүктеледі.

Жоғары температураларда, материалдардың көпшілігінің беріктігі төмендейді. Бұл дегеніміз, кез келген осы компонентте рұқсат етілген ең жоғары қысым жоғары температураларда төмен болады. Көміртекті болатта, мысалы, температура 150-ден 200 °C-қа дейін көтерілсе, ең жоғары қысым шамамен 0.1 МПа-ға түседі.

Басқа материалдар басқа қатынастарға ие, ал жоғары қысым кезінде болаттың басқа қатынасы болады. Сондықтан әрқашан есептік температураны да, компоненттерді таңдау алдындағы қысымды да тексеріңіз. Құбырларда қолданылатын компоненттердің көпшілігі «номиналды» қысыммен сынапталған. Бұл нақты құрылғы үшін ең жоғары жұмыс температурасында ең жоғары жұмыс қысымына тең «емес» деп ескеріңіз.

Материалдың беріктігі, басқа да көптеген аспектілер сияқты, сапаны қамтамасыз етудің жалпы жүйелерімен тығыз байланысты (мысалы, ISO 9001). Осы жүйелердің көпшілігінің негізгі идеясы-кепілдікті екі бөлікке бөлу. Бірінші бөлім «қалай» компания қалыпты жұмыс істейді және қандай материал жеткізілгенін сипаттау қажет. Екінші бөлім - «не» жеткізілетінін сипаттайды және әдеттегі тәжірибе мен рәсімдерге сәйкес жасалған материалды сертификаттайды. Бұл дегеніміз, сапа бойынша құжаттардың екі бөлігін жиі зерттеу қажет: біріншіден, рәсімдер мен, екіншіден, рәсімдерге байланысты растаулар мен сертификаттар. Сапа-күрделі тұжырымдама, себебі адамдардың көпшілігі оны «жақсы» сапаға аударады. Алайда, бұл дұрыс емес, негізінен сапа жүйесі жақсы немесе жаман сапа туралы ештеңе айтпайды, бірақ оның орнына, ол өнімдердің «тұрақты» сапасы бар және өнімдердің «уәде» болған сәйкес өндірілетініне кепілдік береді.

Материалдың қасиеттері

Механикалық беріктіктің есебі әрдайым нақты пайдаланылатын материал үшін бастапқы деректерді қамтитындығынан, кейбір жағдайларда әрбір құрылғының дұрыс материалдан жасалғанын тексеру қажет. Бұл ақпаратты материал сертификатынан табуға болады. Стандартталған форматтар аймаққа байланысты ерекшеленеді, бірақ жалпы түрі EN 10204 сәйкес келеді. Негізінен үш түрлі нұсқа қолданылады және олар металл бұйымдары берілген талаптарға (2.1 типі) және жеткізілетін сынау нәтижелеріне (3.1 және 3.2 үлгілері) сәйкес келетінін мәлімдейді. 2.1 және 3.1 типтерін дайындаушы зауыт шығарады, ал 3.2 типін сыртқы тәуелсіз ұйым растайды.

Коррозия

Коррозия-қоршаған ортаның әсерінен материалдың біртіндеп бұзылуы. Темір, мысалы, темір оксидінің пайда болуына байланысты ауадан су мен оттегінің қатысуымен «тотыққа» айналады. Егер өлшеу құралы тотыға бастаса, бұл қысымның қауіпсіздігіне, сондай-ақ өлшеудің дәлсіздігіне әсер етеді, сондықтан осы нақты сұйықтықтыққа төзімді суланған бөліктерді (сұйықтықтықпен байланысатын бөліктерді) таңдау маңызды. Өлшеу құралдары үшін коррозия тек қысым қауіпсіздігіне байланысты, себебі материалдың икемділігі мен басқа да қасиеттері өнімділікке әсер етуі мүмкін. Мысалы, қысым датчигінің мембранасындағы материал, индуктивті шығын өлшегіштің электродтары немесе кориолистің шығын өлшегішіндегі түтікшелер процессте қандай химиялық заттар қолданылатындығына қатысты таңдалуы тиіс.

Қолдану күрделілігі

Өңдеуге қиын бірнеше жалпыға белгілі сұйықтықтықтар бар. Өлшеу құралында пайдаланылатын материал басқа компоненттермен салыстырғанда химиялық төзімділіктің жоғары деңгейін талап етуі мүмкін, себебі аспап икемділік және сол сияқты қасиеттерді ұстап тұруды талап етуі мүмкін. Титан және тантал сияқты жоғары сапалы материалдар көп жағдайда көптеген химиялық заттарға төзімді. Бірақ, мысалы, таза метанол (>98%) бар жүйелерінде титан немесе танталды пайдалануға болмайды. Тағы бір мысал-титан оттегімен өте тез әрекет етуі мүмкін, ал оттегі газы бар жүйелерде (>35%) жарылыстың алдын алу үшін басқа материалдар қолданылуы тиіс. Қосымшада түрлі сұйықтықтықтар мен үйлесімді материалдар бар қосымша кестелерді таба аласыз.

Қауіпті аймақтар

Толық ақпарат алу үшін жергілікті ережелерде және / немесе осы мәселе бойынша арнайы курстарда жарылыс қауіпсіздігі туралы көбірек оқыңыз. Барлық заңнамасының талаптары сақталуға тиіс.

Өлшеу құралында жарылыс қауіпсіздігіне байланысты бірнеше аспектілерді сақтау қажет. Олар қолданылады ма әлде жоқ па, құрылғы қай жерде орнатылғанына және ол қандай қосымшада пайдаланылғанына байланысты. Егер құрылғы тез тұтанатын материалдары бар цистерналардың, құбырлардың немесе басқа жүйелердің жанында (немесе ішінде) орналасса, ол қауіпсіз түрде жобалануы тиіс. Бұл сондай-ақ ықтимал өрт қаупі бар немесе жарылыс қаупі бар орталарды өндіретін процесте пайдаланылатын құрылғыларға да қатысты. Тұтану көздерінің болмауына кепілдік беретін құрылым, егер құрылғы газ, шаң немесе сұйықтықтың әсеріне ұшыраса, жарылыстың алдын алады. Бұл құрылымға қойылатын талаптар негізінен электрлік бөліктерді жабады, бірақ кейбір жағдайларда механикалық бөліктерді қосуға болады. Талаптар жарылыс қаупі бар немесе ықтимал жарылыс қаупі бар аймақтарда осындай құрылғыларды пайдалануға және оларға техникалық қызмет көрсетуге қолданылады.

Өрт қауіпсіздігі

Қаржыландыру көзі жарылыс жасау, сондай-ақ тоқтату үшін шектеулі кеңістік қажет. Жарылыс қауіпсіздігі олардың біреуін немесе бірнешеуін алып тастау болып табылады. Кейбір жағдайларда тіпті өте төмен энергия (шамамен миллиджоуль) газ немесе шаң қоспасын тұтату үшін жеткілікті. Бұл энергия электр ажыратқыштың ішінде ұшқынға оңай жасалады. Мысалы, ұялы телефоныңыздың аккумуляторы қосылмаған болса, ұшқындар да туындауы мүмкін (егер Сіз оны түсіріп алсаңыз, сындырған болсаңыз). Ұшқын, сондай-ақ екі металл бөліктері механикалық құрылғыда бір-біріне ұрған кезде жасалуы мүмкін. Сонымен қатар, статикалық электр ұшқын тудыруы мүмкін, ал резеңке түтікше те жоғары жылдамдықпен өтетін мұнай өнімдері тіпті статикалық электрді өзі тудыруы мүмкін.

Құбырлар, сыйымдылықтар мен компоненттердің ішінде қауіп жиі аз, себебі оттегі жоқ. Бұл техникалық қызмет көрсету бойынша жұмыстар кезінде, мысалы, жанармай бағын төгу және босату кезінде тәуекел жоғары болуы мүмкін дегенді білдіреді. Еденге жұғылған жанармайдың аз мөлшері немесе ауада бу, қызмет көрсетуші тұлға әкелген кескіш аппарат сияқты электр құралының көмегімен оңай тұтануы мүмкін. Ерекше ескерту этанол және метанолмен жұмыс істейтін адамдарға беріледі, себебі бұл сұйықтықтар бөлме температурасында ашық беттің үстінде тұтану үшін мінсіз қоспа жасайды. Сондай-ақ, сутегімен жұмыс істеу кезінде ерекше сақ болу керек. Бұл газды жағу өте оңай, және ол жиі ағады және нығыздау мен төсемдер өтеді және басқа жарылыс қауіпті газдармен салыстырғанда сутегін табу қиын.

Жалпы айтқанда, «ауыр» газдар басқалардан көбірек назар аударуды талап етеді. Ауыр газдың ауадан жоғары тығыздығы бар, сондықтан ол төмен ағады және кәріз жүйелері мен жабық сыйымдылықтар мен үй-жайлар сияқты терең жерлерде жиналуы мүмкін (9.3 және 9.4-кестелер).

Тәуекелді бағалау

Егер жарылыс қаупі бар орталарды болдырмау мүмкін болмаса, қорғаныс іс-қимылдарын қалай ұйымдастыруды, тұтану көздерін қалай жоюды (немесе қуатты қауіпсіз деңгейге дейін шектеуді) және/немесе қорғаныс қабығындағы ықтимал жарылысты қалай оқшаулауды (немесе жарылыс желдеткіш құрылғыларын орнатуды) зерделеңіз.

Электр қауіпсіздігі

Сіз жұмыс істейтін жерге қарамастан, жарылыс қаупі бар газдар (немесе шаң) пайда болуы мүмкін салаларда қолданылатын электр құрылғылары үшін ұлттық ережелер бар. Егжей-тегжейлі талаптарды орындау үшін, сіз осы саладағы сарапшы бірге, бәлкім, оларды оқып шығып және түсіну керек. Негізгі ұсынымдар көптеген елдерде ұқсас болады және (1) тәуекелді бағалауды, (2) жарылғыш материалдарды жоюды, (3) тұтану көздерін жоюды және (4) соңғы басуды қамтиды (шектеу үшін

9.3-кесте

Газ және шаң топтары

Зат	EN/IEC тобы	FM/UL тобы
Метан	I	I
Пропан	IIA	IIA
Этилен	IIB	IIB
Сутегі	IC	IIB H2
Ацетилен	–	IC
Жанғыш бөлшектер	IIIA	IIIA
Өткізбейтін шаң	IIIB	IIIB ^a
Токөткізгіш шаң	IIIC	IIIC

^a оның ішінде көмір шаңы.

9.4-кесте

Жарылыстан қорғау стандарттары

Түрі	Аймақ	Коды	EN және UL	FM / ISA
Сұйықтық батыру	1,2	o	60079-6	3600/12.16.01
Тығыз жабылған корпус	1,2	p	60079-2	3620
Ұнтақ толтырма	1,2	q	60079-5	3600/12.25.01
Отқа төзімді корпус	1,2	d	60079-1	3600/12.22.01
Қауіпсіздікті арттыру	1,2	e	60079-7	3600
Ұшқын қауіпсіздік	0,1,2	ia	60079-11	3610
Ұшқын қауіпсіздік	1,2	ib	60079-11	3600/12.02.01
Жанбайтын	2	n	60079-15	3611/12.12.02
Инкапсуляция	1,2	m	60079-18	3600/12.23.01
Шаңның жануынан	1,2	t f r c b k	60079-31	3616/61241-1
сақтандыру шектеулі			EN13463 - 2	
желдету ^a құрылымдық			EN13463-5	
қауіпсіздік ^a тұтану көзі ^a			EN13463-6	
Иммерсионная			EN13463-8	
сұйықтықтық ^a				

^a электрлік емес жабдықтар үшін.

болуы мүмкін жарылыстың салдары). Көптеген нормативтік актілердің негізгі идеясы алдымен нақты салада қандай тәуекелдер бар екенін шешу болып табылады. Бұл салалар «аймақтар» деп аталады және тәуекел сандармен белгіленеді. Мысалы, АTEX еуропалық жүйесінде жарылыс қаупі 0 аймағында анағұрлым жоғары болады және 0 аймағының үлгілік мысалы отын бағының ішінде орналасады. Жергілікті билік, әдетте, түрлі аймақтар орналасқан оператормен байланыста болады. Газдың типтері мен температуралық кластар нақты қолданылу туралы және нақты заттектермен қандай тәуекелдер байланысты екені туралы қосымша ақпаратты ұсынады.

Жобалау кодтары

Жобалаудың кодтары өте жиі жанама -аймақтарда қолданылатын компоненттерді жіктеу үшін қолданылады (9.4-кесте). Компоненттер жіктігі, мысалы, корпуста тығыз жабылуды және орнықтылықты қамтамасыз етеді. Басқа жүйелерде тізбекті қорғайтын электрлік «сақтандырғыштар» бар. 2 түрі қарапайым өлшеу тізбектерінде қол жетімді, «ia» немесе «ib». «i» ұшқын қауіпсіздігін білдіреді және бұл, негізінен, егер екі сымдар қысқа тұйықталу кезінде бір-біріне қатысты болса да, ұшқында энергия, мүмкін газ немесе шанды тұтату үшін қауіпті емес және тым аз. Бұл ерекше жарылыс «кедергіден» («жанама -кедергіден» немесе «зенер-кедергіден») туындады. Қарапайым сақтандырғыш жоғары токтан қорғайды; бұл кедергі жоғары токты да, жоғары кернеуді де тоқтатады (осылайша энергияны шектейді). «Ia» түрі «ib» типімен салыстырғанда жоғары қауіпсіздікке ие.

Басқа қорғаныс құрылымдары электрлік құрамдарын ықтимал тұтанатын

газдар (немесе шаңнан) қоршауға және бөлуге арналған. Газ өткізбейтін қоршаулар «d» (немесе «e») әрпімен белгіленеді, ол іс жүзінде ұқсас). Егер электр компоненті қандай да бір материалмен толтырылған болса, газ кіре алмаса және бұл құрылымдар толтырғыш материалына байланысты «m», «q» немесе «o» деп белгіленген. Ауаның қысымы қоршаған атмосфераға қарағанда сәл жоғары, газдың енуіне кедергі болады. Бұл кескін «r» таңбаланған және толық бақылау бөлмесі ретінде үлкен құрылымдар үшін пайдаланылуы мүмкін. Түрі «n» (жанбайтын) білдіреді қалыпты жұмысы кезінде мүмкін емес ұшқын. Бұл құрылым «i» сияқты, бірақ «i» құрылымымен салыстырғанда «n» құрылғысы үшін қауіпсіздік деңгейі төмен, себебі «i» құрылымы ақаулық жағдайында да қауіпсіз деп бағаланады. Бұл таңбалар Сіз қандай аймақта жұмыс істейтініне және қандай стандарттар пайдаланылатынына байланысты әр түрлі болуы мүмкін, бірақ негізгі идеялар бүкіл әлемде өте ұқсас.

Қорытынды жасай отырып, Сіз алдымен жаңа өлшеу құралдарын орнататын салада қандай да бір жарылыс қаупі бар ма, соны анықтау керек. Тез тұтанатын шаң, газ, бу немесе мүк болған жағдайда аймақ картасын тауып, құрал қандай аймақта жұмыс істейтінін қарау (немесе таңдау) керек. Сіз сондай-ақ нақты қолданыңыз қаншалықты «қауіпті» немесе өрт қауіпті екенін білуіңіз керек (газдар топтар бойынша жіктеледі). Бұл туралы білген соң, осы аймақта орналасқан жабдықты таңдау керек. Есіңізде болсын, механикалық құрылғылар, сондай-ақ жылуды немесе ұшқындарды тудыруы мүмкін және демек, қауіпсіз түрде жобалануы тиіс.

Электростатикалық разряд

Жерге тұйықтау статикалық электр энергиясының жиналуын болдырмау үшін қажет. Тез тұтанатын сұйықтықтықтарды немесе газды кез келген ыдыстан басқа ыдысқа немесе жүйеге берер алдында барлық компоненттердің бірдей электрлік әлеуетін қамтамасыз ететін кабельді қосу керек. Бұл стандартты жабдық, мысалы, автоцистерналарда, бірақ шағын контейнерлерді қолмен толтыру қауіпсіздігін жақсартып алады. Егер Сіз электрондық компоненттермен жұмыс істесе, Сіз оларды статикалық электрден қорғау керек. Бұл ең алдымен өлшеу мәселесі емес, бірақ көптеген есептеуіштер электрониканы қамтиды, бұл қауіпсіз жолмен қалай істеу керектігін білу жақсы. Ауаның төмен ылғалдылығы кезінде разряд деңгейі 30000 В-тан жоғары болуы мүмкін.

Ауа ылғалдылығы статикалық электр қаупіне әсер етеді. Тез тұтанатын сұйықтықтың еркін құлайтын ағысы белгілі бір қашықтықта және ауаның ылғалдылығы төмен болғанда өзі статикалық электр тудыруы мүмкін, сондықтан тез тұтанатын сұйықтықтықтарды құю кезінде, мысалы, сыйымдылықты толтыру кезінде (әрқашан төменнен толтыру ұсынылады) ерекше сақтық таныту қажет.

Техникалық қауіпсіздік

Химиялық және технологиялық қондырғылардағы апаттар жарақаттарға, адамдардың қаза болуына және мүлік пен қоршаған ортаға зиян келтіруге әкеп соқты, бұл қауіпсіз аспап жасаудың жаңа стандарттары мен әдістерінің пайда болуына және әлеуетті қауіпті процестердің сапалы мониторингіне әкеп соқты. Бұл бөлім осы кітапта басқа талқыланатын қауіпсіздік қиындықтарынан ерекшеленеді, қазір функционалдылығы туралы сөз қозғалып отыр. Мысалы, егер деңгей индикаторы сақтау үшін сыйымдылықта дұрыс деңгейін көрсетпесе, бұл қауіпті жағдай болуы мүмкін. Жақында ғана Техникалық қауіпсіздік ке қатысты бірқатар стандарттар жарияланды. Халықаралық электротехникалық комиссия Техникалық қауіпсіздік ке қатысты бірнеше стандарттарды жариялады. IEC 61508 жалпы талаптарды сипаттайды және IEC 61511 өңдеу өнеркәсібі үшін өлшеу жабдығы мен өлшеу жүйелерінде көбірек бөлшектер туралы қамтиды. Бұл отбасында өнеркәсіптің түрлі салаларында ерекше талаптарды сипаттайтын басқа да стандарттар бар. Негізінен, бұл стандарттар үш дерек айналасында әзірленген: (1) тәуекел нөлге тең болуы мүмкін емес,

(1) жол берілмейтін тәуекелдер азайтылуы тиіс және (3) тәуекелдер процесті жобалау кезінде ескерілуі тиіс. Көптеген салаларда ұқсас тәсілдер осы стандарттарды енгізгенге дейін де, мысалы, атом электр станцияларында да пайдаланылды. Бұл стандарттар үшін негізгі принцип қауіпсіздіктің өмірлік циклі болып табылады; жүйелі қателердің ықтималдығын төмендету үшін жобалаудың, орнатудың, пайдаланудың бүкіл процесінде қауіпсіздікті қолдану.

Толық қауіпсіздік деңгейі

Бұрынғы аймақтардағы сияқты, қауіпті процестерде пайдаланылатын жабдық сыныптар бойынша топтастырылуы мүмкін. SIL қауіпсіздік тұтастығының деңгейін білдіреді, ал деңгей нөмірі жүйемен қамтамасыз етілетін тәуекелдің төмендеу дәрежесін анықтайды. SIL 1 жүйесінде апаттық тәуекелі кем дегенде, 10 коэффициентімен азайтылды, SIL 2-де кем дегенде 100, SIL 3-де кем дегенде 1000 және SIL 4 құрылғысында тәуекелді төмендету коэффициенті 10 000-нан астам құрайды. Әрине, тәуекелдерді немесе «қате» деп бағаланған нәрсені анықтау және SIL қолдану үшін сертификаттауды алу оңай емес, ол күрделі және көп еңбекті қажет ететін процес. Қауіпсіздік жүйесіне қосылған *барлық* құрылғылар (тек бір компонент емес, мысалы, өлшеу датчигі) қауіпсіздікті бағалауға қосылуы тиіс. Осы бағалауды жүргізу үшін әрбір пайдаланылатын компонент бойынша нақты статистикалық деректер қажет. Бұл деректерді алу жиі бағалаудың ең күрделі бөлігі болуы мүмкін. Пайдаланылатын деректердің сілтемелік және расталған болуы және деректерді пайдалану туралы кез келген ескертулерді қарастыру үшін өмірлік маңызды. Мысалы, тек белгілі бір температуралық диапазонда рұқсат етілген компоненттің істен шығу қарқындылығы берілуі мүмкін. SIL тұжырымдамасы,

сондай-ақ жүйені әзірлеудің барлық өмірлік циклі бойында қолданылады, сондықтан ол жүйенің қалай қолдауы және пайдаланылатындығына байланысты.

