



**Коммерциялық емес  
акционерлік  
қоғам**

**АЛМАТЫ  
ЭНЕРГЕТИКА  
ЖӘНЕ  
БАЙЛАНЫС  
УНИВЕРСИТЕТІ**

**Жылуэнергетикалық  
Қондырғылар кафедрасы**

## **ЖЭС-НЫҢ КӨМЕКШІ ЖАБДЫҚТАРЫ**

**5В071700 – Жылу энергетикасы  
мамандығының студенттері үшін курстық  
жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар**

Алматы 2015

ҚҰРАСТЫРҒАНДАР: А.А. Кибарин, Г.М. Тютөбаева, Т.В.Ходанова, Д.Т. Муканова. ЖЭС-ның көмекші жабдықтары тәсілдемелік пәні бойынша 5B071700- Жылу энергетикасы мамандығының студенттері үшін курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар. - АЭЖБУ. Алматы, 2015. - 37 бет.

Әдістемелік нұсқаулықтарда: бастапқы берілгендер, курстық жұмысты орындауға арналған есептеу әдістері мен қолданылатын әдебиеттер тізімі болады.

Сурет 9, кестелер 7, әдеб. 10.

Пікір беруші: техника ғылымдарының кандидаты, доцент К.О. Гали

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2015 жылғы жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» 2015 ж.

## Аннотация

Курс "Вспомогательное оборудование ТЭС" знакомит студентов, будущих бакалавров теплоэнергетиков, с составом вспомогательного оборудования, конструкцией, принципом работы, местом в схеме станции и дает необходимые навыки расчета отдельных узлов и элементов.

Предметом курса - является вспомогательное оборудование тепловой схемы: подогреватели, деаэраторы, насосы, вентиляторы, дымососы, дымовые трубы и т.д.

Знание вспомогательного оборудования ТЭС является неотъемлемой частью образования бакалавра-теплоэнергетика.

Курсовая работа по данному курсу выполняется с целью закрепления и углубления теоретических знаний, полученных на лекциях, практических и лабораторных занятиях, а также приобретения практических навыков по расчету и проектированию технологического оборудования ТЭС. Выполнение курсовой работы позволит развить навыки использования справочных данных, стандартов, типовых инструкций и подготовить студентов к дипломному проектированию.

Методические указания к выполнению курсовой работы «Вспомогательное оборудование ТЭС» содержат основные положения по организации выполнения и оформления курсовой работы, методику и последовательность проведения теплового и гидравлического расчетов вспомогательного оборудования ТЭС (испарителя или деаэратора).

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки, содержащей задание на курсовую работу, оглавление, основную часть, краткое описание вспомогательного оборудования (испарителя или деаэратора по варианту), тепловой и гидравлический расчет, таблицы и заключение о результатах расчета, библиографии. К расчетно-пояснительной записке прилагается схема продольного разреза испарителя или деаэратора, выполненная на листах формата А4 или А3.

В результате выполнения курсовой работы студент будет уметь производить тепловые и гидравлические расчеты вспомогательного оборудования ТЭС, осуществлять выбор вспомогательного оборудования по схемам ТЭС и оценивать эффективность его работы.

## Мазмұны

1 Жалпы жағдайлар.....	4
1.1 «ЖЭС-ның көмекші жабдықтары» пәнінің мақсаты мен мәселелері».....	4
1.2 Курстық жұмыстың мәселелері.....	4
1.3 Курстық жұмыстың көлемі мен сипаты.....	5

1.4 Есептік-түсініктеме хатты рәсімдеудің міндеттері.....	5
1.5 Курстық жұмысты қорғаудың тәртібі.....	6
1.6 Курстық жұмысқа берілетін тапсырма.....	6
2 Буландыру қондырғыларды жылулық және сұйықағулық есептеудің әдістемелік нұсқауы.....	10
2.1 Буландыру қондырғыларды жылулық және сұйықағулық есептеу бойынша пәндік жұмысқа берілетін тапсырма.....	10
2.2 Буландырғыштардың тағайындалуы және құрылымы.....	10
2.3 Буландыру қондырғыларының сатыларындағы будың көрсеткішін және өндірулігін анықтау.....	13
2.4 Буландырғыштың сатыларындағы жылулық және сұйықағулық есептеудің әдісі.....	14
3 Деаэраторлық бағананы жылулық және сұйықағулық есептеу бойынша әдістемелік нұсқауы.....	21
3.1 Деаэраторлық бағананы жылулық және сұйықағулық есептеу бойынша пәндік жұмысқа тапсырма.....	21
3.2 Деаэратордың тағайындалуы және құрылымы.....	21
3.3 Судың газсыздану құбылысының қозғалысы.....	23
3.4 Деаэраторлық қондырғылардың жылулық және зат теңестігі.....	25
3.5 Деаэраторлық бағананы ағыншалық түрін есептеу және құрылмалау.....	27
Әдебиеттер тізімі.....	35

## **1 Жалпы жағдайлар**

### **1.1 «ЖЭС-ның көмекші жабдықтары» пәнінің мақсаты мен мәселелері»**

*Пәннің мақсаты* – жылуэнергетика бакалаврларының станция сұлбасындағы көмекші жабдықтар құрамымен, құрылымымен, жұмыс істеу

қағидасымен, орнымен танысу, сонымен қатар бөлек тораптарды және түзгілерді есептеудегі қажетті дағдыларды алу.