Қауіпсіздікті арттырудың дәстүрлі тұжырымдамалары Талдау

Тәуекел талдауын орындау үшін қандай стандарттың таңдалғаны маңызды. Бұл талдауды жасаудың бірнеше жолы бар және басқа инженерлік пәндер мен мамандардан қандай көмек қажет болуы мүмкін. Бір әдіс «егер техника» деп аталады және бұл тәжірибеге негізделген және қарапайым түсінік үшін қолданылады. Басқа әдістер арасында, Сіз HAZOP (қауіптілік пен жұмысқа қабілеттілікті зерттеу), FTA (ақаулар ағашын талдау) және FMEA(ақаулар мен әсерлерді талдау) таба аласыз. Тағы бір Алар қағидаты (немесе ALARP), бұл «қаншалықты төмен соншалықты ақылға қонымды қол жеткізу» (немесе қаншалықты төмен ақылға қонымды тәжірибелік) деп мағынасы ашылады. Бұл қағидаттар ең жақсы тәжірибені бағалауға негізделген және ол қалдықты тәуекел соншалықты төмен болуы тиіс, бұл ақылға қонымды қол жеткізу.

Резервтеу «3-тен 2»/«4 -тен 2»

Сондай бір параметрді өлшеу үшін бір датчикті қоса отырып, қауіпсіздікті арттыруға болады; бір датчик істен шықса, пайдалануда қалатын, басқа да құрылғылар бар екендігімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, бірнеше датчиктерден орташа сигнал қолданылса, ерекше жағдайларда дәлдік жақсартылуы мүмкін (тек бір датчикті пайдаланумен салыстырғанда). Дәлдік аспектісі туралы толығырақ сіз дәлсіздіктер туралы тарауда оқи аласыз. Әдетте, бірнеше датчиктерді пайдалану мақсаты қауіпсіздік болып табылады. Бұл датчиктерді қосу тәсілі не «қауіпсіз» деп саналатынына байланысты. «4-тен 2» құрылымында қызмет көрсету, таза салмағын өлшеу немесе қауіпсіздікке кез келген әсер етпей-ақ, ұқсас бір датчикті шығарып алуға болады. Бұған қосымша, қауіпсіздік тіпті «әртараптандыру» қағидатты сызбасымен жақсартылуы мүмкін. «3-тен 2» қарапайым тұжырымдамадан айырмашылығы мұнда әр түрлі маркалы датчиктер, жұмыс қағидаттары немесе ұқсас компоненттер қолданылады. Егер процестің бұзылуы орын алса да, бұл әртүрлі қағидаттардың датчиктеріне түрліше әсер ететін болады, сондықтан да іркілістердің жалпы себептеріне азырақ бейім.

Қосымша әдебиет

Химиялық процестердің қауіпсіздік орталығы. <http://www.aiche.org/ccps/>.
Еуропалық комиссия (ATEX директивасы). <http://ec.europa.eu/>.

FM Global© (жарылыстан қорғалған). <http://www.fmapprovals.com/>.

Денсаулық сақтау және қауіпсіздік комитеті (қауіпті қондырғылар).
<http://www.hse.gov.uk/>. Халықаралық электротехникалық комиссия
(Техникалық қауіпсіздік). <http://www.iec.ch/>. Physikalisch-Technische
Bundesanstalt (Explosionsschutz). <http://www.ptb.de/>. Швецияның ғылыми-
зерттеу институттары (технологиялық процестердің қауіпсіздігі).
<http://www.rise.se/>.

UL© (қауіпті орындап). <http://industries.ul.com/>.

Ретке келтіру және бақылау

Өкінішке орай, осы саладағы сөздер мен ұғымдарды түсіндіретін бар түрлі стандарттар өзара келісілмеген. Бұл кітаптағы сөздік негізінен, ISO / IEC Guide 98/99 - ге негізделген.

Өлшеулеріңіз қаншалықты дәл?

Кез келген өлшем «дәл» болатыны екіталай екенін есте сақтау маңызды. Сіз орындайтын барлық өлшеулерде қателер мен ақаулар бар. Егер Сіз бүкіл қаражатыңызды жаңа құралға жұмсасаңыз, ол Сізге көптеген ондық бөлшектермен деректерді ұсынса да, әлі де дәл болмайды!

Өкінішке орай, қаншалықты дұрыс өлшеу туралы әңгімелер (хаттар) жиі шатастырады. Мысалы, егер Сіз «дәл» сөзін қолдансаңыз, әрине, «дәл» деген сөзі қандай мағынаны білдіретіні де маңызды болмақ. Теорияда бұл өте дұрыс, қателіктердің толық болмауы дегенді білдіреді. Мысалы, температураны, қысымды, ұзындығын немесе массасын қандай да бір рұқсатсыз көрсету мүмкін емес. Тіпті егер рұқсат аз болса да, қателік болады! Мұнда біз «кішкентай» деген сөзге күмән келтіре аламыз. Бір процесте шағын рұқсат болуы мүмкін нәрсе, басқа өте үлкен рұқсат болуы мүмкін. Осылайша, дұрыс деп саналады әлде жоқ па, өлшеу қаншалықты дәл және шынайы мәнге қаншалықты жақын, бұл нақты мән туралы білу қажет екеніне байланысты. Өлшеу дәлдігі қажетті рұқсат шегінде болып тұрғанда, барлығы дұрыс болады. Егер олай болмаса, қымбат және қауіпті мәселе туындауы мүмкін. Осылай ма әлде олай емес па, соны анықтау үшін қателіктерді талдау көмектесе алады. Қателіктерді талдау қателер мен белгісіздікті табу және азайту үшін жақсы тәсілі болып табылады және Сіз 11-тарауда бұл туралы оқи аласыз. Біріншіден, біз ретке келтіру мен қадағалау мәселесін талқылаймыз, себебі олар дәлсіздіктің негізі болып табылады.

Ретке келтіру

Анықтама бойынша, өлшеу стандарттарында «ретке келтіру» «салыстыруға» тең болады. Осылайша, ретке келтіру автоматты түрде растау әрекеттерін қамтымайды. Бұл аздап даулы және жиі пікірталастар мен есептерде шатасудың себебі болып табылады.

«Мүмкіндігінше дұрыс» көрсеткіштерін түзету ретке келтірумен бір мезгілде орындалуы мүмкін, бірақ бұл кезде ол бір қосымша нәрсе болады. Сондай-ақ, егер орнату орындалса, ретке келтіруді растауға дейін және одан кейін екі рет орындау ұсынылады. Ретке келтіру туралы көптеген есептерде бұл екі мәндер «табылған» және «қалдырылған» деп белгіленеді.

Себебі, калибрленген құрал «жақсы құралдың» кепілі бола бермейді. Алайда, мұның қаншалықты дәл екені құжаттама түрінде дәлелденген.

Өлшеу қателігінің қаншалықты үлкен екенін анықтау үшін ең жақсы құрылғы немесе әдіс (немесе кем дегенде, белгілі дәлсіздігі бар құрылғы) қажет. Бұл үлгі. Эталонның дәлдігі, тұрақтылығы мен сенімділігі өте маңызды. Барлық ретке келтіру есептерінде (немесе сертификаттарда) тіркелуі тиіс. Бұл құжаттар ретке келтіру нәтижесін ғана емес (кейде сыналатын құрылғы деп аталатын эталон мен сыналатын аспап арасындағы ауытқу немесе DUT), сондай-ақ қолданылатын әдіс, қоршаған орта жағдайы, ретке келтіру кезінде пайдаланылатын эталондар мен бағалау дәлдігі қамтуы тиіс. Сондай-ақ пайдаланылған эталондарды ретке келтіруді қадағалау мүмкіндігі қамтамасыз етілуі тиіс [ол есептің өзінде көрсетілмеуі тиіс, бірақ зертхананың сапаны қамтамасыз ету жүйесінде (СК) немесе ұқсас жүйеде көрсетілуі мүмкін]. Ретке келтіруде қолданылатын эталон да калибрленуі керек болғандықтан, осы нақты бірлік үшін халықаралық стандартқа дейін ретке келтіру жолын ұстануға болады. Ал бақылау дегеніміз не, бақылаусыз ретке келтірудің ешбір құндылығы жоқ!

Осылайша, аспаптағы ретке келтіру заттаңбасы өз бетімен осы аспап үшін сапа белгісі болып табылмайды. Құндылық осы нақты құралды болашақта пайдалану үшін деректер мен сандар пайдаланылуы мүмкін қоса берілген құжатта өз орнын табады. Ретке келтіру туралы есеп өлшеу қателігін бағалау үшін жақсы бастау нүктесі болып табылады.

Егер өлшеуде қателіктер болса, олар өніммен, топтамамен немесе ұқсас өніммен қиындықтар тудыруы мүмкін. Егер ретке келтіру кезінде қате орын алса, мәселе жиі елеулі болады, себебі бұл жиі ұзақ уақыт бойы қиындықтар тудырады. Егер эталонды ретке келтіру кезінде қате болса, қиындықтар үлкен болуы мүмкін. Бұл жағдайда қате ұзақ уақыт бойы көптеген қосымшаларда пайдаланылатын басқа да көптеген құралдарға қайталануы мүмкін. Сондықтан ретке келтіру кезінде абай болу өте маңызды, және бұл жұмысты басқаларға берсе, белгілі қосалқы жеткізушілер мен серіктестерді таңдау маңызды. Қосымша тыныштыққа ие болудың тағы да бір тәсілі, ол аккредиттелген зертхананы жалдау болып табылады. Аккредиттеу қадағаланатын эталондарға, тексерілген әдістер мен білікті персоналға кепілдік береді және бұл қалай жасалуға тиіс екенін көрсететін халықаралық стандарттар бар. Аккредиттелген ретке келтіру зертханалары үшін танымал стандарттардың бірі ISO 17025 болып табылады және көптеген елдерде осындай зертханаларды бағалау мен сертификаттауды ұйымдастыратын техникалық кеңестер бар.

Ретке келтіру әдетте бір реттік қызмет болып табылмайды. Оның орнына

ретке келтіру тұрақты уақыт аралығында қайталануы керек. Күрделі мәселе-бұл интервалдар қаншалықты ұзақ болуы керек. Егер де адамдардың көбі осы аспапты үнсіз келісім бойынша 1 жыл қолданса да, мұның жай ғана жауабы жоқ. Бұл нақты кезең үшін техникалық себептер жоқ, бірақ

10.1-кесте

Тексерудің және қайта ретке келтірудің жалпы жоспары

	Тексеру	Тест	Ретке келтіру
Деректер нүктелерінің саны	Бір	Бірнеше сәт	Толық ауқым
Интервал	Қолданар алдында	Апталар / айлар	Айлар / жылдар
Орындалуда	айдаланушы	Техникалық қызмет көрсету бөлімі.	Ретке келтіру бөлімі.
Құжаттама	Жоқ	Журнал / Ескертпе	Есеп

бұл ыңғайлы және тәжірибе болуы мүмкін, себебі жүйелер 1 жыл ішінде қайталауға оңай икемделуі мүмкін. Анағұрлым техникалық көзқарас үшін негізінен екі затты ескеру қажет: аспаптың дрейфі және өлшеуде қателердің пайда болу тәуекелінің маңыздылығы. Мүмкін болса, жеке ретке келтіру аралықтарын табу жақсы әдіс болып табылады. Құрал жаңа болғанда, бұл келесідей орындалуы мүмкін: 6 айдан кейін (немесе кез келген қолайлы уақытта) аспап калибрленеді. Егер нәтижелер құрал жаңа болған кездегі нәтижелерге тең болса, аралық ұзартылуы мүмкін және келесі ретке келтіру бір жылдан кейін орындалуы мүмкін. Алайда, егер нәтижелер өзгерсе, және құрал алыс немесе қандай да бір басқа жолмен қолдануға және қоршаған ортаға байланысты болып көрінеді, келесі есептеу бұрын және қысқа интервал ішінде орындалуы тиіс. Осы әдісті пайдалана отырып, әрбір өлшеу құралы үшін «тарих» құрылады, ол қайта ретке келтіру кезеңдерін анықтау кезінде жақсы база болып табылады (10.1-кесте).

Ретке келтіру тәртібі

Ретке келтіру орындалғаннан кейін есеп немесе сертификат дайындау қажет. Біріншіден, калибрленген аспап сәйкестендірілуі тиіс: мемлекеттік дайындаушы, түрі, өлшемі, сериялық нөмірі және егер бар болса, белгі нөмірі. Содан кейін өлшеу нәтижелерін (эталон көрсеткіштері және DUT, оның ішінде қандай сигналдық шығулар қолданылды) ғана емес, сондай-ақ сіз қандай қабдықтар мен әдістерді, сондай-ақ қысым, температура, қоршаған ортаның температурасы, орналасқан жері, уақыты мен күні, оператор және кейінірек қолданылуы мүмкін барлық жағдайлар сияқты әр түрлі жағдайларды жазып алыңыз. Барлық пайдаланылатын эталондық құралдар туралы ақпаратты, оның ішінде ретке келтіру туралы ақпаратты (құжат сәйкестендіргішін) көрсетуді ұмытпаңыз. Ақырында, бағалау дәлдігін көрсетіңіз.

Қадағалау

Осы кітапта бірнеше рет айтылғандай, қадағалау барлық өлшемдер мен ретке келтіру үшін міндетті болып табылады. Ретке келтіру туралы әрбір есепте бақылау осы аспаптар үшін есепте «шынайы» мәндерді алу үшін ретке келтіру туралы есептерге сілтеме түрінде көрсетілуі тиіс. Бұл сілтемелердің ұзын тізбектеріне әкелуі мүмкін, егер бұл дұрыс жасалса, бұл тізбектер әрбір жеке құжатты халықаралық стандарттармен байланыстырады. Сіз елестете алғандай, бұл едәуір күрделі жүйеге әкеп соқтыруы мүмкін, оны тексеру және қолдау оңай емес. Осы себепті, Сізді қолдау үшін жергілікті, ұлттық және халықаралық ұйымдар бар. Кейбір ұйымдар ретке келтіру жұмысын дербес орындайды (мысалы, ұлттық зертханалар), ал басқалары тек қана бақылайды, аккредиттеуді береді және ретке келтіру зертханаларын бағалайды. Бұл жұмыстың барлығы Париждегі BIPM-де (халықаралық таразы мен шаралар бюросы) бастау алады, онда көптеген өлшемдер мен өлшем бірліктеріне арналған әлемдік стандарттарды табуға болады. Құрама Штаттарда әдетте «NIST-ке дейін бақыланады» деген мәлімдеме жасайды. NIST (ұлттық стандарттар және технологиялар институты) BIPM-ге дейін бақыландықтан, бұл негізінен бірдей мәнге ие.

Тұжырымдама

Түсініктемелер, көмек және ұсынымдар ұлттық және халықаралық стандарттарда (мысалы, ИСО 99 басшылығында) қамтылған. Анықтамалар мен өрнектер кейде «нақты әлемде» әр түрлі мәндермен қолданылады. Мысалы, «ретке келтіру» сөзінің мәнін «өнімділікті арттыру әрекеті» деп түсіндіретін бірнеше кітаптар мен сөздіктер бар. Сонымен қатар, егер өлшеу стандарттары туралы сөз болса, бұл дұрыс емес. Сонымен қатар, басқа сөздер мен ұғымдар бірнеше мағынаға ие болуы мүмкін, сондықтан абай болыңыз. Деректер парағының артқы жағында көрсетілген ақпарат шын мәнінде нені білдіреді? «Өндірушінің дәлдігі» немесе «жауап уақыты» өндіруші дегеніміз не? Мұны түсіндіретін стандарттар болса да, автор осы стандарттарды қолданғанына сенімді бола алмайды.

Қате

Стандарттарға сәйкес, өлшеу қателігі-бұл сан екені белгілі, жиірек пайызбен, бізге шынайы өлшем мәнінен алыс екенін көрсетеді. Бұл қате белгісі бар дегенді білдіреді: оң немесе теріс. Егер қате шынымен белгілі болса, оны түзетуге болады және түзету қарама-қарсы белгіге тең. Іс жүзінде, қатенің анықталмауы жиі кездеседі. Мысалы, көптеген ерекшеліктерде қателік

шегі көрсетіледі; өнім белгілі бір қателік шегі шегінде кепілді қалады (мысалы, $\pm 1\%$). Сонда бұл жағдайда сіз толық қатені білмейсіз және оны өтей алмайсыз, бірақ оның 1% - дан аспайтынын білесіз. Қатені оқу пайызы ретінде білдірудің бір ортақ жолы, қате байқалған нақты өлшенген мәнді белгілеу. Басқа әдіс-толық шкаладан пайыздық қателік өрнегі болып табылады, бұл калибрленетін аспаптың барынша мүмкін мәнін білдіреді.

Мысал қарастырайық. 0-10 бар өлшеу диапазоны бар қысым датчигі калибрленеді. 5 бар болғанда, датчик 4,9 бар көрсетеді. Мұнда қате - 0.01 МПа. Пайызбен, қате көрсеткіштен - 22% немесе -диапазоннан 1% болуы мүмкін.

Қайталануы

Қайталану-құрал сапасының жақсы көрсеткіші. Егер құрал жақсы жаңғырту болса, ол оның өлшеу нәтижелерін жаңғырта алады, бұл дегеніміз, бір өнімде өлшеген кезде бірнеше рет бір мәнді алатыныңызға сенімді бола аласыз. Дегенмен, жақсы қайталану дұрыс өлшеуге тең болмайды. Көп жағдайларда, жақсы жаңғыртылған құрал дұрыс жауап беру үшін түзетілуі мүмкін. Мұндай жағдайдың үлгілік мысалы ешқашан калибрленбеген, жақсы сапалы құрал бола алады.

Дәлдік

Басқа жиі қолданылатын сөз-дәлдік. Бұл қателік пен қайталанудың үйлесімімен түсіндіруге болады.

Қателік

Өлшеу қателігі 11-тарауда егжей-тегжейлі түсіндіріледі, бірақ қысқаша сипаттама өлшеу нәтижесінің соңғы қатесі, мағынаның айналасында сұр аймақ болар еді, ол (қатемен қарама-қайшы) ешқашан белгісіз.

Салыстыру

Ретке келтіру қызметімен және аккредитациямен тығыз байланыста өзара салыстыру ретке келтіру зертханасы жақсы сапа нәтижелерін қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданылатын рәсім болып табылады. Кейде бұл жаттығу циклдік тест деп аталады. Идея жақсы және жаңғыртылатын құралды алу және оны зертханалар тобына жіберу болып табылады. Олардың барлығы бірдей ретке келтіруді орындауы тиіс, содан кейін барлық нәтижелерді ұйымдастырушы салыстырады. Егер, мысалы, қысымды салыстыруға сегіз зертхана қатысса және олардың жетеуі өлшеудің қателігі туралы 0,2 кПа, ал біреуі - 0,8 кПа хабарласа, бұл № 8 зертхананың мәселесі бар екендігін көрсетеді. Барлық нәтижелер мәлімделген дәлсіздіктермен салыстырылуы тиіс, егер бір зертхана әлі де жалпы нәтижеден «тыс» болса, бір нәрсе дұрыс емес болуы мүмкін. Кем дегенде, бұл одан әрі тергеу үшін себеп болып

табылады. Егер салыстыру үшін бірдей деректерді өлшейтін екі бірдей аспап қолданылса, бұл зертханалық жабдықты тереңірек талдауға мүмкіндік береді. Екі өлшемді пайдалану тәсілдерінің бірі, мысалы, параллель екі қысым датчигі немесе екі шығын өлшегіш бірізді кросс-корреляциялық талдау (немесе Юден кестесі), зертханалық сынақтардың нәтижелерін ұсынудың ақпараттық тәсілі болып табылады. Идея екі құжат да бірнеше қайталаумен бірге калибрленуі керек екенімен байланысты.

Егер екі сигнал бір-бірінен соң бірі №1 калибровкасында екеуі де төмен, №2 калибровкасында екеуі де жоғары, №3 калибровкасында екеуі де арасында болса және тағы басқа, онда бұл корреляция. Бұл ретке келтіру жабдығын зерттеуді қажет етеді. Егер барлық нәтижелер кездейсоқ болса (жақсырақ), кестедегі ретке келтіру нәтижелері шеңберді құрайды. Қатты корреляция диаграммадағы 45 градусық сызыққа әкеледі.

Сәйкестікті бағалау

Бұл билік немесе тәуелсіз ұйымдар жиі жүзеге асыратын процесс немесе әрекет. Алайда, бұл бір немесе бірнеше өлшемдерге негізделген ішкі шешім болуы мүмкін. Мақсат өнімнің (немесе әрекеттің) белгіленген шектерде болуын анықтау болып табылады. Мысалы, тас жолындағы жылдамдықты бақылауды жүзеге асыратын полиция. Содан кейін олар өтетін автомобильдердің жылдамдығын өлшейтін болады, егер біреу тым жылдам жүрсе, жүргізуші айыппұл төлеуі тиіс. Жылдамдығы тым жоғары ма деген шешім қабылдаған кезде полиция сәйкестікке баға беруі тиіс. Бұл өлшеудің өзі ғана емес, сондай-ақ өлшеу қателігін де қамтуы тиіс. Әдеттегі рәсім әділ пікір жасау үшін қателікпен өлшенген жылдамдықты азайту болып табылады.

Тәуекел

Сәйкестікті бағалауға келетін болсақ, өлшеу негізінде шешім қабылдау кезінде дәлсіздікті женудің үш жолы бар. «Сатушы «тәуекелге ие болуы мүмкін,» сатып алушы « тәуекелге ие болуы мүмкін, немесе олар екеуі де тәуекелді бөлуі мүмкін. Полиция мысалында, ол тәуекелге ұшырайды және оны немесе оның өлшемін қателікпен азайтады. Қауіпсіздік қолданбасында, бәлкім, тұтынушы өз өлшемін, мысалы, температураны шектеп, қауіпсіз жұмыс істеуге кепілдік беруі тиіс. Дүкенде, мысалы, көкөністерді сатып алып, салмағын төлей отырып, сатып алушы мен сатушы тәуекелді бөліседі. Бұл түзетілмеген массаға сәйкес төлем әкеледі.

Сигналдық ілмектер

Егер калибрленетін датчик немесе аспап жүйенің немесе өлшеу контурының бөлігі болып табылса, онда, әрине, барлық жүйе немесе контурлар калибрленуі тиіс. Іс жүзінде, бұл әдетте бір қадамға жасалады. Мысал ретінде температура датчигін келтіруге болады:

Алдымен датчик блокты калибратор арқылы калибрленеді. Бұл әдетте орнында, бірақ процесс қашықтағы датчик арқылы жасалады. Таратқыш датчиктің ішінде интегралдануына қарай, бұл компонент калибровкаға қосылды.

Келесі қадам-басқару жүйесіне сигнал беруді ретке келтіру. Бұл температура датчигін ауыстыратын сигнал генераторы арқылы орындалады. Басқару жүйесінің шығысы (немесе дисплейдегі көрсеткіштер) содан кейін модельденген сигналмен салыстырылады. Қазір барлық жүйе калибрленеді және жалпы қателік екі нәтиже негізінде есептелуі мүмкін.

Қосымша әдебиет

Басшылық 99 ISO / IEC – Халықаралық метрология сөздігі (VIM). IEC 61298-процестерді өлшеу және бақылау аспаптары.

Өлшеу қателігі

Нақты қателескенше, шамалап дұрыс болған жақсы.

Карвет Рид / Джон Мейнард Кейнс

Барлық өлшемдер дұрыс бола бермейді. Бақытымызға орай, көптеген жағдайларда қателер аз, олар туралы ұмытып кетуге болады. Біз шағын қателіктермен өмір сүре аламыз; өлшеулердегі қателіктерге байланысты аздаған ауытқулар өндіріске, сапаға және осыған ұқсас әсер етпейді. Дегенмен, кейде қателіктер назар аудармау үшін тым үлкен болады. Мұндай жағдайларда біз дәлдікті арттыру үшін, аспаптарды өзгерту немесе үдеріске өзгерістер енгізу қажет. Мәселе-қателіктер аз немесе үлкен болған кезде білу оңай емес. Өлшеу қателігінің мәнін алу үшін ретке келтіруді орындау қажет. Сондай-ақ, мүмкін қателіктерді анықтау үшін статистика мен математиканы (тұтынылатын және берілетін энергияны теңдестіруге тырысып) қолданатын әдістер де бар, бірақ бүгінгі күні ретке келтіру ең көп таралған рәсім болып табылады. Кез келген жағдайда өлшеу деректерінің негізінде шешім қабылдау кезінде өлшенетін деректердің қателігінің қаншалықты үлкен екенін білу маңызды. Бұл тарау қателіктерді есептеу туралы түсінік береді, ол қаншалықты жақсы өлшенген мәнді бағалаудың стандартты тәсілі болып табылады.

Сандар

Мысал ретінде өлшеу нәтижесін 18,5 ретінде жазуға болады. Көптеген жағдайларда қателікті көрсету және $18,5 \pm 0,2$ (мысал ретінде) жазу орынды болар еді. Мұның мәні-шынайы мән 18,3 және 18,7 арасында орналасуында. Егер қателік $\pm 0,02$ орнына болса, онда өлшенген мәнді тағы бір ондық белгімен 18,50-мен жазу орынды болар еді. Керісінше, ± 2 қателігі кезінде 18,5 жазу орынсыз. Жазу «тым көп» ондық бөлшектер шын мәнінде адастырады! Әдетте ондық бөлшектер саны қателікпен байланысты болуы керек, бірақ бұл әрдайым емес!

Сондықтан, қадағалап жүруді сұраймыз! Үш ондық белгіні (0,000) көрсететін дисплейі бар аспап анықталуы бойынша екі ондық белгісі (0,00) бар аспапқа қарағанда өлшеу қателігі аз емес.

Сондай-ақ, дисплей ажыратымдылығы әрдайым соңғы санмен сәйкес келмейді. Ең кішкентай қадам арасында «екі сан» болуы мүмкін (немесе кез келген өлшем), яғни 0,00 – 0,02 – 0,04 – 0,06 және тағы басқалар.

Сәйкестікті бағалау

Жиі өлшеу нәтижелері тексеру және растау үшін қолданылады. Бұл құқық қорғау органдарының қандай да бір нысаны болуы мүмкін (мысалы, жолдағы жылдамдықты бақылайтын полиция), бірақ бұл сондай-ақ өнімнің кейбір аспектілерін тексеру үшін сапаны ішкі тексеру болуы мүмкін. Сәйкестікті бағалау сияқты қызметті орындау кезінде өлшеу қателігін түзету маңызды.

Шын мәнінде, қателікпен үш түрлі жолмен күресуге болады. Не «жеткізуші», не «сатып алушы» тәуекел етеді немесе тәуекел олардың екеуі арасында бөлінеді. Мұнда тәуекел қателікті білдіреді. Мысал келтірейік: Сіз 1,55 кг алма сатып аласыз, ал дүкендегі таразы 0,05 кг қателікке ие. Егер Сіз тәуекелге барсаңыз, 1,60 кг үшін төлейсіз (өлшенген мән *плюс* қателік). Егер дүкен тәуекелге барса, Сіз 1,50 кг үшін төлейсіз (өлшенген мән *минус* қателік). Дегенмен, дүкенде жалпы тәуекел қолданылады, сондықтан Сіз 1,55 кг төлейсіз. Сонымен қатар, дүкендерде шекті жол берілетін қателік туралы ережелер бар. Полиция жылдамдықты тексергенде, олар айыппұлды жазар алдында өлшенген мәннен қателікті азайта отырып, қауіп-қатерді өзіне алады. Ластану шектерін, ең жоғары қуатты және сол сияқтыларды мониторингілеу кезінде. Көптеген жағдайларда тұтынушы (яғни электр станциясы) тәуекелге ие болады, сондықтан мәндер кепілді шектерден төмен болады. Бұл кішірейтілген қателіктің жоғары өнімділікті қамтамасыз етуі мүмкін, себебі өлшенген мәндер шегіне жақын болуы мүмкін.

Салыстыру

Екі өлшемді салыстыру жоғарыда сипатталған сәйкестікті бағалауға ұқсайды. Мысалы, Сіз қайнап жатқан суы бар бір шұңғыл ыдысқа екі температура датчигін орнатсаңыз, бәлкім, екі температура индикаторын аларсыз. Айырмашылық екі нәрсеге байланысты болады: судың температурасы (температураның таралуы) қаншалықты біркелкі және температураның әр мәнінің қателігі қаншалықты үлкен. Әрбір датчиктің қателігін білмей, Сіз шын мәнінде ыдыстағы температура айырмашылығы бар ма немесе жоқ па анықтай алмайсыз. Тек Сіз көріп отырған айырмашылық көп қателік болса, Сіз түрлі жағдайларда температурадағы нақты айырмашылық бар екенін білесіз. Егер дәлірек болсақ, оны екі қалыпты үлестірімі бар статистикалық оқиға ретінде қарастыру керек. Егер екі аймақ сәйкес келсе, екі көрсеткіш Келісімде; егер сәйкестік болмаса, нақты айырмашылық бар.

Егер сіз ешқандай айырмашылық болмауы мүмкін емес басқа акпаратқа сүйене отырып білсеңіз (мысалы, бір ғана ағысты өлшейтін бір құбырдағы екі шығын өлшегіш), жоғарыда сипатталған әдісті екі өлшеу аспабының жақсы болуын бағалау үшін қолдануға болады. Егер сәйкестік болмаса, немесе құралдардың біреуі ақаулы, немесе қате тым аз. 10-тарауда Сіз сондай-ақ өзара салыстыру туралы, зертханаларда орындалатын сапаны қамтамасыз ету жөніндегі қызметті оқи аласыз.

Процесті басқару

Сәйкестікті бағалаумен салыстырғанда қателік бақылау процесіне ұқсас әсер етеді; алайда бұл жағдайда үлкен қателік «өндіріс қауіпсіздігінің шектерін» арттыру қажеттігіне әкелуі мүмкін. Мысалы, термиялық өңдеу процесінде температураны басқарудағы қателіктерге байланысты қажет болатын температураға дейін өнімді қыздыру қажет болуы мүмкін. Әрине, біз тек 70 градус қажет болса да, 75 градусқа дейін қыздырамыз. Бұл, әрине, уақыт пен энергия алады! Басқаша айтқанда, өлшеу қателігін төмендету энергия шығынын анағұрлым тиімді өндіруге және төмендетуге әкелуі мүмкін.

Қателік

Өздеріңіз білетіндей, калибрленген құралдар дәл емес; әлі де болдырмау мүмкін емес қателіктердің көздері бар. Әр уақытта жылжу, орнату әсері, сигнал беру, қайта есептеу және т.б. туындаған қосымша қателер бар. Егер қателер белгілі болса, біз олардың астына тұра аламыз, бірақ көп жағдайда біз оларды егжей-тегжейлі білмейміз. Бірақ, мүмкін, біз қателіктің шектерін немесе «сұр аймақтар» осылайша қате, ең алдымен, осы шектерде болады. Бірнеше сұр аймақ (немесе қателіктің құрамдас бөлігі) өлшеудің соңғы нәтижесі қалатын жалпы аймақпен біріктірілуі мүмкін. Бұл жалпы сұр аймақты өлшеу қателігі деп атаймыз. Есептеуіштің кездейсоқ қателерін жүйелі қателерге қалай қосу қажеттілігі туралы жалпы ережелер бар. Іс жүзінде бұл жиі алмұртқа алма қосу керек дегенді білдіреді (мысалы, кПа қатесі бар Цельсий градустарында қате). Өлшеу жүйесін растау әдетте сезімталдық коэффициентін талап етеді. Бұл коэффициент нәтиже үшін әрбір өлшем деректері қаншалықты «маңызды» екенін көрсетеді. Мысалы, 1% температурадағы қателік әрқашан жалпы нәтижеде 1% қателікті тудыра бермейді. 98 халықаралық стандарт нұсқаулығы оны қалай жасауға болатынын көрсетеді.

«Қате» және «қателік» түсініктері арасында айырмашылық бар. Оңай түрде, қате - бұл құралда табылған нәрсе, ал қателік - бұл нәтиже деп айтуға болады. Қателер кейде белгілі (мысалы, ретке келтіруден кейін), бірақ қателік ешқашан белгілі емес (бұл бағалау аймағы).

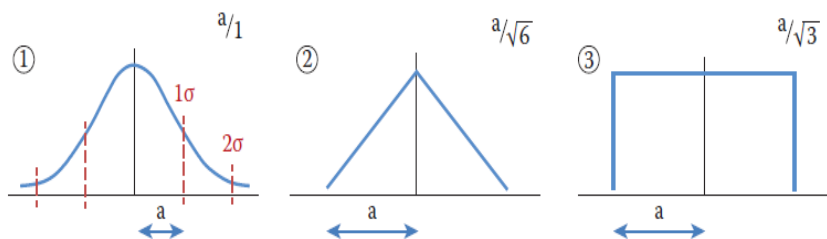
Бұл ұғымдардың дәл анықтамалары 98 және 99 халықаралық стандарттарда қол жетімді. Бірақ жалпы анықтамалар үнемі «тәжірибеде» пайдаланбайтынын және бұл нәрселер туралы егжей-тегжейлі келгенде талқылау және түсіндіру қажеттілігі бар екенін есте ұстаңыз.

Кездейсоқ немесе жүйелі

Қателік екі бөліктен тұрады: бір жүйелі және бір кездейсоқ. Жүйелік бөлік - бұл Сіздің құралыңыздағы өлшеу қателігі, мәні өте тұрақты-өлшеуді қанша рет қайталайтынына қарамастан, Сіз әрқашан бірдей қатені аласыз. Қоршаған орта температурасының өзгеруі, жағдайы/тегістелуі, қорек көзінің, ылғалдылықтың, жеке дағдылардың өзгеруі және т.б. өлшеуді қайталау кезінде әр түрлі нәтижелерге әкеледі. Бұл айырмашылық кездейсоқ қателік болып табылады.

Егер статистикаға қарайтын болсақ, өлшеуді бірнеше рет қайталаған кезде нәтижелердің қалай өзгеретінін сипаттауға болады. Жалпы, ерікті деректер кездейсоқ бөлуге әкеледі. Егер кестеде барлық нәтижелер көрсетілсе, ең жиі кездесетін мән орташа мән болып табылады және ол орталық болады. Екі жағынан орташадан көп немесе аз мәндер бар. Орталықтан (және орта есеппен) Сіз, соғұрлым аз деректер нүктелерін таба аласыз. Орташаға дейінгі қашықтықты шынайылық деңгейі арқылы көрсетуге болады. Шынайылық деңгейі 95% әдетте нәтижелерді өлшеу үшін пайдаланылады, бұл осы шектерде Сіз барлық деректердің 95% таба дегенді білдіреді. 95% шынайылық деңгейі 2σ (екі сигма) ретінде белгілі.

Өлшеулерді қайталау кезінде барлық әрекеттер кездейсоқ бөлуге әкелмейді. Екі ортақ мысал - сандық дисплейді оқу және механикалық сызғыш. Сандық дисплей екі сан арасында көрсетілмейді. Егер соңғы цифр (маңызды емес, ондық емес немесе жоқ) болса, мысалы, 7 көрсетеді, сіз 6,6-ға жақын ма, 7,0-ге жақын ма немесе 7,4-ке жақын екенін білмейсіз. Шынайы мән осы диапазонда кез келген жерде болуы мүмкін және бұл бөлу «квадрат» деп аталады. Ескі термометрді, сызғышты немесе механикалық шкаламен бірденені оқығанда, цифрлар арасындағы мәндерді де бағалай аласыз. Бұл мүмкіндік үлестіруді үшбұрыш етеді. Бұл үш бөлу, қалыпты (1), үшбұрышты (2) және квадраттық (3), қателікті есептеу үшін пайдаланамыз және қандай үлестіру қолданатындығына байланысты, біз барлық қате салымдарды қосып, жалпы қателікті есептейміз. 11.1-суретте көрсетілген салмақ коэффициенттері, 98 халықаралық стандарттар басшылығынан алынған.



11.1-сурет

Статистикалық бөлу.

Нәтижелерді біріктіру

Сонымен қатар, деректер көздерінің саны бөлуге әсер етеді; көптеген көздерді пайдалану кездейсоқ бөлуге әкеледі. Сіз мұны қарапайым эксперимент арқылы тексере аласыз. Текшені 50 рет тастаңыз және қанша рет 1, 2, 3, 4, 5 және 6 алатыңызға назар аударыңыз. 11.1-суретте көрсетілгендей, диаграмманы жасаңыз және цифрларды қойыңыз (әр нәтиже үшін бір бағанадан). Мүмкін, енді 11.1-суреттегі оң жақта ұқсас нәрсе бар болар. Енді оны екі текше арқылы қайталаңыз. Қазір қандай бөлуді аласыз? Егер Сіз үш текшені пайдалансаңыз не болады?

Белгісіздік бюджеті

Өлшеу жүйесінің жалпы қателігі (немесе бірнеше датчиктері бар аспаптың ішінде) белгісіздік бюджетін құру жолымен бағалануы мүмкін. Бұдан басқа, мұндай бюджет жүйені жетілдіруге жәрдемдесу құралы бола алады, себебі әрбір жарнаның мөлшері анық көрінетін болады. «Бюджет» сөзі, сондай-ақ, бұл әлі де бағалау екенін көрсетеді, мүмкін, бұл болжам, бірақ біліктілік және сенімділік болжамы болып табылады.

Барлық жарналарды қосу үшін басшылық қағидаттар бар. Бірінші қадам-қателікке ықпал етуі мүмкін барлық параметрлерді анықтау үшін тәжірибе, дағдылар мен қиял пайдалану болып табылады. Екінші қадам-әрбір жарна қаншалықты үлкен екенін анықтау. Деректер парактарының, ретке келтіру есептерінің, бұйымдар мен тәжірибенің қосындысын пайдалана отырып, әрбір бөлшектің мәнін көрсетуге болады. Үшінші қадам статистикаға және олардың маңыздылығына сәйкес мәндерді түзетуге қатысты. Барлық қосымшалар бір сигмаға бағынуы керек, сондықтан мәндер екі сигмада көрсетілсе (олар әдетте бар), оларды 2-ге бөлу керек. Егер үлестіру квадрат немесе үшбұрыш болса, 11.1-суретте көрсетілген бөлгіштерді пайдалануға болады. № 4 қадам әрбір бөлік жұмыс кезінде болатын соңғы өлшеу нәтижесіне әсер ету үшін сезімталдықты реттеуден тұрады.

Бесінші қадам-бәрін қосу және бұл шаршы қосу арқылы жасалады. Көптеген стандарттар біз сенімділікпен 95% қателікті жариялауды талап

ететіндіктен, біз нәтижені 2-ге көбейту арқылы екі сигмаға дейін түзетуіміз керек. Жоғарыда сипатталған әдіс көптеген жылдар бойы қолданылған, бірақ бұл қателікті білдірудің жалғыз жолы емес. Сіз, мысалы, тек барлық жарналарды қоса алар едіңіз, бұл бірнеше жоғары қателікке әкеледі. Қалай болғанда да, көптеген жағдайларда маңызды бөлігі сіз әрбір салымды қалай бағалайсыз. Сіз жалпы қателікке ең көп үлес қосатынын анықтағанда, сондай-ақ жақсарту барынша қай жерде әсер ететінін білесіз.

Кейбір жағдайларда қателік көрсету кезінде пайызды пайдалану анағұрлым түсінікті болады. Мысалы, шығын $500 \text{ л/с} \pm 5 \text{ л/с}$ немесе $500 \text{ л} / \text{с} \pm 1\%$ көрсетілуі мүмкін. Пайыздарды пайдалану өлшеу деректері жақсы ма немесе жоқ па, кем дегенде, тәжірибелі техника үшін бағалауды жеңілдетеді. Пайызбен көрсетілген қателіктер деректердің барлық түрлері үшін пайдаланылуы мүмкін, бірақ олар әдетте нөлге жақын болуы мүмкін температураны немесе басқа деректерді көрсету үшін пайдаланылмайды.

АҚШ-тағы Стандарттау және технология бойынша ұлттық институт және Ұлыбританиядағы ұлттық физикалық зертхана қателікті бағалау бойынша ағылшын тілінде басшылық дайындады.

Үлгі

Біз сыйымдылықтың ішінде орналасқан қысым датчигінің көмегімен сыйымдылықтағы деңгейді өлшегіміз келеді. Датчикті орнату кезінде сыйымдылықжұмыс істеп тұр және сұйықтықтықпен толтырылған. Сондықтан датчик тек жоғарыдан төмен түсіп, төменде кез келген күйде қалуға мүмкіндік бере отырып, орнатылады. Сонымен, осы қосымшадағы оқу деңгейінің қателігін қалай есептей аламыз? Біріншіден, біз пайдаланылатын өлшемдер мен есептерді түсінуіміз керек. Екіншіден, біз қандай дерекқорлар мен қиындықтар біздің нәтижелерге әсер етуі мүмкін екенін анықтап, өз үлесімізді қосатын әрбір дерекқор үшін ақылға қонымды сандар табуымыз керек. Ақырында, барлық осы салымдар жалпы қателікке біріктірілуі тиіс.

Бұл өлшемнің нәтижесіне не әсер етуі мүмкін? Және, әрине, датчиктің қателігі-бастапқы нүкте болып табылады. Бұл жағдайда бұл құрал калибрленбеген, сондықтан бізде тек техникалық деректер бар (ең жоғарғы қате 100 Па екенін көрсете отырып). Келесі қадам қондырғыны көру болады. Біз тек құрылғыны бетінен алып тастағандықтан, біз оның жағдайын білмейміз. Сызбаға қарап, біз датчиктің төрт жағы бар екенін көреміз, бірақ ол шаршы емес. Бір жағының ені 40 мм, ал екіншісі 60 мм. Бұл бізге құрылғының орталығы сыйымдылықтың түбінен 20 немесе 30 мм қашықтықта болуы мүмкін деген ақпарат береді. Сыйымдылықтың биіктігі 2 метрді құрайды, бірақ әдетте ең жоғары деңгей 1 метрді құрайды және қателікті қалыпты деңгейде бағалауымыз керек. Датчиктің өлшеміне байланысты 20 немесе 30 мм ауқымын азайту керек. Біз диапазонды 975 мм дейін орнату үшін таңдаймыз.