Дәрістерде, машықтанулық және зертханалық сабақтарда алынған, өзіндік жұмыста бекітілген материалды меңгергендігін тексеру үшін, студенттерге станцияның (буландырғыш пен деаэратор) жылулық сұлбасындағы бір түзгінін есептеуіне кіретін пәндік жұмыс ұсынылады.

ЖЭС-ның көмекші жабдықтарын білу жылуэнергетика бакалавр білімінің негізгі бөлімі болып табылады.

*Пәннің мәселесі* – жылулық және атомдық электр станциялардың технологиялық тізбектерінің, сонымен қатар реттелу, қадағалау және жұмыс қауіпсіздік дағдыларына ие болатын жылуалмасулық жабдықтардың (төменгі және жоғарғы қысымды қыздырғыштар, газсыздағыштар, буқыздырғыш-айырғыштар, буландырғыштар, желілік суды қыздырғыштар, буөзгерткіштердің), сору- үрлеу жабдықтардың (сорғылар, ілестіргіштер, түтін сорғыштар, түтін құбырлардың), газ-тозаң тазалағыш қондырғылардың (құйынғылар, сулық күлұстағыштар, электрлік сүзгілердің) теория, есептеу және құрылым негіздерін зерттеу.

*Студент пәнді оқу соңындағы міндеті:*

- *білу керек:* ЖЭС-ның істеу қағидаларын, түзгілерін, сондай-ақ көмекші тетіктерін; қарастырылған жабдықтардың жылулық құрылмалық және тексерулік есептеу әдістемелерін;

- *жасай алу* : жылулық және сұйықағулық есептеу жүргізу, ЖЭС сұлбалары бойынша көмекші жабдықты таңдау және оның жұмыс тиімділігін бағалау.

## **1.2 Курстық жұмыстың мәселелері**

Пәндік жұмыс дәрістерде, машықтанулық және зертханалық сабақтарда алынған, сонымен қатар ЖЭС-ның технологиялық жабдықтарын есептеу және жобалау бойынша машықтанулық дағдыға ие болу үшін теориялық білімдерді бекіту және тереңдету мақсатымен орындалады. Пәндік жұмысты орындау анықтамалық мәліметтер, стандарттар, типтік нұсқауларды қолдану бойынша дағдылануды жетілдіреді және студенттерді дипломдық жобаға дайындайды.

## **1.3 Курстық жұмыстың көлемі мен сипаты**

Курстық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, негізгі бөлім, көмекші жабдықтардың (нұсқа бойынша буландырғыштар немесе газсыздағыштар) қысқаша сипаттамасынан, жылулық және сұйықағулық есептеуден, есептеудің қорытындылары бойынша кестелерден және қорытындыдан, әдебиеттерден тұратын есептік-түсініктеме хаттан құралған. Есептік-түсініктеме хатқа А4

немесе А3 пішінді қағазда орындалған буландырғыштың немесе газсыздағыштың бойлық қимасы көрсетіледі.

Курстық жұмысты орындаудың тәртібі 1.1 кестеде көрсетілген.

#### 1.1 кесте - Курстық жұмысты орындаудың тәртібі

№ п/п	Саты	Апта
1	Тапсырманы беру	2
2	Консультация №1	3
3	Консультация №2	4
4	Консультация №3	5
5	Консультация №4	6
6	Консультация №5	7
7	Консультация №6	8
8	Консультация №7	9
9	Консультация №8	10
10	Консультация №9	11
11	Консультация №10	12
12	Курстық жұмысты өткізу	13
13	Курстық жұмысты қорғау	14-15

Сырттай оқу бөліміндегі студенттер курстық жұмысты орындауда берілетін тапсырманы орналастырылған дәрістерден алады және курстық жұмысты кафедраға тексеруге емтихандық сессияға дейін орындайды және өткізеді.

#### 1.4 Есептік-түсініктеме хатты рәсімдеудің талаптары

Есептік-түсініктеме хат технологиялық құжаттаманың белгілі бір түрі болып табылады, сол себепті КЕАҚ СТ 56023-1910-04-2014 сәйкес рәсімделуі тиіс. Есептік-түсініктеме хатта есептеудің дәлдік дәрежесі үш таңбаға дейін қамтылады. Есептік формулалар хаттың мәтінінде көрсетілуі керек. ДК-да орындалған егжей-тегжейлі есептеулердің қорытындылары кестеге енгізілуі керек. Буландырғыштар немесе деаэратордың бойлық қимасының сұлбасы А4 (немесе А3) пішінді қағазда орындалуы керек. Пәндік жұмыстың жетекшісі оны қарастыру кезінде тікелей түсініктеме хатында ескертулер жасалынады. Оқытушы хатты тексергеннен кейін студент пәндік жұмысты қорғауға дейін барлық қажетті түзетулерді енгізуі тиіс.