Деңгейді өлшеу үшін қысым датчигін пайдаланғандықтан, біз қалаған деңгейді алу үшін өлшенген мәнді есептеу керек. Осы есепте біз кіріс

деректері ретінде өлшенген қысымды қолданамыз, содан кейін сыйымдылықтағы сұйықтықтық тығыздығын реттейміз. Температураны білсеңіз, кесте бойынша тығыздықты есептей аламыз. Қателікті есептеу үшін бізге де температуралық шектер қажет. Осы сыйымдылықта сақталуы мүмкін, ең суық және ең жылы сұйықтықтың температурасы қандай? Осы температураға қандай тығыздық сәйкес келетінін және қателікке қалайша үлес қоса алатынымызды білсек, онда біз оны тексере аламыз.

11.1-кесте

Қателік мысалы

Салым	Есептік		Норматив Сезімталдық			Нәтижесі Нәтижесі ²
	Құны	Ықтималдығы	Салым	Көэф.	(%)	
Датчик (ерекшелік)	±100 Па	Шаршы	/1,73	1/9000	0,64	0,41
Санау	±1 Па	Шаршы		1/9000	0,01	0,00
(дисплей ажыратымдылығы . / 2)						
Датчиктің жағдайы сыйымдылықтың үсті биіктігі түбі	±5 мм	Шаршы	/1,73	10/9000	0,32	0,10
Температура	±2°C	Шаршы		0,001	0,12	0,01
өлшеу						
Температураның әсері деңгей датчигіне	±2 Па	Қалыпты (2σ)	/2	1/9000	0,01	0,00
Тығыздық	±0,4%	Қалыпты (2σ)	/2	1	0,2	0,04
(деңгей есебі)						
Ауытқу (1 жыл)	±150 Па	Қалыпты (2σ)	/2	1/9000	0,83	0,69
			√ Сомасы			1,12
Сомасы 95% шынайылық деңгейіне дейін түзетілді (=сомасы × 2)						

2,24

Температура қандай да бір басқа әсер етуі мүмкін бе? Датчиктің деректер кестесін тексергенде, біз дәлдікке тәуелділік үшін температуралық сипаттаманы табамыз. Бұл да қосылуы керек. Біз тағы қандай әсерлерді таба аламыз? Егер сыйымдылықтың жоғарғы жағында толық ашылмаған болса, өлшеуге әсер етуі мүмкін артық қысым болуы мүмкін. Бұл жағдайда сыйымдылықтың кең тесігі бар, сондықтан бізге мұны ескерудің қажеті жоқ.

Есептеуіштен сигнал беру кезінде қосымша қателер болады ма? Бұл жағдайда емес. 1 деректер кестесінен дисплей ажыратымдылығы «жарамды» болып табылмайтыны және оның орнына рұқсат дисплейдің соңғы екі санына сәйкес келетін мәнге тең екені көрініп тұр. Сонымен, біз уақыттың өткенін бағалауымыз керек. Бізде басқа зауытта орнатылған ұқсас құралдар бар болғандықтан, біз олардың тарихын тексере аламыз. Ретке келтіру арасындағы орташа айырмашылық бізге дрейф туралы жақсы ақпарат береді. Егер мұндай оқиға қол жетімсіз болса, өндірушінің мәлімдемесін табуға болады. Енді біз барлық нақты емес салымдарды тапты деп ойлаймыз және олар 11.1-кестедегідей, қосылуы мүмкін. Барлығын салыстыру оңай болу үшін 100% - ға тең 1000 мм-ге тең, бұл (сұйықтықтың тығыздығы 900 кг/м³) 9000 Па-ға сәйкес келеді деп есептейміз. 1000 мм орнына 975 мм қолдануға болады. Нақты тығыздығы өлшенген температура мен кестеден қолданылады. Температура ең жоғары қателікпен 2 °C өлшенеді, ал сұйықтықтың тығыздығы шамамен 0,1% Цельсий градусына өзгереді. Сондай-ақ қоспаларға және концентрацияның өзгеруіне байланысты тығыздықтың номиналды мәні күн сайын өзгереді. Бұл өзгеріс 0,4% - ға бағаланады.

Қателік 2,2% бағаланады, бұл өлшенген деңгей 'шынайы' деңгейден $\pm 2,2\%$ шегінде күтуге болады дегенді білдіреді.

Жақсарту

Бюджеттің белгісіздігі, сондай-ақ бізге жақсартулар үшін ең жақсы іс-әрекеттер табуға көмектесе алады. Бұл есеп екі ең үлкен салым-бастапқы қате (берілген дәлдік) және ұзақ мерзімді тұрақтылық (дрейф) екенін көрсетеді. Егер бастапқы ретке келтіру жүргізілсе және көрсеткіштер осы ретке келтіру барысында анықталған өлшеу қателігіне сәйкес түзетілсе, онда ерекшеліктің мәні (± 100 Па) ретке келтіру қателігімен ауыстырылуы мүмкін. Бұл, бәлкім, әлдеқайда аз мәні болар. Жиі қайталанатын ретке келтіру тұрақтылық ұзақ мерзімді мәнін төмендетуі мүмкін (қазіргі уақытта ± 150 Па / жыл ретінде белгіленген) және осылайша, осы салымды азайтуы мүмкін.

Қосымша әдебиет

Бевингтон, Р. Р. 1969. *Деректерді қысқарту және физика ғылымдары үшін қателікті талдау*. Макгроу-Хилл.

99 халықаралық стандарт (Өлшеудегі қателіктер бойынша нұсқаулық). <http://www.bipm.org/en/publications/guides/#gum>. Технология стандарттарының ұлттық институты. <http://physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/>.

Метрология негіздері

Тарихы

Өлшеулер мен бақылау өлшеулері мың жыл бойы жүргізілді. Біз бүгін білетін, ең көне ескертулердің арасында мысырлық фут (ұзындықтың стандарты, ол Перғауын патшаның қолымен бірдей болды). Фут ғимараттарды, жерлерді және су деңгейлерін өлшеу үшін пайдаланылды. 4000 жыл бұрын қандай заңды талаптар қойғанын айту қиын, бірақ ережелер, соның ішінде оларды ұстанмаған адамдар үшін жазалаулар болған.

Тұқымдар немесе дененің бөліктері сияқты табиғи объектілер мыңжылдықтар бойы өлшеу эталондарын орнатудың әдеттегі тәсілі болып қалды. Дегенмен, дененің бөліктері адамдарда өлшемі бойынша ерекшеленеді, сондай-ақ референтті тұлғаны таңдау қажет. Әдетте бұл патша, император немесе ұқсас, бірақ халықаралық сауданы қалай ұйымдастыру қажет? Басқа елдің басқа патшасының, мысалы, аяқтары ұзын болса, «нақты» фут өлшенген нәрсе ұзындығы (және құны) үлкен пікірталастар себеп болуы мүмкін. Басқа жүйе қажет болды және 1800 жылдың соңында француз ғалымдарының тобы жаңа жүйені тапты: патшалар мен дененің бөліктері жоқ жүйе. Оның орнына олар біздің ғаламшарды эталон ретінде пайдалануға шешім қабылдады. Олар ойлап тапқан жүйе бүгінгі күні жақсы белгілі метрикалық жүйе болды. Бір метр-элементтің 40 000 000-ға бөлінген шеңбері. Олар бұл қашықтықты ішінара Барселонадан Дюнкеркке дейін өлшеп, өте жақсы нәтижемен қалдықты есептеді.

Бүгінде метрикалық жүйе *Système International d'Unités* (СИ) ретінде танымал көптеген бөлімшелерге тарайды. СИ бірліктері барлығын қамтиды, бірақ барлық жерде қабылданбайды. СИ бірліктерінен басқа бірліктер, мысалы, Құрама Штаттарда да, Құрама Корольдікте де қолданылады (кейде олар империялық бірлік деп аталады). Дегенмен, осы екі ел де СИ бірлігін қабылдады.

Салмақ пен шамалар

Мысалы, азық-түлікті және отынды саудалаған кезінде баға салмағы немесе көлемі бойынша белгіленеді. Сондықтан таразылар мен өлшеуіш стакандар жиі дүкендерде және базарда қолданылады.

Кейбір сатушылар үшін уәде еткеннен аз мөлшерде жеткізу, қарсы тұру қиынға соғатын сезім мүмкін. Тұтынушыға оны байқау қиын және бұл байқалса да, қандай да бір дәлелдемелерді ұсыну оңай емес. Бұл шексіз пікірталастар мен дауларға әкелуі мүмкін. Адамдарды алдамау үшін бизнесте қолданылатын өлшеу құралдарын тексеру үшін арнайы шенеуніктер бұрыннан тағайындалған. Мысалы, Грекияда офис-Толос 1500 жыл бұрын салынған болатын. Мұнда жергілікті бизнесмендер өздерінің өлшеу құралдарының мақұлдауын алуы тиіс еді. Тұтынушыларға өздерін қауіпсіз сезінуі мүмкін екенін көрсету үшін құралға мөр бекітілген. Бүгінде біз дүкендер мен жанармай құю станцияларында жасаған әрекеттеріміз осы ескі әдіске арлы-берлі ұқсас болып келеді. Бүгінде көптеген елдер саудада қолданылатын өлшеу құралдары үшін типін (сертификаттауды) мақұлдауды талап етеді. Максималды жол берілетін қателіктерден басқа, сертификаттық талаптар қоршаған ортаның ыстыққа, суыққа, ылғалдылыққа және электромагниттік кедергілерге төзімділікті қамтиды. Онда, сондай-ақ анық көрінетін дисплей және алаяқтықтан қорғау үшін ақылға қонымды шаралар болуы тиіс. Бұл талаптардың егжей-тегжейі өңірден өңірге қарай түрленеді. Халықаралық ұсыныстарды International du Metrologie Legal (Халықаралық заңнамалық метрология бойынша ұйым) ұйымы береді. Еуропада жалпы ережелер өлшеу аспаптары бойынша директивада баяндалған. Құрама Штаттарда ережелер туралы толық ақпаратты Ұлттық стандарттар мен технологиялар институтынан табуға болады, мұндағы №130 анықтамалық жақсы бастау нүктесі болып табылады. Басқа елдердің мекенжайлары мен ақпаратты 13-тараудан қараңыз.

Халықаралық сауданы дамытуға жәрдемдесу мақсатында 1999 жылы бірнеше ел өлшемдерге және аккредиттелген ретке келтіруге қатысты өзара мойындау туралы келісімге қол қойды. Егер экспорттық сауда (және шот-дерекүра) аккредиттелген ретке келтіруі бар өлшеу құралына негізделсе, өлшенген мәндерді өзара мойындау туралы келісімге қол қойған барлық елдер қабылдауы тиіс.

Көптеген елдерде бүгінде қолданылатын таразы және өлшеу жабдықтарының пайдаланылуын бақылау үшін мемлекеттік мекемелер құрылуда. Өлшеудің өзі нақты өлшеумен немесе тексеруге енгізілген қандай да бір үкіметтік органдарды есептемегенде, беруді өлшеумен аталуы мүмкін. Үкіметтің әрекетін жиі шаралар мен таразы туралы заңдар деп атайды. Қаптама үшін пайдаланылатын өлшеу жабдығына ұқсас талаптар бар. Егер сіз белгілі бір құрамы бар бөтелке немесе қаптаманы сатып алсаңыз, мысалы, 1 кг немесе 1 литр, осы заттаңбалардың дәлдігіне және әрбір қаптаманың «нақты» санына қойылатын талаптар бар. Бұл талаптар статистикалық тәсілге негізделген және орамдардың бірқатар орташа мәні тым төмен болмауы тиіс.

Халықаралық бірлік жүйесі

1875 жылы құрылған Халықаралық зерттеу және өлшеу бюросы бүкіл әлемде қолданылатын өлшемдердің бірыңғай жүйесін құру бойынша жұмыс істейді.

12.1-кесте

СИ-да қолданылатын бастапқы шамалар мен бастапқы бірліктер

Бастапқы шамалар	Таңба	Бастапқы бірлік	Таңба
Ұзындық	l, h, r, x	Метр	м
Масса	m	Килограмм	кг
Уақыт	t	Екінші	s
Электр тогы	I, i	Ампер	A
Термодинамикалық температура	T	Кельвин	K
Зат мөлшері	n	Моль	моль
Жарық күші	Iv	Кд	кд

12.2-кесте

Туынды шамалар және өлшем бірліктері (мысалдар)

Саны	Таңба	Бірлік	Таңба
Облысы	A	Шаршы метр	м ²
Көлем	V	Текше метр	м ³
Жылдамдық	v	Метр секундына	м/с
Үдеу	a	Шаршы секундтағы метр	м /с ²
Тығыздық	ρ	Текше метрге килограмм	кг/м ³
Жиілік		Герц	Гц
Күш		Ньютон	N
Қысым		Паскаль	Па
Энергия		Джоуль	Дж
Электр әлеуеті		Вольт	V
Электр кедергісі		ЖМ	Ω
Электр өткізгіштігі		Сименс	S

12.3-кесте

Мысалдар әдетте СИ-дан өзгеше қолданылатын бірліктер

Саны	Бірлік	Таңба
Уақыт	Минут	мин (= 60 сек.)
Уақыт	Сағат	сағат (=3600 сек.)
Көлем	Литр	L немесе l (= 1 дм ³)
Қысым	Бар	бар (= 100 кПа)
Қысым	Сынап бағанасының миллиметрі	сын.бағ. мм (=133 па)
Ұзындық	Теңіз миля	М (= 1852 м)

12.4-кесте

СИ префиксі

	Индекс	Префикс	Таңба
	10 ²⁴	иотта	Жыл
	10 ²¹	зетта	Z
	10 ¹⁸	экса	E
	10 ¹⁵	пета	P
	10 ¹²	тера	T
	10 ⁹	гига	G
	10 ⁶	мега	M
	10 ³	килограмм	k
	10 ²	гекто	h
	10 ¹	дека	дц
	10 ⁻¹	деци	d
	10 ⁻²	санти	c
	10 ⁻³	милли	m
	10 ⁻⁶	микро	μ
	10 ⁻⁹	нано	n
	10 ⁻¹²	пико	p
	10 ⁻¹⁵	фемто	f
	10 ⁻¹⁸	атто	a
	10 ⁻²¹	zepto	z
	10 ⁻²⁴	иокто	жыл

Негізі Метрикалық конвенция болып табылады, бірақ жүйе енді ол жеті бастапқы бірлікті қамтиды. 1960 жылы Халықаралық бірлік жүйесі (СИ) енгізілді. Толығырақ ақпаратты мына мекенжай бойынша табуға болады www.bipm.org (12.1-12.4 кестелер).

Басқа жиі қолданылатын бірліктер

Масса

Драм (Ұлыбритания) = 1,77 г

Карат = 0,2 г

Унция (Ұлыбритания) = 28,3 г фунт (Ұлыбритания) = 453,59 г тас
(Ұлыбритания) = 6,35 кг

Тонна, ұзын тонна (БК) = 1016 кг тонна, қысқа тонна (АҚШ) = 907 кг

Көлем

Баррель (Ұлыбритания) = 164 литр баррель (АҚШ) = 115-119 литр

Баррель, мұнай (АҚШ) = 159 литр текше фут = 28,3 литр

Текше Ярд = 765 литр

Сұйықтық унция = 0,028 литр галлон (Ұлыбритания) = 4,55 литр

Галлон (АҚШ) = 3,79 л

Ұзындық пен аудан

Акр (Ұлыбритания) = 4047 м²

Фут (Ұлыбритания) = 30,48 см дюйм (Ұлыбритания) = 2,54 см сызық
(Ұлыбритания) = 2 мм

Миля, мүсіні (Ұлыбритания) = 1609 м Ярд (Ұлыбритания) = 91,44 см

Күш, қуат және энергия

Фунт-күш-фунт = 4,44822 Н Килопонд, КП = 9,80665 Н ат күші
(метрикалық) = 735 Вт ат күші (Ұлыбритания) = 746 Вт килокалорий, ккал =
4,19 кДж киловатт-сағат, кВтс = 3600 кДж

Британдық жылу бірлігі, БЖБ = 1055 Дж

Метрология әлемі

Осы кітапта сипатталған көптеген қызмет түрлері, әдістер мен іс-әрекеттер Сіз қай жерде жұмыс істейтіндей бірдей. Алайда, бөлшектер әртүрлі болуы мүмкін, ал стандарттар кейде әртүрлі атаулары бар. Көптеген елдерде Сіздің қызметіңізді қолдайтын билік органдары мен ұйымдар бар. Бұл тарауда процестерді өлшеу саласында жұмыс істейтін бірнеше ұйымдар көрсетілген. Өкінішке орай, бұл тізім барлық аймақтарды қамтымайды, бірақ, осы ұйымдардың кез келгенімен байланыса отырып, олар, бәлкім, Сізді дұрыс тағайындалған орынға жібере алады.

Ұйымдар

Процестерді өлшеумен айналысатын үш түрлі халықаралық ұйымдар бар:

1. Стандарттаудың жалпы органдары (мысалы, халықаралық стандарт)
2. Қауымдастықтар (Химиялық өнеркәсіптегі өлшеу және басқару технологиялары үшін Германия стандарттау қауымдастығы секілді)
3. Заңнамалық метрология және бақылау жөніндегі бас ұйымдар (ХЗМҰ сияқты)

Бұдан басқа, әрбір елде әдетте Ұлттық метрологиялық зертхана бар (13.1-кесте). Төменде қысқаша кіріспе мен байланыс ақпаратын қоса алғанда, түрлі ұйымдардың тізімі келтірілген. Жиі бұл одан әрі байланыстар мен кеңестер үшін жақсы бастау нүктесі болып табылады.

Африкаішілік метрологиялық жүйе (AFRIMETS)

Африкандық метрологиялық жүйе Африка құрлығында мүше мемлекеттерге стандарттар мен қолдауды қамтамасыз етеді. www.afrimets.org

АҚШ Ұлттық стандарттау институты

Американдық ұлттық стандарттар институты-бұл АҚШ-тағы стандарттау жөніндегі қоғамдастық. Өлшеу және есептеу стандарттары, сондай-ақ, мысалы, машиналар мен жүйелерді тестілеу және тексеру үшін «сынау сызбалары» бар. АҚШ Ұлттық стандарттау институтының стандарттары бар

құбырлар, жалғамалар және фланецтер бүкіл әлемде кеңінен қолданылады. www.ansi.org

АМИ

Америкалық мұнай институты мұнай-газ өнеркәсібіндегі маңызды ұйым болып табылады. Өлшемдермен байланысты көптеген стандарттар жарияланды және тығыздық кестесі сияқты тиісті ақпарат осында табуға болады. www.api.org

Оңтүстік-Шығыс Азия мемлекеттерінің қауымдастығы

Оңтүстік-Шығыс Азия мемлекеттерінің қауымдастығы қадағалау және ретке келтіру жөніндегі паназиялық ұйым болып табылады. www.asean.org

АМЕРИКАНДЫҚ ИНЖЕНЕР-МЕХАНИКТЕР ҚОҒАМЫ

Американдық инженер-механиктер қоғамы - бұл АҚШ-тағы стандарттау қауымдастығы. АИМҚ механикалық жабдықтардың, әсіресе қазандықтар мен қысымдағы ыдыстардың қауіпсіздік стандарттарымен жақсы танымал. Өлшеу және есептеу стандарттары, сондай-ақ «сынау сызбалары» және ұқсас, мысалы, әр түрлі машиналар мен жүйелерді тестілеу және тексеру үшін. www.asme.org

Халықаралық өлшем және салмақ бюросы (BIPM)

Халықаралық өлшем және салмақ бюросы метрикалық жүйенің отаны және қадағаланатын өлшемдердің негізі болып табылады. Мұнда Сіз барлық мүше мемлекеттер үшін ақпаратты, ұсынымдар мен консультацияларды, сондай-ақ байланыс ақпаратын таба аласыз. www.bipm.org

Британдық өлшеу және тестілеу қауымдастығы

Британдық Өлшеу және тестілеу қауымдастығы өлшемдерге қатысты ' мүшелерінің мәселесімен айналысады. www.bmta.co.uk

Колорадо инженерлік тәжірибе станциясы (CEESI)

Колорадо инженерлік тәжірибе станциясы шығын өлшегіштерге арналған американдық ретке келтіру зертханасы болып табылады, сондай-ақ көптеген пайдалы жарияланымдар мен құжаттарды ұсынады. www.ceesi.com

Неміс стандарттар институты

Неміс ұлттық стандарттары көптеген жағдайда еуропалық стандарттарға айналды. www.din.de

ЕА-Еуропалық аккредиттеу жөніндегі кеңес

Аккредиттелген зертханаларды қолданбалы аккредитациялаумен және бағалаумен аккредиттеу жөніндегі жергілікті және Ұлттық органдарды қадағалау. www.european-accreditation.org

Стандарттау, метрология және сертификаттау жөніндегі Еуропалық кеңес

Еуразиялық мемлекетаралық кеңес стандарттау, метрология және сертификаттау қиындықтарымен айналысады. www.easc.org.by

ХБ-халықаралық бағалау

Франция, Нидерланды және Ұлыбритания арасындағы ынтымақтастық. Мүшелер (компания) жыл сайын жаңа құралдарды таңдау мен сатып алуға көмектесу үшін әр түрлі өлшеу құралдарын бағалауды ұйымдастырады. www.evaluation-international.com

Стандарттау жөніндегі Еуропалық комитет (CEN)

Стандарттау жөніндегі Еуропалық комитет жалпы стандарттардың және атап айтқанда, электр құрылғыларының орталығы болып табылады. www.cen.eu

Еуропалық ұлттық метрологиялық институттар қауымдастығы

Инновациялар мен зерттеулер бойынша еуропалық метрологиялық бағдарлама негізінен ұлттық метрологиялық институттармен байланысты еуропалық зерттеу жұмысының бір бөлігін үндестіреді. www.euramet.org

Парсы шығанағы елдерінің ынтымақтастығы жөніндегі кеңесі-Стандарттау жөніндегі дүниежүзілік ұйым

Стандарттау жөніндегі ұйым Шығанақ елдерінің ынтымақтастық кеңесіне мүше мемлекеттер үшін стандарттау жөніндегі ұйым болып табылады және метрология мен өлшеуді қоса алғанда, стандарттар үшін портал олардың үй паракшасында қолжетімді. www.gso.org.sa

MEMCT

Ресей федерациясының Техникалық реттеу және метрология жөніндегі федералдық агенттігі, Ресей стандарттау және заңнамалық метрология орталығы болып табылатын стандарттарды, ұсыныстарды және заңдық міндетті құжаттарды жариялайды. www.gost.ru

Зертханаларды аккредиттеу саласындағы ынтымақтастық жөніндегі халықаралық ұйым

Зертханаларды аккредиттеу саласындағы халықаралық ынтымақтастық аккредиттеу жөніндегі ұлттық органдарға аккредиттелген зертханаларды қолданбалы аккредиттеуді және бағалауды жүргізуге көмектеседі. www.ilac.org

Өлшеу бойынша халықаралық конференция

Өлшеу бойынша халықаралық конференцияда температура (TEMPMEKO) және шығыс (FLOMEKO) сияқты әртүрлі өлшеу салалары үшін бөлімшелер бар. Жаңа нәтижелер мен зерттеу жұмыстары жыл сайынғы кеңестер мен конференцияларда ұсынылады. www.imeko.org

Халықаралық стандарттау ұйымы

Барлық түрдегі стандарттардың дүниежүзілік ұйымы. Өлшеулермен байланысты бірнеше стандарттар осы кітаптың басқа жерлерінде көрсетілген. Шығын өлшегіштерге келетін болсақ, маңызды мысалдардың бірі-диафрагмалар мен Вентури түтікшелеріне қатысты 5167 халықаралық стандарты болып табылады. www.iso.org

Химия өнеркәсібіндегі өлшеу және басқару технологияларына арналған Германия стандарттау жөніндегі қауымдастығы

Түрлі техникалық қиындықтар бойынша Германия/ Еуропалық қоғамдастығы. Өлшеу саласындағы екі мысал-сигналдар деңгейі және химиялық өнеркәсіпте өлшеу және басқару технологияларына арналған Германия стандарттау қауымдастығының стандарттары қолданылатын жарылыстан қорғалған құрылым. www.namur.net

Стандарттау және технология ұлттық институты

Стандарттар мен технологиялардың ұлттық институты-Вашингтонға жақын орналасқан АҚШ-тың өлшеу орталығы, Колумбия округі. Стандарттау және технология жөніндегі ұлттық институты-американдық өлшеу позицияларының үйі және «Стандарттау және технология жөніндегі ұлттық институтқа қадағаланатын» өрнегі белгілі. www.nist.gov

Заңнамалық метрология жөніндегі халықаралық ұйым

Халықаралық заңнамалық метрология ұйымы ХКБ-ның еншілес ұйымы болып табылады, бірақ заңнамалық метрологияға сүйеніп (негізінен, төлемдермен, салықтармен және осыған ұқсас процестермен байланысты өлшемдер). www.oiml.org

Америкааралық метрологиялық жүйе

Америкааралық метрологиялық жүйе американдық мемлекеттер ұйымына (АМҰ) мүше мемлекеттер үшін өлшеу және метрология қиындықтарын қамтиды. www.sim-metrologia.org.br

Заңнамалық метрология бойынша батыс еуропалық ынтымақтастық

Көптеген еуропалық заңнамалық метрология институттарының мүшелері

ұлттық заңдарға да, заңнамалық метрологияға байланысты ЕО заңдарына да бірыңғай көзқарасты құруға бағытталған. www.welmec.org

Сұйықтықтың ағыны бойынша жұмыс тобы

Сұйықтықтың ағыны бойынша жұмыс тобы Халықаралық өлшем және салмақ бюросы шеңберінде жұмыс тобы болып табылады. Халықаралық өлшем және салмақ бюросы шеңберінде халықаралық бақылауды қамтамасыз ету бойынша тәжірибелік өлшеулермен және басқа да іс-қимылдармен байланысты түрлі міндеттерді орындайтын жұмыс топтары бар. Маңызды міндеттердің бірі өлшеулердің халықаралық салыстыруларын («айналмалы» ретке келтіру) ұйымдастыру болып табылады.

3.1-кесте

Ұлттық метрологиялық зертханалар

Ел / Аймақ	Ұлттық метрологиялық зертхана	Интернет
Аустрия	ГЭВ	www.bev.gt.at
Қытай	НИМ	www.nim.ac.cn
Қытай	Шанхай аспаптар мен автоматты жүйелердің инспекциялық-сынау институты	www.sitiias.cn
Чехия Республикасы	Чехия метрологиялық институты	www.cmi.cz
Финляндия	Метрология және аккредиттеу орталығы / Фин қауіпсіздік және химия агенттігі	www.mikes.fi
Франция	Ұлттық сынақ зертханасы	www.lne.fr
Германия	Неміс ұлттық метрологиялық институты	www.ptb.de
Греция		www.eim.gr
Италия	Итальяндық метрология ұйымы	www.inrim.it
Жапония	Жапонияның ұлттық метрологиялық институты	www.nmij.jp
Нидерланды	Голландия ұлттық метрологиялық институты Ұлттық метрологиялық институт	www.vsl.nl www.nmi.nl
Норвегия	Норвегия метрологиялық қызметі	www.justervesenet.no
Ресей	Бүкілресейлік метрология ғылыми-зерттеу институты	www.vniim.ru
Оңтүстік Корея	Корея Республикасын білдіретін ұлттық метрологиялық институт	www.kriss.re.kr
Швеция	Швеция Ұлттық метрология институты	www.sp.se
Швейцария	Швейцария Федералдық метрология институты	www.metas.ch
Тайвань	Тайвань өнеркәсіптік технологиялар ғылыми-зерттеу институты	www.itri.org.tw
Ұлыбритания	Ұлттық өлшеу институты	www.npl.co.uk , www.tuvnel.com
АҚШ	Стандарттау және технология ұлттық институты	www.nist.gov

Ескертпе: Қосымша сілтемелер мен жаңартылған ақпаратты www.measurement.academy сайтынан табуға болады.

Глоссарий

Жетекші

Жетекші – бұл механизмнің немесе құрамдас бөлігінің қозғалуына жауап беретін компонент-қозғалтқыш түрі. Клапандағы жетекші автоматты түрде клапанды ашады немесе жабады. Ол гидравликалық, пневматикалық немесе электрлік болуы мүмкін.

Аналогы

Аналогтық (немесе модельдеуші жүйе) сигнал -бұл «қадамдар» жоқ сигнал. Кейбір мағынада, аналогы сандыққа қарама-қарсы болып табылады. Бірақ тәжірибеде аналогтық сигналдардың көпшілігі әлі де сандық болып табылады, себебі олар сандық түрлендіргіште өндіріледі. Ажыратымдылығы жоғары түрлендіргішпен, қадамдары көп және сигнал сапасы жақсы болады.

Еркін

Келісілген (немесе әдетте пайдаланылатын), бірақ бекітілген стандартқа немесе заңға негізделмеген, әдіс немесе деректер.

Автоклав

Автоклав-түрлі құралдар мен компоненттерді жоғары температуралы тазалау (залалсыздандыру) үшін пайдалануға болатын қысым камерасы.

Топтама

Топтама компоненттер немесе тауарлар үздіксіз ағында емес, топтамалармен (топтармен) жүргізілетін өндірістік процесте«дозаны», «көлемді» немесе «бөлігін» білдіреді.

Айналып өту

Айналып өту негізінен айналып өту жолын білдіреді. Өндеу өнеркәсібінде бұл негізінен, белгілі бір компонент (мысалы, сүзгі) арқылы сұйықтықты өткізетін клапанға жатады. Сорғыда қайта іске қосу клапаны кейбір ағынға шығару тесігінен қайта іске қосу тесігіне ағуға мүмкіндік береді және бұл сорғымен жасалатын қысымды реттеудің мүмкін тәсіліне әкеледі.

Сыйымдылығы

Сыйымдылықтың немесе контейнердің сыйымдылығы кеңістіктің жалпы көлеміне тең. Сыйымдылық ішінара толтырылған кезде, *көлемі* сыйымдылықтағы (сақталатын өнімнің мөлшері) құрамына жатады, ал *толтырылмаған көлем* - қалған кеңістікке жатады.

Коаксиалды

Коаксиалды кабель-айналасында экранды бір өткізгіш түрінде келтіріледі. Коаксиалды құбыр құбыр ішіндегі өзекке ұқсас. Коаксиалды кабельдер әдетте жоғары жиіліктегі сигналдарды беру үшін қолданылады.

Коэффициент

Коэффициент-бұл мультипликативті дереккор, белгілі бір эффекттің әсерін сипаттайтын сан. Мысалы, үйкеліс коэффициенті екі дененің арасындағы үйкеліс күшінің қатынасын сипаттайды.

Конденсация

Егер ауа немесе газ салқындатылса, онда ыстық ауадағы немесе газдағы су мөлшері үшін орын жоқ. Су содан кейін қоюлатылады және сұйықтықтық түзеді. Құбыр немесе құрал ішінде конденсат түзуден аулақ болу керек, себебі бұл мәселе тудыруы мүмкін. Минералдар мен қарапайым су құбыры суының басқа бөліктері болмайды, конденсаттың басқа қасиеттері бар, мысалы, өте төмен өткізгіштігі.

Ластану

І ластанған құрылғы шамамен лас құрылғыға тең, бірақ көп жағдайда ластанған құрылғы жойылады, себебі оны тазалау мүмкін емес.

Дифференциал

«Дифференциалды әдісті» пайдалану арқылы, өлшей отырып, көптеген қиындықтарді болдырмауға болады. Мысалы, қоршаған ортаның температурасы әсер ететін қысым датчиктерін алайық, яғни өлшеу қателігі 20 °C қарағанда 30 °C-та өлшеу қателігі артық. Егер біз қазір екі датчикті орнатсақ, онда тек біреуі ғана процеске, ал екіншісі атмосфераға қосылған болса, оның орнына екі қысым көрсеткіші арасындағы айырмашылықты көре аламыз. Осыны істей отырып, қазір бізде температураға қашықтан мән бар! Бұл температуралық тәуелділік қайталанатын және жүйелі болып табылатынын болжайды.

ЕО

Еуропалық Одақтың (ЕО) мүше мемлекеттері Аустрия, Бельгия, Болгария, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Кипр, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Польша, Португалия, Румыния, Словакия, Словения, Біріккен Корольдік, Финляндия, Франция, Хорватия, Чех Республикасы, Швеция және Эстония (2016) болып табылады.

Сұйықтық орта

Сұйықтық сұйық немесе газ болуы мүмкін. Газда молекулалар бір-бірінен алшақ орналасады, олар газды қысымды етеді және сыртқы қысым жойылған кезде ол ұлғаяды.

Сұйықтықтықта молекулалар бір-біріне жақын болады және сыртқы қысым жайылса, сұйықтықтық ұлғаймайды. Сондай-ақ сұйықтықтық қысылуы мүмкін, бірақ тек шамалы. Температура мен қысым осы қасиеттерге әсер етеді және тіпті газды сұйықтықтыққа немесе керісінше айналдыра алады. Бу-қасиеттері сұйықтықтыққа жақын газ.

Өлшегіш аспап

Манометр өлшеу шкаласына (көбінесе қысым) ғана жатқызылмайды, сонымен қатар қысымды, температураны немесе шығынды өлшеуге арналған құрылғы болуы мүмкін.

Толық кедергі

Ішкі кедергі және сыйымдылық немесе индуктивтілік толық кедергіге әкеледі. Мысалы, HIFI жүйесіндегі дауыс зорайтқыш толық кедергімен таңбаланады. Сондай-ақ басқа да электр жүйелерінің (кіру / шығу) кедергінің көрсетілген шектері болады.

Иондану

Иондану-бұл атомдардан электродтарды жоятын процес. Атомдар оң зарядталғанда иондар деп аталады.

Кинетикалық энергия

Объектінің кинетикалық энергиясы-бұл өз қозғалысының арқасында ие болған энергия.

Сызықтық

Сызықтық қатынас - бұл диаграммада түзу сызықпен бейнелеуге болатын қатынас. Өлшеу құралында кіру (мысалы, температура) және шығу (мысалы, mA сигналы) сызықтық тәуелділік болса жақсы.

Магнетит

Магнетит-минерал болып табылады және темір кенінің құрамында болады. Дегенмен, бұл жылыту жүйесінде құбыр ішінде табылған шөгінділердің атауы. Құрамында темір болғандықтан, ол электр тогын өткізеді және осылайша, мысалы, индукциялық шығын өлшегіште қысқа тұйықталу секілді әрекет ететін болады.

Метролог

Метролог-бұл метрологияны, өлшеу техникасын және/немесе салмағын және шараларын зерттейтін немесе жұмыс істейтін адам. Метеорология әр түрлі екенін ескеріңіз, себебі бұл атмосфера мен ауа райы құбылыстарына қатысты.

Макет

Функциялар мен сипаттамаларды тестілеу немесе көрсету мақсатында жасалған құбыржолдың (немесе кез келген құрылымның) ауқымды немесе табиғи шамасына көшірмесі.

Молекула

Молекула-белгілі бір қасиетке ие атомдар тобы. Екі атомды сутегі секілді кішігірім топтар немесе мұнай өнімдері сияқты үлкен топтар бар. Дәл осы молекулалар бізге температураны да, қысымды да қабылдауға мүмкіндік береді.

Осы мезеттік

Осы мезеттік өте қысқа уақытты білдіреді, қысқа. Жылдам сигнал әрқашан процестің мәнінен, мысалы, қысым немесе температурадан кейін жүреді. Сумматор әр түрлі, және оның орнына ол процесс құнының ұлғаюымен жалпы сомаға көп қосады. Процестің мәні нөлге тең болған кезде, жылдам мән нөлге тең болады және сумматор ағымдағы мәнге тоқтайды.

Фазаның ығысуы

Екі сигналды салыстыру кезінде фазалық ығысуды (немесе айырмашылықты) байқауға болады және олардың біреуі үшін кідіріс уақыты көбірек немесе аз болады.

Пито түтікшесі

Пито түтікшесі-бұл қозғалыстағы сұйықтықтыққа қарсы бағытталған ашық ұшы бар құбыр. Қозғалысқа ұшырамайтын тағы бір тесік бар. Импульс энергиясы, қысымда айырмашылық болады. Прандталь түтігі ұқсас құрылғы болып табылады, бірақ қозғалыста сұйықтықтың әсеріне ұшыраған көптеген тесіктері бар, бұл орташалану әсеріне әкеледі.

Пневматикалық

Энергия (немесе сигнал) сығылған ауамен беріледі. Көптеген құралдар пневматикалық және сығылған ауамен қозғалады.

Нақты

Нақты шара дәл шамаға жақын. Күнделікті тілде шағын қателері бар құрылғылар үшін дәл қолданылады, мысалы, шағын бөліністері бар сызғыш (мысалы, миллиметр). Сөз қымбат-бағалы мағынасы бар басқа.

Нығыздау жабдығы

Нығыздау жабдығы бу қазандарын, сыйымдылықтарды, құбырларды, сақтандырғыш клапандарды және қысымда жүктемеге ұшыраған басқа да компоненттерді білдіреді. Барлық осындай құрылғылар бекітілген жобаға сәйкес бақылаумен жүргізілуі тиіс. Шектеулі қысымға ұшыраған ұсақ заттар мен заттар енгізілмеген.

Пульсация

Пульсация-қысымның, температураның, көлемнің немесе тағы сол сияқты мерзімді ұлғаюы мен азаюы. Үдерісте, бұл негізінен (бірақ әрқашан емес) құралдар үшін де, басқа да компоненттер үшін де қиындықтар тудыратын жағымсыз нәрсе.

Артық

Резервтік жүйе ақаулық үшін дайындалған. Бұл, мысалы, екі микропроцесор болуы мүмкін, олардың біреуі күту режимінде және шебер жұмыс істеуді тоқтатса, іске қосуға дайын. Қос датчиктері немесе атқарушы механизмдері бар резервтік жүйелер қауіпсіздік қосымшаларында кең таралған.

Бастапқы шама

Мұнда бастапқы мән «шынайы» мәнге жатады. Бұл кітапты оқып, Сіз бір нәрсе мүлдем дұрыс емес екенін түсінесіз, сондықтан дәл болса, эталондық мән-бұл «жалпы дұрыс деп саналады». Бұл өте іргелі түсініктеме, әдетте, әдеттегі жұмыста қажет емес.

Жаңғыртылатын

Егер бір нәтиже болса, онда процесс қайталанатын. Өлшеулерде бұл өте жақсы байқалады. Егер Сіз, мысалы, бір салмақты таразыға бірнеше рет қойсаңыз, әрине, дисплей бір массаны әрдайым көрсететінін қалайсыз. Жақсы жаңғыртылатын таразы мұны да жасайды.

РН - Салыстырмалы ылғалдылық

Ауадағы және басқа заттардағы ылғал салыстырмалы ылғалдылықта өлшенеді. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығының 100%- ы конденсациясыз судың ең жоғары мөлшеріне тең (тамшылар түзеді). Бұл температураға байланысты және 20 °C кезінде ауадағы судың максималды мөлшері шамамен 18 г/м³ құрайды.

Тәуекелді бағалау

Тәуекелді бағалау-бұл мүмкін емес және ықтимал салдарларға шолу. Бұл талдау бірнеше жолмен жүргізілуі мүмкін және олардың барлығы жалпы мағынасы бар. Дегенмен, кейбір арнайы әзірленген модельдер бар, олар ештеңе елемеуге көмектеседі.

Мөр

Құралдың сыналған және бекітілген екенін көрсету үшін өлшеу және таразылар инспекторы жасаған таңбалау немесе таңба. Бағдарламалық құрылғыларда басып шығару құпиясөз ретінде де болуы мүмкін.

Норматив

Стандарт сөзі бірнеше нәрселерге қатысты болуы мүмкін. Жалпы әдіс немесе құрылымды сипаттайтын құжат стандарт болып табылады. Өлшеу кезінде бастапқы (немесе «дұрыс») ретінде әрекет ететін белгіленген өлшем, мысалы, ұзындығы, көлемі және массасы, сондай-ақ стандарт болып табылады.

Жүйелі

Жалпы ерекшеліктерде жүйелі түрде белгіленген рәсімге немесе қағидатқа сәйкес білдіреді. Жүйелік қате ұқсас анықтамаға ие және құралмен бірдей емес нәрсе немесе құрал дұрыс пайдаланылмайтындықтан орын алуы мүмкін. Қателердің басқа түрлері күтпеген және кездейсоқ болып табылады.

Бұрмалау

Құралдың қолдан жасалуына жол берілмейді, себебі бұл деректердің араласуын немесе қолдан жасалуын білдіреді.

Жылу

Энергия ыстық немесе суық сұйықтықтықпен беріледі. Бір мысал - бу турбинасы, онда ыстық бу механикалық энергияны өндіру үшін пайдаланылады. Тағы бір мысал-үйлер орталық жылу станциясынан жылытылатын орталық жылыту болып табылады.

Уақыт тұрақтысы

Барлық құралдардың ішкі өңдеу уақыты болады, бұл процесс шарттарының нақты өзгеруі мен шығу сигналының өзгеруі арасындағы кідіріске әкеледі. Бұл кідірісті көптеген жолдармен сипаттауға және тұжырымдауға болады.

Техникалық паспортта әрекет ету уақыты енгізу кенеттен өзгергенде сигналдың 10% және 90% арасындағы уақыт болуы мүмкін. Бұл сондай-ақ 0% - дан 100% - ға дейін немесе 0% - дан 63% - ға дейін уақыт болуы мүмкін (әдетте механикалық жүйелер үшін).

Қадағалау

Қадағалау барлық өлшеу құралдары үшін өте маңызды. Қадағаланатын өлшемдер бастапқы және халықаралық стандарттармен сенімді байланысты. Бақылаушылықты өлшеусіз нәтижелерді басқа аспаптармен орындалған өлшемдермен салыстыруға болмайды.

Төзімділік

Төзімділік дегеніміз - рұқсат етілген қате немесе қабылданған ауытқу.

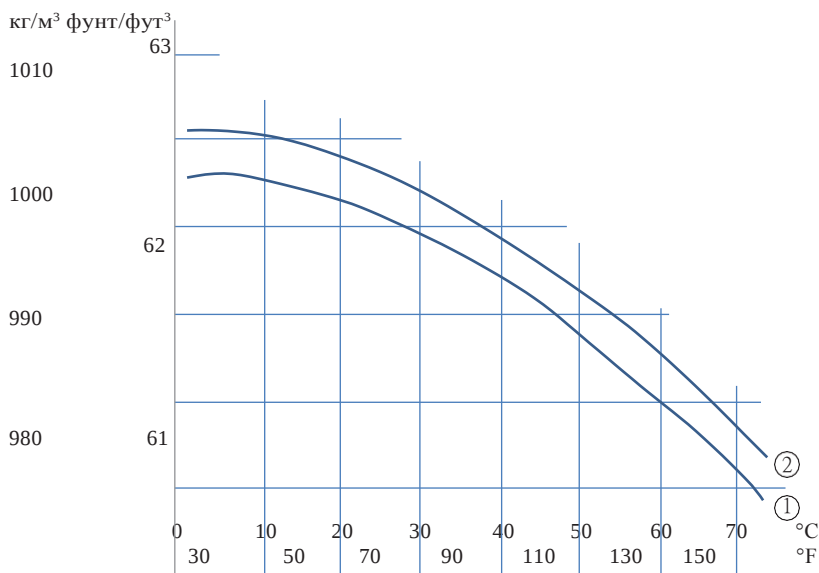
Тексеру

Егер Сіздің жұмыс тексеру құралына байланысты, Сіз құралдың жақсы күйінде жұмыс істейтінін тексеру қажет. Сондай-ақ, Сіз оның дұрыс өлшенетінін тексеру керек; яғни Сіз оны ретке келтіру және өлшеу қателіктері белгіленген шектерде тұрғанына көз жеткізу керек. Сондай-ақ, тексеру сериялық нөмірді, бағдарламалық жасақтама нұсқасын және құрылым параметрлерін тексеруді қамтуы мүмкін.

Қосымша: Материалдардың физикалық деректері мен қасиеттері

Барлық кестелер тек бағдарлы жалпы деректерді қамтиды (А.1 – А.30 кестелері). Тексерілген және қадағаланатын ақпаратты алу үшін Сіз процесте пайдаланылатын нақты өнімнің жеткізушісімен байланысу қажет.

ЕСКЕРТУ: Бұл талаптарды сақтамау ауыр жарақаттарға әкелуі мүмкін.



Су тығыздығы (1) құбыр суы, (2) теңіз суы.

А.1-кестесі

Судың тығыздығы мен тұтқырлығы

Температура		тығыздығы ^{a,b}		тығыздығы	Тұтқырлық
°C	°F	г/см ³	фунт / фут ³		сС т
0,0	32,0	0,99987	62,416	0,99984	
4,0	39,2	1,00000	62,424	0,99976	1,6
4,4	40,0	0,99999	62,423	0,99974	
10,0	50,0	0,99975	62,408	0,99970	1,3
15,6	60,0	0,99907	62,366	0,99901	
21,0	70,0	0,99802	62,300	0,99799	1,0
26,7	80,0	0,99669	62,217	0,99660	
32,1	90,0	0,99510	62,118	0,99500	0,8
37,8	100	0,99318	61,998	0,99305	
48,9	120	0,98870	61,719	0,99854	0,6
60,0	140	0,98338	61,386	0,98321	
71,1	160	0,97729	61,006	0,97715	0,4
82,2	180	0,97056	60,586	0,97042	
93,3	200	0,96333	60,135	0,96307	0,3
100	212	0,95865	59,843	0,95835	

«таза» су (сапасы мен минералды құрамына байланысты). Теңіз суының құрамында тұз бар және тығыздығы шамамен 2,7%-дан жоғары.

^bтазартылған су (Су және бу қасиеттері бойынша халықаралық қауымдастықтың анықтамалық деректері.

А.2-кестесі

Атмосфералық қысым кезіндегі ауаның тығыздығы мен тұтқырлығы

Температура		Тығыздығы, құрғақ ауа (0% RH)			Ылғалды ауа	
°C	°F	Ылғалды ауа		(50% RH) г/см ³	(100% RH) г/см ³	Тұтқырлық сСт
		кг/м ³	фунт / фут ³			
-10	14	1,341	0,084	1,340	1,340	12,3
0	32	1,292	0,081	1,291	1,289	13,2
10	50	1,247	0,079	1,244	1,241	14,0
15	59	1,225	0,076	–	–	18,0
20	68	1,204	0,075	1,199	1,193	15,0
30	86	1,164	0,073	–	–	16,1

А.3-кестесі

Таңдалған сұйықтықтардың тығыздығы мен тұтқырлығы (20 °С кезінде)

Зат	Тығыздық (кг/м ³)	Тұтқырлығы (ССТ)
Ацетон	790	0,5–1,3
Этил спирті	850	1–2
Аммиак 10%	900	1
Бензальдегид 0,1%	1050	1
Қан	1060	5–10
Бром	3100	0,3
Бутан	580	0,1
Бутанол	810	1,2
Циклогексанол	960	70
Дизель отыны	830	5
Этанол	790	5
Эфир	710	1
Этиленгликоль	1110	95
Фенол	1070	10
Балық майы (бауыр)	930	35
Керосин	780	2,5
Глицерин	1260	500–1000
Гептан	680	15
Гексан	660	0,6
Бал	1400–1600	1000–2000
Изобутанол	810	12
Изопропанол	780	3
Жержаңғақ майы	910	45
Хлороформ	1480	0,4
Кокос майы	930	60
Зығыр майы	930	30–50
Майонез	900–1100	5000–6000
Метанол	790	0,8
Сүт	1003–1040	2–4
Құмырсқа қышқылы	1220	1,5
Натрий гидроксиді 20%	1220	0,8
Натрий гидроксиді 40%	1430	14
Натрий гидроксиді 50%	1530	25
Натрий гидроксиді 100%	2130	–
Пропиленгликоль	1040	55
Азот қышқылы 10%	1050	5
Азот қышқылы 100%	1510	–
Тұз қышқылы 20%	1100	1

(Жалғасы)

А.3-кестесі (Жалғасы)

Таңдалған сұйықтықтардың тығыздығы мен тұтқырлығы (20 °C кезінде)

Зат	Тығыздық (кг/м ³)	Тұтқырлығы (сСТ)
20 °C кезінде қара шәрбат	1300–1400	7800
20 °C кезінде қара шәрбат	1300–1400	900
Сары май	860	100000
96% Күкірт қышқылы	1840	50
98% Күкірт қышқылы	1840	16
Сірке қышқылы	1050	2
Сыра	1010	2
Мазут (дистиллят)	850–950	2–15

А.4-кестесі

Таңдалған газдардың тығыздығы, тұтқырлығы және изэнтропикалық коэффициенті (0 °C және 0 бар/г кезінде)

Зат		Тығыздық (кг/м ³)	Тұтқырлық (сП)	K ^a (Cp/Cv)
Ацетилен	C ₂ H ₂	1,17	0,009	1,2
Аммиак	NH ₃	0,77	0,009	1,4
Аргон	Ar	1,78	0,021	1,6
Азот	N ₂	1,25	0,017	1,4
Бутан	C ₄ H ₁₀	2,67	0,008	1,1
Этан	C ₂ H ₆	1,36	0,008	1,2
Этилен	C ₂ H ₄	1,26	0,010	1,2
Гелий	He	0,18	0,019	1,7
Хлор	Cl ₂	3,22	0,012	1,4
Оттегі	O ₂	1,43	0,020	1,4
Метан	CH ₄	0,72	0,010	1,3
Озон	O ₃	2,14	0,030	1,7
Пропан	C ₃ H ₈	2,02	0,008	1,1
Көмір қышқыл газы	CO ₂	1,98	0,014	1,3
Көміртегі монооксиді	CO	1,25	0,017	1,4
Сутегі	H ₂	0,09	0,008	1,4

изэнтропия коэффициенті / жылу сыйымдылығы коэффициенті.

А.5-кестесі

Таңдалған сұйықтықтардың электр өткізгіштігі

Зат	Температура (°C)	Электр өткізгіштігі (μS/cm)
Сірке қышқылы (1%)	18	300
Ацетон	18	0,02
Қара нұқу	90	5000
Этил спирті	25	0,001
Гликоль, этилен	20	1
Мұнай		<0,001
Су, қала	25	10–500
Су, қашықтық		<0,04

А.6-кестесі

Кейбір қатты материалдардың өткізгіштігі (20 °C)

Зат	Өткізгіштігі (S/m)
Күміс	$6,3 \times 10^7$
Мыс	$6,0 \times 10^7$
Алтын	$4,1 \times 10^7$
Алюминий	$3,5 \times 10^7$
Платина	$0,9 \times 10^7$
Болат	$1,4 \times 10^7$
Сынап	$0,1 \times 10^7$
Силикон каучук	$1,6 \times 10^{-3}$
Резеңке	1×10^{-14}
Фторопласт	1×10^{-24}
Ауа	5×10^{-15}

А.7-кестесі

pH таңдалған сұйықтықтар

pH	Зат
3	Лимон шырыны
5	Кофе
7	Су
9	Сабын
11	Тұрмыстық химия

А.8-кестесі

Таңдалған материалдардың диэлектрлік өткізгіштігі

Зат	ε
Ацетон	1
Ауа	1
Алюминий гидроксиді	2,2
Аммиак	16–25
Күл	1,5–2,5
Асфальт	2,5–3,5
Бутан	1,4
Бутанол	18
Кальций	3
Көмір қышқыл газы	1,6
Хлор	1,5
Этанол	24
Жанармай	2
Шыны	4–14
Тұз қышқылы	4,6
Сутегі	1–2
Кевлар	3,4–4,5
Сұйытылған пропан-бутан қоспасы	1,6–1,9
Метан	1,7
Неопрен	4–7
Зәйтүн майы	3
Қағаз	1–3
Парафин	2–3
Мұнай	1,5–2,5
Полиэтилен	2–3
Кварц	4–5
Резеңке	2–7
Құм	4–6
Силикон	3–5
Күкірт диоксиді	16
Фторопласт	2
Тазартылған су	30–80
Бидай ұны	3–5
Ағаш (құрғақ)	1–6

А.9-кестесі

20-25 °C-та дыбыс жылдамдығы

Материал	v (m/s)	Сұйықтықтық	v (m/s)	Газ	v (m/s)
Мыс	3000–6000	Су	1495	Ауа -10 °C	325
Болат	5000–6000	Су, теңіз	1534	Ауа 0 °C	331
Алюминий	3000–6000	Дизель отыны	1324	Ауа 10 °C	337
Шыны	4000–5000	Этанол	1207	Ауа 20 °C	343
Тығын	300–500	Жанармай	1171	Ауа 30 °C	349
Бетон	3000–4000			Гелий	965
Алтын	3200			Сутегі	1270
Резеңке	3000–4000 100–1800				

А.10-кестесі

Судың жылу сыйымдылығы

Температура (°C)	Жылу камту (Дж/кг °C)	Қысым (кПа) (a)
0,01	4218	100
10	4192	100
20	4182	100
30	4178	100
40	4179	100
50	4181	100
100	4216	101
150	4342	476
200	4497	1550

А.11-кестесі

Сәулелену
коэффициенті

Материал	ε
Мінсіз сәулелендіргіш	1,00
Адамның терісі	0,98
Су	0,95
Қара түске боялған металл	0,9
Қағаз, картон	0,8
Тотыққан мыс	0,7
Баспайтын болат	0,6
Мырышталған болат	0,5–0,3
Жылтыратылған тот баспайтын болат	0,1

A.12-кестесі

PRT номиналды кедергісі (IEC 60751)

Температура		Кедергі (Ом)		
°C	°F	Pt-100	Pt-500	Pt-1000
-20	-4	92,160	460 8	921 6
-10	14	96,086	480 4	960 9
0	32	100 00	500 0	1000,0
10	50	103 90	519 5	1039,0
20	68	107 79	539 0	1077,9
50	122	119 40	597 0	1194,0
100	212	138 51	692 5	1385,1

A.13-кестесі

Pt-100 (IEC 60751) датчиктерінің дәлме-дәл кластары)

Максималды ауытқу (°C)					
Температура (°C)	Класс				
	A	B	1/3 B	1/6 B	1/10 B ^a
0	±0,15	±0,3	±0,1	±0,05	±0,03
100	±0,35	±0,8	±0,6	±0,55	±0,53
200	±0,55	±1,3	±1,1	±1,05	±1,03
400	±0,95	±2,3	±2,1	±2,05	±2,03

^a 1/10 B класының, әдетте, қолданбалы процеске кепілдік берілмейді.

A.14-кестесі

Its-90 (CIPM) ретке келтіру нүктелері

Материал	Температура			Түрі
	K	°C	°F	
Сутегі (H)	13,8033	-259,3467	-434,8241	Үш нүкте
Неон (Ne)	24,5561	-248,5939	-415,4690	Үш нүкте
Оттегі (O)	54,3584	-218,7916	-361,8249	Үш нүкте
Аргон (Ar)	83,8058	-189,3442	-308,8196	Үш нүкте
Сынап (Hg)	234 3156	-38,8344	-37,9019	Үш нүкте
Су (H ₂ O)	273,16	0,01	32,02	Үш нүкте
Галлий (Ga)	302 9146	29,7646	85,5763	Балку темпера- турасы
Индий (In)	429 7485	156 5985	313 8773	Қату нүктесі
Қалайы (Sb)	505 078	231 928	449 470	Қату нүктесі
Мырыш (Zn)	692 677	419 527	787 149	Қату нүктесі
Алюминий (Al)	933 473	660 323	1220,581	Қату нүктесі
Күміс (Ag)	1234,93	961 78	1763,20	Қату нүктесі
Алтын (Au)	1337,33	1064,18	1947,52	Қату нүктесі
Мыс (Cu)	1357,77	1084,62	1984,32	Қату нүктесі

A.15-кестесі

Таңдалған материалдардың термиялық кеңеюі

Зат	Ұзарту (%/°C)	Көлемін кеңейту (%/°C)
Болат	0,0011	0,0034
Баспайтын болат	0,0017	0,0051
Мыс	0,0017	0,0050
Шыны	0,0007	0,0021
Пластик (PVC)	0,0052	0,0156

А.16-кестесі

Будың қасиеттері

Қысым (бар г)	Температура (°C)	Тығыздық (кг/м ³)	Тұтқырлық (сР)	Изэнтропия коэффициенті	Сығылғыштығы
1,0	120	1,14	0,013	1,31	0,98
2,0	134	1,66	0,013	1,31	0,97
3,0	145	2,17	0,014	1,31	0,96
4,0	152	2,67	0,014	1,31	0,96
5,0	159	3,17	0,014	1,30	0,95
6,0	165	3,67	0,015	1,30	0,94
7,0	171	4,17	0,015	1,30	0,94
8,00000	175	4,66	0,015	1,30	0,93
9,00000	180	5,15	0,015	1,30	0,93
10,0000	184	5,64	0,015	1,30	0,92
11,0000	188	6,13	0,015	1,30	0,92
12,0000	192	6,62	0,015	1,30	0,92
13,0000	195	7,11	0,016	1,30	0,91
14,0000	198	7,60	0,016	1,29	0,91
15,0000	201	8,09	0,016	1,29	0,90
16,0000	204	8,58	0,016	1,29	0,90

А.17-кестесі

Ағын және жылдамдық

Өлшеу	Шығын					
Неміс стандарттар институты	АҚШ Ұлттық стандарттау институты	l/min	м ³ /сағ	l/s	Ұлыбрита ния галлоны / сағ	АҚШ галлондар / сағ
10	3/8"	4,71	0,28	0,078	62,2	74,7
15	1/2"	10,6	0,64	0,177	139,9	168 0
25	1"	29,4	1,77	0,491	388 0	466 0
40	1 1/2"	75,4	4,52	1,257	995 1	1195
50	2"	118	7,07	1,964	1557	1870
80	3"	302	18,1	5,026	3986	4787
100	4"	471	28,3	7,854	6216	7466

А.10-кестесі

Электр кабельдері / Кабельдің типтік кедергісі (Cu)

Ауданы (мм ²)	AWG ^a Approx.	Қарсылық (мΩ/м)	Шамамен. Ең жоғары жүктеме (А) ^b
0,5	20	35	1,5–3
0,75		22	3–6
1	17	17	5–10
1,5		11	8–16
2,5	13	7	
4		4	

^a Американдық сым датчик.

^b Жергілікті ережелерді сақтаңыз.

А.19-кестесі

Электр кабельдері / Кабельдердің түстік кодтары

Түсі	Коды
Көк	BU
Қоңыр	BN
Жасыл	GN
Сары	YE
Қызыл	RD
Қара	BK

А.20-кестесі

Ауаның итеретін күшінің әсері

Материал	Тығыздық (кг/м ³)	Түзету
Алтын	19300	−0,1%
Болат	8000	±0,0%
Су	1000	+0,1%
Ағаш	500	+0,2%
Пенопласт	30	+4,2%

А.21-кестесі

Құбыр өлшемдері-сыртқы диаметрі

Сыртқы диаметрі

Номиналды өлшемі	Халықаралаық стандарттау ұйымы	Неміс стандарттар институты	АОИМ	ЕН
1/2" (DN15)	21,3	20,0	21,3	21,3
3/4" (DN20)	26,9	25,0	26,7	26,9
1" (DN25)	33,7	30,0	33,4	33,7
1 1/2" (DN40)	48,3	44,5	48,3	48,3
2" (DN50)	60,3	57,0	60,3	60,3
2" (DN50)	88,9	88,9	88,9	88,9
4" (DN100)	114,3	108,0	114,3	114,3
6" (DN150)	168,3	159,0	168,3	168,3
8" (DN200)	219,1	216,0	219,1	219,1
10" (DN250)	273,0	267,0	273,0	273,0
12" (DN300)	323,9	318,0	323,9	323,9

А.22-кестесі

Құбыр өлшемдері-ішкі диаметрі EN^a

Класс

Номиналды өлшемі	1	2	3	4	5	6
1/2" (DN15)		17,3	16,1	14,9	13,3	21,3
3/4" (DN20)		22,3	21,7	20,5	18,9	17,9
1" (DN25)		28,5	27,3	25,7	24,7	22,5
1 1/2" (DN40)		43,1	41,1	40,3	38,3	35,7
2" (DN50)		54,5	53	52,3	49,1	46,1
2" (DN50)		82,5	80,9	77,7	72,9	71,3
4" (DN100)		107,1	105,3	101,7	96,7	92,3
6" (DN150)	160,3	159,3	157,1	154,1	146,3	139,9
8" (DN200)	210,1	206,5	204,9	203,1	194,1	187,1
10" (DN250)	263	260,4	255,4	253	248	241
12" (DN300)	312,7	309,7	306,3	303,9	298,9	288,9

^a DIN EN 10253–2.

А.23-кестесі

Құбыр өлшемдері-ISO^a ішкі диаметрі

Номиналды өлшемі	Класс				
	1	2	3	4	5
1/2" (DN15)	18,1		17,3	14,9	13,3
3/4" (DN20)	23,7		22,3	20,5	18,9
1" (DN25)	29,7		28,5	27,3	25,7
1 1/2" (DN40)	44,3		43,1	40,3	38,3
2" (DN50)	56,3		54,5	51,5	49,1
2" (DN50)	84,3		82,5	77,7	72,9
4" (DN100)	109,1		107,1	101,7	96,7
6" (DN150)	163,1	160,3	159,3	154,1	146,3
8" (DN200)	213,3	210,1	206,5	203,1	194,1
10" (DN250)	267,2	263	260,4	255,4	244,6
12" (DN300)	318,1	312,7	309,7	303,9	291,9

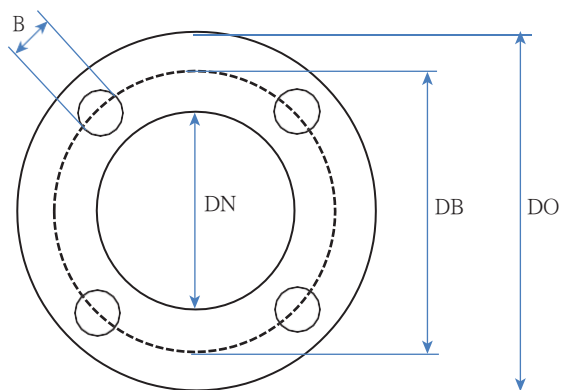
^a ISO 1127.

А. 24-кестесі

Құбыр өлшемдері-ASME а ішкі диаметрі

Номиналды өлшемі	Класс					
	20	40 / STD	80 / XS	120	160	/ XXS
1/2" (DN15)		15,8	13,9		11,8	6,4
3/4" (DN20)		20,9	18,8		15,5	11,0
1" (DN25)		26,6	24,3		20,7	15,2
1 1/2" (DN40)		40,9	38,1		34,0	27,9
2" (DN50)		52,5	49,3		42,9	38,1
2" (DN50)		77,9	73,7		66,7	58,5
4" (DN100)		102,3	97,1	92,1	87,5	80,1
6" (DN150)		154,1	146,3	139,7	131,7	124,3
8" (DN200)	206,3	202,7	193,7	182,7	173,1	174,7
10" (DN250)	260,2	254,4	242,8	230,2	215,8	222,3
12" (DN300)	311,1	303,3	288,9	273,1	257,3	

^a ASME B 36.10– 19.



А.1-диаграммасы

Фланецтің номиналды өлшемдері (А.25–28 кестелері).

А.25-кестесі

Фланецтің өлшемі-DIN, PN6, PN10 және 16^a

Неміс стандарт тар институ ты	PN6			PN10			PN16			
	DN	DO	DB	BOLTS	DO	DB	BOLTS	DO	DB	BOLTS
	10	75	50	4 × 11	90	60	4 × 14	90	60	4 × 14
	15	80	55	4 × 11	95	65	4 × 14	95	65	4 × 14
	20	90	65	4 × 11	105	75	4 × 14	105	75	4 × 14
	25	100	75	4 × 11	115	85	4 × 14	115	85	4 × 14
	40	130	100	4 × 14	150	110	4 × 18	150	110	4 × 18
	50	140	110	4 × 14	165	125	4 × 18	165	125	4 × 18
	80	190	150	4 × 18	200	160	4 × 18	200	160	8 × 18
	100	210	170	4 × 18	220	180	8 × 18	220	180	8 × 18
	150	265	225	8 × 18	285	240	8 × 22	285	240	8 × 22
	200	320	280	8 × 18	340	295	8 × 22	340	295	12 × 22
	250	375	335	12 × 18	395	350	12 × 22	405	355	12 × 26
	300	440	395	12	445	400	12 × 22	460	410	12 × 26

^a номиналды өлшемдері дюйм, басқа өлшемдері мм, бұрандалардың саны мен мөлшерін қоса алғанда мм-мен (өлшемі, DO, DB-A.1-суретін қараңыз) а) бармен номиналды қысым.

А.26-кестесі

Фланец өлшемі- DIN, PN25 және PN40^a

Неміс стандарттар институты	PN25			PN40			
	DN	DO	DB	BOLTS	DO	DB	BOLTS
	10	90	60	4 × 14	90	60	4 × 14
	15	95	65	4 × 14	95	65	4 × 14
	20	105	75	4 × 14	105	75	4 × 14
	25	115	85	4 × 14	115	85	4 × 14
	40	150	110	4 × 18	150	110	4 × 18
	50	165	125	4 × 18	165	125	4 × 18
	80	200	160	4 × 18	200	160	8 × 18
	100	235	190	8 × 22	235	190	8 × 22
	150	300	250	8 × 26	300	250	8 × 26
	200	360	310	12 × 26	375	320	12 × 30
	250	425	370	12 × 30	450	385	12 × 33
	300	485	430	16 × 30	515	450	16 × 33

^a Бұрандалардың саны мен мөлшерін қоса алғанда, мм-мен номиналды өлшемдері (өлшемі, DO, DB -А.1-суретті қараңыз 1) а) бармен номиналды қысым.

А.27-кестесі

Фланец өлшемі-- ANSI^a

АҚШ Ұлттық стандарттау институты	150 фунт			300 фунт			600 фунт		
	АЭС	DO	DB	BOLTS	DO	DB	BOLTS	DO	DB
1/2"	89	60	4 × 16	95	67	4 × 16	95	67	4 × 16
3/4"	99	70	4 × 16	117	83	4 × 20	117	82	4 × 19
1"	108	80	4 × 16	124	89	4 × 20	124	89	4 × 19
1 ½"	127	98	4 × 16	156	114	4 × 23	156	114	4 × 22
2"	152	121	4 × 20	165	127	8 × 20	165	127	8 × 19
3"	190	152	4 × 20	210	168	8 × 23	210	168	8 × 23
4"	229	190	8 × 20	254	200	8 × 23	273	216	8 × 26
6"	279	241	8 × 23	318	270	12 × 23	355	292	12 × 29
8"	343	298	8 × 23	381	330	12 × 23	419	349	12 × 32
10"	406	362	12 × 26	445	387	16 × 32	508	432	16 × 35
12"	482	431	12 × 26	520	450	16 × 35	558	489	20 × 35

^a ANSI/ASME B16.5.

Ескертпе: мм-мен бұрандалардың саны мен мөлшерін қоса алғанда, номиналды өлшемдері дюйм, мм-мен басқа да өлшемдері (өлшемі, DO,DB-) А.1-суретті қараңыз) а) бармен номиналды қысым.

A.28-кестесі

Фланец өлшемі— JIS^a

JIS				10 кгс / см ²			16 кгс / см ²			40 кгс / см ²		
10	90	65	4 × 15	90	65	4 × 15	110	75	4 × 19			
15	95	70	4 × 15	95	70	4 × 15	115	80	4 × 19			
20	100	75	4 × 15	100	75	4 × 15	120	85	4 × 19			
25	125	90	4 × 19	125	90	4 × 19	130	95	4 × 19			
40	140	105	4 × 19	140	105	4 × 19	160	120	4 × 23			
50	155	120	4 × 19	155	120	8 × 19	165	130	8 × 19			
80	185	150	8 × 19	200	160	8 × 23	210	170	8 × 23			
100	210	175	8 × 19	225	185	8 × 23	250	205	8 × 25			
150	280	240	8 × 23	305	260	12 × 25	355	295	12 × 33			
200	330	290	12 × 23	350	305	12 × 25	405	345	12 × 33			
250	400	355	12 × 25	430	380	12 × 27	475	410	12 × 33			
300	445	400	16 × 25	480	430	16 × 27	540	470	16 × 39			

^a B2220 жапон өнеркәсіптік стандарты.

Ескертпе: мм-мен бұрандалардың саны мен мөлшерін қоса алғанда, номиналды өлшемдері (өлшемі, DO, DB-A. I-суретін қараңыз) а) кгс/см²-дағы номиналды қысымы.

A.29-кестесі

Болат типті эквиваленттер

	EN10027	AISI/ ASTM ^a	UNS
Баспайтын болат	1,4301	304	S30400
Баспайтын болат	1,4401	316	S31600
Баспайтын болат	1,4404	316 L	S31603
Баспайтын болат	1,4571	316 Ti	S32100
Inconel [®]	2,4816		N06600
Hastelloy [®]	2,4819		N10276
Болат	1,0460	SA105/C22.8	
Болат	1.5415 / 16Mo3	A204 Gr.A	

^a Ұқсас немесе барабар қасиеттері.

А.30-кестесі

Коррозия / таңдалған материалдардың химиялық беріктігі

Сұйықтық орта	Көміртегі Мыс St	Болат 304	St Болат 316	Hastelloy C [®]	Титан Viton [®]	Резеңке	Фторопласт (R)
20% сірке қышқылы	CH ₃ COOH	D	D	B	B	A	A
80% сірке қышқылы	CH ₃ COOH						
Сірке қышқылының булары		–	B	D	D	A	A
Ацетон, 50% су	CH ₃ COCH ₃	–	–	B	B	A	A
Ацетилен	CH ₂	A	D	A	A	–	–
Алюминий хлориді	AlCl ₃	A	B	B	B	A	B
20% алюминий хлориді	AlCl ₃		–	D	C	A	B
Алюминий фториді	AlF ₃	D	D	D	D	B	A
Алюминий гидроксиді	AlOH ₃	–	D	A	C	B	B
Алюминий нитраты	AlNO ₃	D	–	A	A	–	A
Алюминий сульфаты	Al ₂ SO ₄	D	A	B	B	B	A
Аммиак 10%	NH ₃	–	D	A	A	A	C
Аммоний хлориді	NH ₄ F	D	D	C	B	D	B
Аммоний гидроксиді	NH ₄ OH	D	D	A	A	B	B
Аммоний сульфаты	(NH ₄) ₂ SO ₄	D	D	B	B	B	A
Аммоний сульфиті	(NH ₄) ₂ S	D	D	B	B	–	–
Антифриз («гликоль»)		–	–	B	A	A	–
Күшән қышқылы	H ₃ AsO ₄	D	A	A	A	B	B
Асфальт		B	A	B	A	–	–
Барий карбонаты	BaCO ₃	–	A	B	B	B	A
Барий хлориді	BaCl ₂	C	B	A	A	B	A

(Жалғасы)

А. 30-кестесі (жалғасы)

Коррозия / таңдалған материалдардың химиялық беріктігі

Сұйықтық орта	Көміртегі	Мыс St	Болат 304	St Болат 316	Hastelloy C [®]	Титан Viton [®]	Резеңке	Фторопласт (R)		
Барий гидроксиді			BaOH ₂	A	–	B	B	B	A	A
Барий нитраты			Ba(NO ₃) ₂	C	B	B	B	–	A	A
Барий сульфаты			BaSO ₄	A	B	B	B	A	A	A
Барий сульфиді			BaS	D	D	B	B	–	A	A
Сыра				C	B	A	A	B	A	A
Бензол			C ₆ H ₆	A	B	B	B	A	D	A
Хлорлы әк				D	–	A	A	A	D	A
Бор қышқылы			H ₃ BO ₃	D	B	B	A	A	A	A
Бром			Br	D	–	D	D	A	D	A
Бутан			C ₄ H ₁₀	A	C	A	A	A	D	A
Бутанол (Бутил спирті)			C ₄ H ₉ OH	B	–	A	A	B	B	A
Сары май				–	–	C	A	–	–	D
Бутилен				A	D	A	A	–	–	D
Кальций бисульфаты			Ca(HSO ₄) ₂	D	–	B	A	–	–	A
Кальций карбонаты			CaCO ₃	B	–	A	B	B	B	A
Кальций хлориді (суда 30%)			CaCl ₂	–	B	C	B	A	A	A
Кальций хлориді (қаныққан)			CaCl ₂	–	B	B	B	A	A	A
Кальций гидроксиді			CaOH ₂	B	B	B	B	A	A	A
10% Кальций гидроксиді			CaOH ₂	–	B	B	B	A	A	A
Кальций нитраты			Ca(NO ₃) ₂	B	–	C	B	–	B	A
Кальций оксиді			CaO	–	–	A	A	A	A	B

(Жалғасы)

А. 30-кестесі (жалғасы)

Коррозия / таңдалған материалдардың химиялық беріктігі

Сұйықтық орта	Көміртегі	Мыс St	Болат 304	St Болат 316	Hastelloy C [®]	Титан Viton [®]	Резеңке	Фторопласт (R)		
Көмір қышқыл газы (құрғақ)		CO ₂	A	–	A	A	A	B	B	A
Көмірқышқыл газы (ылғалды)		CO ₂	C	–	A	A	A	B	B	A
Көміртегі монооксиді		CO	A	–	A	A	B	–	D	A
Көмір қышқыл минералды су			–	B	A	A	–	–	–	A
Көмірқышқыл		H ₂ CO ₃	D	–	A	A	A	B	C	A
Хлор қышқылы		HClO ₃	D	D	D	C	A	–	C	–
Хлорлы су		Cl ₂ + H ₂ O	D	D	C	C	A	A	C	B
Хром қышқылы 10%		H ₂ CrO ₅	D	D	B	B	A	B	D	B
Хром қышқылы 30%		H ₂ CrO ₅	D	D	B	B	D	A	D	A
Лимон қышқылы		C ₆ H ₈ O ₇	D	D	B	A	A	A	A	A
Кофе			–	–	A	A	A	A	A	A
Мыс хлориді		CuCl ₂	–	–	D	D	–	D	C	A
Дизель отыны			A	A	A	A	B	B	D	A
Этан		C ₂ H ₆	–	A	A	A	–	–	D	A
Этанол		C ₂ H ₆ O	B	A	A	A	A	A	B	A
Этиленгликоль		C ₂ H ₆ O ₂	B	A	B	B	B	A	A	A
Май қышқылдары			C	D	B	A	A	B	C	A
Темір хлориді		FeCl ₂	D	D	D	D	B	A	A	A
Фтор		F	D	C	C	A	B	D	C	C
100 % Формальдегид		CH ₂ O	D	A	C	A	A	A	C	D
40 % Формальдегид		CH ₂ O	D	B	A	A	B	B	B	A

(Жалғасы)

А. 30-кестесі (жалғасы)

Коррозия / таңдалған материалдардың химиялық беріктігі

Сұйықтық орта	Көміртегі	Мыс	St	Болат 304	St	Болат 316	Hastelloy C [®]	Титан	Резеңке Viton [®]	Фторопласт (R)		
Жеміс шырындарына арналған отын майы					—	A A	A A	A A	A A	D D	A A	A B
					A							
Жанармай (жоғары хош иісті)					B	B	A	A	A B	D	A	B
Этиленденген жанармай, Реф.					B	B	A	A	A A	D	A	A
Этиленденген жанармай					B	B	A	A	A A	D	A	A
Желатин					D	A	A	A	A A	A	A	A
Глицерин					A	A	A	A	A A	A	A	A
Май					—	A	A	A	A —	D	A	A
Гептан			C ₆ H ₁₂	A	A	A	A	A	A A	D	A	A
Гексан			C ₆ H ₁₄	A	A	A	A	A	A A	D	A	A
Гидравликалық май (мұнай)				A	A	A	A	A —	D	A	A	A
Гидравликалық май (Синтетикалық)				A	A		A	A —	D	A	A	A
Гидразин			(NH ₂) ₂	D	A	A	A	— —	C	B	A	A
Бромды сутегі қышқылы 20%			HCl	D	D	D	D	A A	A	A	A	A
Тұз қышқылы 20%			HF	D	D	D	D	A D	B	A	B	B
20% кремний қышқылы			HFl	D	B	D	D	B D	C	A	A	A
Газ тәрізді сутегі			H ₂	A	A	A	A	A A	B	A	A	A
Сутегі асқын тотығы 10%			H ₂ O ₂	D	D	B	B	A A	B	A	A	A
Сия				—	A	C	C	— —	D	A	A	A
Реактивті отын				A	A	A	A	A A	D	A	A	A
Керосин				A	B	A	A	B A	D	A	A	A

(Жалғасы)

А. 30-кестесі (жалғасы)

Коррозия / таңдалған материалдардың химиялық беріктігі

Сұйықтық орта	Көміртегі	Мыс	St Болат 304	St Болат 316	Hastelloy C®	Титан Viton®	Резеңке	Фторопласт (R)			
Лак еріткіштері			A	A	A	A	C	D	D	A	
Кальций гидроксиді		CaOH ₂	D	–	B	B	A	A	B	B	A
Лак еріткіштері		KOH	D	B	B	A	B	D	B	B	A
Натрий гидроксиді		NaOH	D	B	B	B	C	B	A	B	A
Меламин			–	–		D	–	–	–	A	A
Сынап		Hg	C	D	A	A	A	A	A	A	A
Метан		CH ₄	D	–	A	A	A	–	D	A	A
Метанол (Метил спирті)		CH ₃ OH	A	B	A	A	A	X	B	C	B
Сүт			D	D	A	A	A	A	A	A	A
Патока			B	A	A	A	A	A	A	A	A
Мотор майы			A	–	A	A	–	A	–	–	A
Мұнай			B	A	A	A	B	B	D	A	B
Табиғи газ			A	–	A	A	B	–	–	A	A
Азот қышқылы (5-тен 10-ға дейін%)		HNO ₃	D	D	A	A	A	A	D	B	B
Азот қышқылы (Концентрацияланған)		HNO ₃	D	D	A	A	B	A	D	B	B
Шикі мұнай			–	B	D	A	A	A	D	A	A
Дизель отыны			A	–	A	A	B	B	D	A	A
Жанармай			A	A	A	A	A	B	D	B	A
Минералды май			B	B	A	A	A	A	D	A	A
Зәйтүн майы			–	–	A	A	A	A	D	A	A
Пальма майы			–	A	A	A	–	A	–	A	A

(Жалғасы)

А. 30-кестесі (жалғасы)

Коррозия / таңдалған материалдардың химиялық беріктігі

Сұйықтық орта	Көміртегі	Мыс	St 304	St 316	Hastelloy C®	Титан Viton®	Резеңке	Фторопласт (R)	
Қарағай майы			–	–	A	A	–	A	A
Силикон майы			A	A	A	A	–	D	A
Трансформатор майы			–	A	A	B	–	D	A
Оттегі		O ₂			A	A	X		
Озон		O ₃	C	A	B	A	–	D	A
Парафин			A	B	A	A	B	B	A
Пентан		C ₅ H ₁₂	C	–	A	A	–	D	A
Хлор қышқылы		HClO ₄	D	D	C	C	B	–	A
Мұнай			C	B	A	A	A	D	A
Фосфор қышқылы (<40%)		H ₃ PO ₄	D	D		C	A	C	B
Фосфор қышқылы (>40%)		H ₃ PO ₄	D	D	B	D	A	C	B
Калий хлораты		KClO ₃	D	B	B	B	B	–	A
Хлорлы калий		KCl	D	B	B	A	A	A	A
Лак еріткіштері		KOH	C	B	B		B	D	B
Пропан (сұйытылған)		C ₃ H ₈	B	A	A	A	A	–	D
Пропиленгликоль		C ₃ H ₈ O ₂	B	A	B	B	B	A	A
Тұз тұздығы (қаныққан)		NaCl	D	B	B	A	A	A	B
Теңіз суы			D	B	C	C	A	A	A
Силикон			A	A	A	A	–	–	C
Сабын ерітіндісі			A	A	A	A	A	B	A
Натрий карбонаты		Na ₂ CO ₃	B	A	A	A	A	A	A

(Жалғасы)

А. 30-кестесі (жалғасы)

Коррозия / таңдалған материалдардың химиялық беріктігі

Сұйықтық орта	Көміртегі	Мыс	St	Болат 304	St	Болат 316	Hastelloy C®	Титан Viton®	Резеңке	Фторопласт (R)		
Натрий гидроксиді (20%)			NaOH	D	A	B	B	B	A	A	C	B
Натрий гидроксиді (80%)			NaOH	D	D	C	B	C	D	A	D	B
Натрий гипохлориті			NaOCl	D	–	D	D	B	C	C	A	A
Қант (Сұйықтық)				A	A	B	A	A	–	A	A	B
Күкірт хлориді			SCl ₂	D	B	D	D	A	D	D	A	A
Күкірт диоксиді			SO ₂	D	B	D	A	C	A	C	A	A
Күкірт қышқылы (<10%)			H ₂ SO ₄	D	–	D	B	B	D	A	A	B
Күкірт қышқылы (75-100%)			H ₂ SO ₄	D	D	D	D	B	D	D	A	A
Трихлорэтилен			C ₂ HCl ₃	B	A	B	B	A	A	D	A	A
Скипидар				B	B	A	A	B	B	D	A	A
Несепнәр			(NH ₂) ₂ CO	B	–	B	B	B	A	D	A	B
Несеп қышқылы				–	A	B	B	B	A	D	–	B
Көкөніс шырыны				B	A	A	A	–	–	–	A	A
Сірке суы				C	B	A	A	A	–	B	A	A
Винилхлорид			C ₂ H ₃ Cl	A	B	B	A	A	A	C	A	A
Деиондалған су			H ₂ O	A	B	A	A	A	A	A	A	A
Дистилденген су			H ₂ O	D	B	A	A	A	A	A	A	A
Тұщы су			H ₂ O	D	B	A	A	A	A	A	A	A
Су, тұзды			H ₂ O	D	B	B	B	A	A	A	A	A

Ескертпе: A = жақсы, B-C = одан әрі зерттеу қажет, D = Сіздің материал жеткізушісімен қарсылық туралы ақпаратты әрдайым растау ұсынылмайды!

Индекс

А

тегістеу, 20, 21, 22
абсолютті ретке келтіру, 57
абсолютті қысым, 52 дәлдігі; *қараңыз*
Сондай-ақ қателер
ретке келтіру, 115
химиялық өлшеу, 73-74
үздіксіз араластыру, 5-6
криогенді ағын, 23
толтыру, 7-8
гальваникалық бөлу, 87
термиялық өңдеу, 9
деңгейлер, 65
манометрлер, 53
платина кедергі термометрлері, 61
өлшеу құралы, 57
турбиналық шығын өлшегіштер, 39
Аналогты-сандық (аналогты-сандық)
түрлендіргіштер, артықшылығы 80,
Нақты бөлімді қараңыз
ауа жүзгіштігі, 69-70
ауа баптағыш/ салқындату, 15-16
спирт құрамы, 76
айнымалы ток жүйелері, амплитуда 35,
17
аналогтық сигналдар, 79-81
талдау, Техникалық қауіпсіздік , 108-
109 окшаулауға қарсы құрылғы, 7
пайдалану үлгісі
ауа баптау/ салқындату, 15-16 сатып
алу және сату, 11-13 үздіксіз
араластыру, 4-6
криогенді ағын, 22-23
күзетпен ұстауды беру, 11-13
айырмашылықты өлшеу, 13-15
толтыру, 6-8
термиялық өңдеу, 8-9
түгендеу 9-11
ағуды анықтау, 13-15 араластыру және
мөлшерлеу,
2-4 торлы өлшеу, 13-15
толып кетуден қорғау, 18-19
шолу, 1

целлюлоза мен қағаз ағыны, 20 сору
16-18

ағындысулар ағыны, 24
гидрокоспаның ағыны, 21-22
спринклерлік жүйелер, 19-20
бу шығыны, 26-27
жылу қуаты, 24-26
ауданның өлшем бірлігі, 131
қаншалықты төмен болса, соншалықты
ақылға қонымды/ қолжетімді/
тәжірибелі (ALARA / ALARP), 109
ATEX system, 106
«at» (@) symbol, 76

В

шар крандары, 93
кедергі сақтандырғыш, 106
‘батарея әсері,’ 88
ұзындық өлшегіштер, 37
Бернулли тендеуі, 30-31, 40
ағу денесі, 43
boot-strap жүйесі, 102
Бурдон құбырлары, 53
Кең сезімталдық, 73 барботер қысым
датчигі, 68
бюджет, белгісіздік, 123-124, 126
буфердің көлемі, 7, 90
дроссель, 93 сатып алу және сату, 11-
13

С

Ретке келтіру; сондай-ақ абсолюттік
құқықтық талаптарды *қараңыз*, 57
дәлдік, 115
негіздері, 111-113
ұғымдар, 114-116
сәйкестікті бағалау, 116
электр сигналдары, 90
қателер, 114-115
дәлдік, 111
ағын, 45-49
өзара салыстыру, 115-116

оқшаулағыштар, 87
деңгей өлшегіштері, 71
қысым, 57-58

қайталануы, 115
есептер, 113
тәуекел, 116
датчиктер, 64
сигналдық ілмектер, 116-117
спринклерлік жүйелер, 20
стандарттар, 111
температура, 63-64
бақылау, 63, 113-114
белгісіздік, 115, 119
сыйымдылықтарды өлшеуге арналған
аспаптар, 68
сыйымдылық датчиктері, 54
кавитация, 40, 97
Цельсий шкаласы, 63
ортадан тепкіш сорғылар, 17, 94, 95
сертификаттау, 24-25
мұржалар, 43
ток өлшегіш кенелер, 20
Суық дәнекерлеу өтемі, 61 Колебрук-
Уайт теңдеулері, 52
түсі, 4, 56, 88
компаратор типті таразы, 68-69
салыстыру, белгісіздік, концентрация
120-121, ағындағы химикаттар,
өткізгіштігі 76
ағынды химикаттар, 73, 74-75
датчиктер, 68
температураны өлшеу, 63
сәйкестікті бағалау, 116
конустық құбырлар, 40
қосылыстар, бұрандалы, 96 ой,
қашықтан есептеуіштер *нақты*
тақырыбын қараңыз
үздіксіз араластыру, 4-6
контроллерлер, электр сигналдары,
кориолис шығын өлшегіштері 84-85
коррозия, 103
криогенді ағын, 23
жалпы шығын өлшегіштер, 37-38
пульп, 21
корреляциялық әдістер, 21, 37
коррозия, 103-104
депозитті есептегіштер, 11-13, 46

D

Дарси-Вейсбах теңдеулері, 52 деректер
шиналарының жүйесі, 77
'dead' T-connections, 23

өз салмағының тестері, 57 ондық белгі,
тығыздығы 119-120
ағыны, 29-31
қолданыстағы химикаттар, 76
түгендеу, 10
Жылулықтың ұлғаюы, 89
кескін, 90-91, 106-107
Құрылғының сипаттамасы, 82
тестілеу құрылғысы (DUT), 47, 112,
113
айырмашылықты өлшеу, 13-15
дифференциалдық қысымның шығын
өлшегіштері, 27,40–42
қысын өзгерісінің датчиктері, 53, 55-
57
механикалық басқарушыларға *қарсы*
сандық дисплей, 122 тұрақты ток
жүйесі (DC), 35
орталықтандырылған жылыту/
салқындату, 24 жабу клапандарын
басқару, 47 'дайвинг' датчигі, 67
Доплерлік шығын өлшегіш, 29
ағындысулар ағыны, 24
гидроқоспаның ағыны, 21
ультрадыбыстық айдау өлшегіштері,
блоктың 37 қос клапандары және ағу,
93 екі полюсті, 84
қос лактыру, 84
жіберу, 7
ағындар, 43
динамикалық тұтқырлық, 31, 75
E

жаңғырықты анықтау, 66-67
электр байланысы, 60-61
электр кедергілері, 100-102
электр қауіпсіздігі, 105-107
электр кедергісі, 74-75
электр қауіпсіздігі, 99-100 электр
сигналдары
аналогтық сигналдар, 79-81
негіздері, 77-78
есептеулер, 86-90
ретке келтіру, 90
контроллерлер, 84-85
сызбалар, 90-91

Ех-тосқауылдар, 87-88
гальваникалық бөлу, 87
Hart хаттамасы, 77-78, 81-82
Сұйықтық пен газ жылу қуаты, 88-89
желілендіру, 87
импульстік-жиіліктік сигналдар, 82-84
импульстік-аналогтық түрлендіру, 87
сигнал беру, 78-84
стандартты көлемі, 89
жүйелер сызбалары, 90-91 кестелер
мен стандарттар, 90 жылулық кеңейту,
89-90
Электрмагниттік үйлесімділік (ЭМУ),
100-102
электростатикалық разряд, 107
жылу беру, 61-62
энергетикалық бірліктер, 131
экологиялық апаттар, 14
электр қауіпсіздігі, 105-107 қателер;
Сондай-ақ дәлдікті қараңыз
ретке келтіру, 114-115
контроллерлер, 85
ағын, 29
мейлінше азайту, 2
қайта құйып беру жүйесі, 14-15
целлюлоза және қағаз ағындары, 20
пульпа ағындары, 21
белгісіздік, 121-122
Ethernet, 77
ATEX Еуропалық жүйесі, 106, 111
жанама -кедергілер, 87-88, 106
жарылыс қауіпсіздігі, 104-107

F

Апаттық және салдар режимдерін
талдау (FMEA), 109
Апаттық ағашын талдау (FTA), 109
Fieldbus Foundation, 77
толтыру, 6-8
Өрт қауіпсіздігі, 104-105
жалғамалар, *қараңыз* Құбырлар мен
жалғамалар құбыр бес клапанды, 56
фланецтер, 96
қалтқы және қалтқы деңгей өлшегіш,
65-66, 70 шығын
негіздері, 29-31
ретке келтіру, 45-49
ретке келтіру және тексеру, 48
криогенді, 22-23

қысым өзгерісінің өлшегіштері, 40-42
индуктивті шығын өлшегіштер, 34-36
қондырғыға қойылатын талаптар, 44-
45 массалық шығын өлшегіштер, 37-39
оң ығысуы бар шығын өлшегіш, 39, 48
целлюлоза және қағаз, 20 іріктеу
картасы, 32-33
кәріз, 24
суспензия, 21-22
жұп, 26-27
жылу шығын өлшегіштер, 43-44
трассера, 48-49
турбиналық шығын өлшегіштер, 39-40
ультрадыбыстық шығын өлшегіштер,
36-37 ауданы ауыспалы шығын
өлшегіштер, 42 тексеру, 45-49
стандартты көлемі, 47 құйынды
шығын өлшегіш, 43
шығысты өлшеу, 55-56 жылдамдықтар
мен метр, 4 күш, таразы, 68-69 күш
бірлігі, 13
жиілігі, 17, 87; *Сондай-аққараңыз*
импульстік / жиілік сигналдары
жиіліктік-модульденген үздіксіз
толқын (FCMW), 67
Техникалық қауіпсіздік , 107-109

G

гальваникалық бөлу, 87
газ, таратқышты орнату, 55 манометр,
қысым, 52-53 басқарылатын радарлық
деңгей өлшегіштер, 70

H

HART (Шиналық адресациясы бар
қашықтағы датчикпен өзара іс-қимыл
хаттамасы)
хаттама, 77-78, 81-82
қауіптілік пен жұмысқа қабілеттілікті
зерттеу (HAZOP), 108-109
қауіпті аймақтар, 104-107
арын (сорғылар), 95
сұйықтық пен газ жылу қуаты, 88-89
жылу сәулесі, 61
термиялық өңдеу, 8-9

Гидродинамика, 30
ареометрлер, 76
гидрофор, 18

I

«i/i-converters» 81

импеллерлік типті есептеуіштер, 25
имперлік бірліктер, 127
импульстік желі, 54 индуктивті шығын
өлшегіш
шығын, өлшеу қағидаттары, 34-36
ағындысулар, 24
гидроқоспаның ағыны, 21
спринклерлік жүйелер, 19
инфрақызыл термометрлер,
кірістірілген талдау 61-62
инфрақызыл термометрлер,
кірістірілген талдау 61-62
өткізгіштік, 74-75
тығыздық, 76
рН, 74
лайлылық, 75
тұтқырлық, 75
кіріктірілген химиялық өлшеу және
талдау, 73-76
орнату, 44-45, 55, 62-63
сактандыру компаниялары, 19
тұтастық деңгейі, қауіпсіздік, 108
өзара салыстыру, 115-116, 121
Халықаралық температуралық шкала
(ITS), 63 Процесті басқаруға кіріспе,
85 мүкәммал, 9-11
иондық белсенділік, 74
Корпустардың IP-рейтингі, 100
бекіту арматурасы, 56
оқшаулағыштар, 81, 87

К

кинематикалық тұтқырлық, 31, 75 К,
өлшемдік айнаымалы, 94

Л

лазерлік доплерлік есептеуіштер, 29
ағуды анықтау, 13-15
құқықтық талаптар; *сондай-ақ*,
салқындату / ауа баптау жүйесін ретке
келтіру қараңыз, 16
сертификатталған датчиктер, 13
криогенді ағын, 23
есептеуіштер, 46 қауіпті аймақ, 104-
107
метрология, 11
толып кетуден қорғау, 18, 19

ұзындығы бірліктері, 131 деңгей метрі
ауа жүзгіштігі, 69-70
негіздері, 65
ретке келтіру, 71
өткізгіштік датчиктері, 68
қалтқы, 66
өлшеу қағидаттары, 65-70
шолу, 70
қысым датчиктері, 67-68
РЛС, 67
ультрадыбыстық жаңғырық, 66-67
тексеру, 71
салмағы 68-70
шеттік ажыратқыштар, 84
линеаризация, 87
линеаризация, 87
сұйылтылған газдар, 22 шыныдағы
сұйықтықтық, 59
сұйықтықтықтар, таратқышты орнату,
ілген ретке келтірушісі 55, 90
«Ілмек берілісі» 79
диапазонның төменгі мәні (LRV), 82

М

магнитті қалтқылар, 70 магнетит, 25
манометрлер, 53 масса
ауа жүзгіштігі, 69
шығын өлшегіштер, 37-39
бірлік, 130
мастер метр, 47-48 материал
араластыру және мөлшерлеу, 4
қауіпсіздік қысымы, 103
күші, 103
кесте, 149-171
М-Bus (Meter Bus), 77 өлшеу
белгісіздігі
негіздері, 119, 121-122
бюджет, 123-124, 126
бюджет, 123-124, 126
сәйкестікті бағалау, 120
мысалы, 124-125
жақсарту, 126
саны, 119-120
технологиялық процесті басқару, 121
кездейсоқ немесе жүйелі, 122-124
өлшеуін көзілдірік, 127-128
өлшеу әдістері, 53-57, 59-62
өлшеу қағидаттары, 31-44, 65-70

механикалық шығын өлшегіштер, 39
цирлық дисплейге қарсы
механикалық сызғыш, 122 метрология,
11, 127-131
ХБ бөлімшелері, 74
араластыру және мөлшерлеу, 2-4
Modbus, 77
орнату, дифференциалдық қысымды
түрлендіргіштер, 56
көппараметрлік қысым датчиктері, 54
мю-металл (м-металл), 102

N

таза өлшеу, 13-15
Ньютондық сұйықтықтықтар, 75
шу, 20, 22, 97
ньютондық емес сұйықтықтықтары, 31
калыпты бөлу, 123

O

Ом Заңы, 79
қосу/өшіру контроллерлері, 85
қосу/өшіру клапандары, 93
ұйымдар, метрология, 133-137
шығын өлшегіш диафрагмалары, 23
диафрагмалар, 40, 41, 45
толып кетуден қорғау, 18-19
құю құрылғылары, құю жүйесі 47, 13-
14

P

РАСТware, 82
бір миллион / миллиард (ppm / ppb), 76
паст, Суспензия ағыны
проц, 76, 124
рН, 74
физикалық деректер кестесі, 149-
171PID controllers, 85
пьезорезисторлар, 54
құбыр орнату, 62-63
құбырлар мен жалғамалар, піспекді
сорғылар 95-97, 94
Пито түтікшелері, 41
Платина кедергі термометрі (PRT), 60-
61
тікелей ығыстырудың шығын
өлшегіштері, 39 энергоблок, 131
алдын ала орнатылған есептегіштер
және клапандар жетектері, 3, 6 қысым
негіздері, 51-52
ретке келтіру, 57-58

қысым өзгерісінің датчигі, 55-57
манометрлер, 53
орнату, 55
өлшеу әдістері, 53-57 қысымды өлшеу
бірлігі, 52 датчик, 53-57
тексеру, 57-58 қысым деңгей
өлшегіштер, 70 манометр, 102-104
қысым датчиктері, 67-68
Процестер мен аспаптар диаграммасы
(P & ID), 91
процесті басқару, белгісіздік, 121
жобалау процесі
ауа баптау/ салқындату, 15-16 сатып
алу және сату, 11-13 үздіксіз
араластыру, 4-6
криогенді ағын, 22-23
күзетпен ұстауды беру, 11-13
айырмашылықты өлшеу, 13-15
толтыру, 6-8
термиялық өңдеу, 8-9
түгендеу 9-11
ағуды анықтау, 13-15 араластыру және
мөлшерлеу, 2-4 торлы өлшеу, 13-15
толып кетуден қорғау, 18-19
шолу, 1
целлюлоза мен қағаз ағыны, 20 сору
16-18
ағындысулар ағыны, 24
гидроқоспаның ағыны, 21-22
спринклерлік жүйелер, 19-20
бу шығыны, 26-27
жылу қуаты, 24-26

Индекс

«өндіріс қауіпсіздігі», 121 PROFIBUS
system, 77
проверс 48
Датчиктер Pt-100, 25, 60-61,
целлюлоза-қағаз ағыны, 20 импульстік
жаңғырық, 67
импульстік / жиіліктік сигналдар, 82-
84 аналогтық түрлендіру импульстары,
87 сорғылар мен айдау, 16-18, 94-95
пикнометр, 76

Q

Сапаны қамтамасыз ету жүйесі, 103

R

РЛС деңгей өлшегіштер, 67, 70
кездейсоқ белгісіздік, 122-124

диапазонды растау, қысым датчиктері, 57 арақатынас реттегіші, 4 артықшылық, 109 сілтемелер, Толығырақ, *нақты бөлімді қараңыз* қайталануы, 115 есептер, ретке келтіру, 113 кедергі температурасының датчиктері (RTDs), 25 Рейнольдс саны, 29, 52 тәуекел және тәуекелді бағалау сәйкестікті бағалау, 116, 120 қауіпсіздік, 99, 105

S

қауіпсіздік талдау, 108-109 коррозия, 103-104 электр кедергілері, 100-102 электр қауіпсіздігі, 105-107 электр қауіпсіздігі, 99-100 электростатикалық разряд, 107 Өрт қауіпсіздігі, 104-105 Техникалық қауіпсіздік, 107-109 қауіпті аймақтар, 104-107 мәні, 1 қауіпсіздікті арттыру, 108-109 тұтастық деңгейі, 108 Корпустардың IP-рейтингі, 100 материалдың қасиеттері, 103 құю жүйесі, 14 шолу, 99 сақтандыру қысымы, 102-104 артықшылық, 109 тәуекелді бағалау, 105 қауіпсіздік тұтастығының деңгейі, 108 бу ағыны, 26 жылу қуаты, 24 қаныққан бу, 26 таңдау кестесі, 32-33; қараңыз. *Сондай-ақ, нақты тақырып, жартылай өткізгіш датчиктер, 54 сезімталдық коэффициенті, 121-122 датчиктер «дайвинг», 67 қағидаттар, 54 температура ретке келтіру, 63-64 сервистік клапандар, 41, 56 ағындысулар ағыны, 24 сыйымдылықтың нысаны, 9-10, 11*

тиекті арматура, 6-7, 93 сигналдық ілмектер, 116-117 бір полності, 84 бір лақтыру, 84 жеке клапандар, 56 SI units (System International d' Unités), 127, 128, 130 ретке келтіру, *нақты бөлімді қараңыз* гидрокоспаның ағыны, 21-22 дыбыстық толқындар, см. Ультрадыбыстық есептегіштер, SPDT аббревиатурасы, 84 «Арнайы салмағы / ауырлық күші, 76 спринклерлік жүйелер, 19-20 квадрат үлестірімдері, 122 стандарт электр қауіпсіздігі, 99-100 электр сигналдары, 77, 90 фланецтер, 77 деңгейді ретке келтіру / тексеру, 71 құбырлар мен жалғамалар, 95 таңбалар, Құбырлар мен бақылау-өлшеу құралдарының диаграммасы сызбалар, 91 бұрандалы қосылым, 96 көлемі, 89 нормативтік құжаттар EN10204, 103 IEC 61508, 108 IEC 61511, 108 ISA 5.1, 91 ISO 2186, 55 ISO 2975, 49 ISO 5167, 40-41 ISO 9001, 103 ISO 17025, 112 ISO 50001, 16 ISO Guide 98, 122 ISO Guide 99, 114, 122 статикалық электр, 107 статикалық араластырғыштар, 5 бу, таратқышты орнату, 55 бу беру, 26-27 залалсыздандырылатын автоклавтар, 9 тензодатчиктер, 54 қыздырылған бу, 26 таңбалар, Құбырлар мен бақылау-өлшеу құралдарының диаграммасы сұлбалары, 91 ағынның симметриялық кескіні, 29 синхрондалған жазба, 47 жүйелі белгісіздік, 122-124 жүйелік сызбалар, 90-91

Т

Сыйымдылыққалыбы, 9-10, 11, 18
тантал, температура 104
негіздері, 59
ретке келтіру, 63-64
өткізгіштік, 74
инфракызыл термометрлер, 61-62
орнату, 62-63 шыныдағы
сұйықтықтық, 59
өлшеу әдістері, 59-62
құбыр орнату, 62-63
Pt-100, 60-61
жылу өткізгіштігі, 63
жылулықтың ұлғаюы, 89
термोजұп датчигі, 61
тексеру, 63-64
өлшеу аспаптары, 57
жылу кеңеюі, 89-90 жылу шығын
өлшегіштер, 43-44 жылу қуаты, 24-26
термисторлар, 59
термोजұп датчигі, 61
бұрандалы қосылыстар, 96 ұшу
уақыты, 67 титан, 104
трассалаушылар және бақылау
ретке келтіру және тексеру, ретке
келтіру, 48-49, 63, 113-114
химиялық өлшеу, 73 салмағын өлшеу,
деңгей өлшегіштер, 68
транзиттік уақыт әдісі, 36 таратқыш,
қысым, 53-57
траверс метр, 37
лайылық, кіріктірілген химикаттар,
75 турбиналық шығын өлшегіштер, 39-
40 «екі сымды» ілмектер, 79

У

ультрадыбыстық жаңғырық, 66-67
ультрадыбыстық есептегіштер
криогенді ағын, 23
шығын, өлшеу қағидаттары, 36-37
деңгей өлшегіштер, 70
спринклерлік жүйелер, 19
бу шығыны, 27
жылу қуаты, 25 белгісіздік
негіздері, 119, 121-122
бюджет, 123-124, 126
ретке келтіру, 115
бюджет, 123-124, 126
сәйкестікті бағалау, 120

мысалы, 124-125
жақсарту, 126
саны, 119-120
технологиялық процесті басқару, 121
кездейсоқ немесе жүйелі, 122-124
өлшем бірлігі, 128-131
диапазонның жоғарғы мәні (URV), 82

К

клапандар, 93-94
ауданы ауыспалы шығын өлшегіш, 42
жылдамдық, 21, 29
Желдету жүйесі, 43
желдету клапандары, 27
Вентури түтігі, 40, 41, 45 тексеру
ағын, 45-49
деңгей өлшегіштері, 71
қысым өлшегіштері, 57-58
температура, 63-64

діріл
тығыздық, 76
массалық шығын өлшегіштер,
температура 37-38, 59
тұтқырлық, 29-31, 75 көлем
буфер, 90
ретке келтіру және тексеру, 47
стандартты шарттар, 89
жылулықтың ұлғаюы, 89
көлемдік шығын өлшегіш, 39
көлемдік сорғылар, 17, 18, 94-95
көлемдік бірліктер, 131
құйынды шығын өлшегіштер, 27, 43

Е

ескерту, *нақты бөлімді қараңыз*
су, 10, 40, 75
таразы, деңгей өлшегіштер, 68-70
салмақ сыйымдылықтары, 47-48
таразы
деңгей өлшегіштері, 68-70
шолу, 127-128
белгісіздік, 122
3 Зенер тосқауылы, 106