#### 1.5 Курстық жұмысты қорғаудың тәртібі

Курстық жұмысты қорғау жетекшінің міндетті түрде қатысуымен, кафедраның 2-3 оқытушысымен комиссия отырысында жүргізіледі. Хаттың алғашқы бетінде курстық жұмыс жетекшісінің қолы қойылмаса комиссия жұмысты қарастырмайды.

Студент қорғау кезінде орындаған жұмысы туралы қысқаша түсіндірме жасауға міндетті және комиссия мүшелерінің сұрақтарына жауап беру қажет.

## 1.6 Курстық жұмысқа берілетін тапсырма

Курстық жұмысқа тапсырма жекеше әр студентке 1.2-1.5 кестелері бойынша беріледі. *Күндізгі оқу бөлімдегі студенттерге* жабдықтардың (буландырғыш қондырғылар немесе газсыздағыштық бағаналар) түрі 1.2 кесте бойынша таңдалады. Таңдалған жабдықтың бастапқы мәліметтерінің нұсқа нөмірі топтың журналдағы реттік нөмірі бойынша анықталады.

*Сырттай оқу бөліміндегі студенттер үшін* жабдықтардың (буландырғыштар немесе газсыздағыштар) түрі 1.2 кесте бойынша таңдалады. Таңдалған жабдықтардың бастапқы мәліметтерінің нұсқа нөмірі сынақ кітапшасының соңғы екі санының қосындысы бойынша таңдалады.

Буландырғыш қондырғыларды жылулық және сұйықағулық есептеу үшін бастапқы мәліметтер 1.3-1.4 кестелерде берілген.

Газсыздағыштық бағаналардың жылулық және сұйықағулық есептеу үшін бастапқы мәліметтер 1.5 кестеде берілген.

### 1.2 кесте – Жабдықтың түрі

Сынақ кітапшасының соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жабдықтың түрі	буландырғыш					газсыздағыш				

### 1.3 кесте – Буландырғыш қондырғыларды жылулық және сұйықағулық есептеу үшін бастапқы мәліметтер

нұсқа №	Түрі	Құбырлар саны	Қыздыратын будың параметрлері		Өндірілуі $m/cag$	Сыртөлшемдік өлшемі, м				Түсірмелі құбырлар	
			$P, MPa$	$t ^\circ C$		$L_1$	$L_2$	$D_1$	$D_2$	СА-НЫ	$D_{тұс, мм}$
1	Б-120	902	0,5	165	9,6	1,59	1,62	1,8	2	12	54
2			0,55	171	8,8						
3			0,64	209	7,5						
4			0,58	193	7,2						
5			0,6	203	8,3						
6			0,7	162	9						

### 1.3 кестенің соңы

нұсқа №	Түрі	Құбырлар саны	Қыздыратын будың көрсеткіштері		Өндірілуі $m/cag$	Сыртөлшемдік өлшемі, м				Түсірмелі құбырлар	
			$P, MPa$	$t ^\circ C$		$L_1$	$L_2$	$D_1$	$D_2$	СА-НЫ	$D_{тұс, мм}$
7			0,66	165	13,8						

нұсқа №	Түрі	Құбырлар саны	Қыздыратын будың көрсеткіштері		Өндірілуі $m/cag$	Сыртөлшемдік өлшемі, м				Түсірмелі құбырлар	
			$P, MPa$	$t ^\circ C$		$L_1$	$L_2$	$D_1$	$D_2$	СА-НЫ	$D_{myc}$ мм
8	Б-250	1736	0,54	176	14,2	1,63	1,7	2	2,8	16	66
9			0,72	172	15,3						
10			0,48	164	14,7						
11			0,57	150	13,9						
12			0,69	168	14						
13	Б-350	1764	0,64	175	12,4	2,29	2,36	2,05	2,8	22	66
14			0,56	187	12						
15			0,49	177	13,5						
16			0,71	169	12,9						
17			0,65	159	12,1						
18			0,62	183	13,3						
19	Б-600	1764	0,52	157	22,1	3,59	3,65	2	2,81	28	72
20			0,59	166	23						
21			0,63	173	24,5						
22			0,73	176	23,9						
23			0,78	158	21						
24			0,87	167	22,2						
25	Б-1000	2726	0,82	174	36,7	3,59	3,65	2,5	3,4	32	90
26			0,74	185	43						
27			0,77	176	44,8						
28			0,67	159	40,7						
29			0,83	180	38,5						
30			0,75	165	41,8						

Ескерту - Әр сатыдағы температуралық тегеурінді  $10 ^\circ C$  деп қабылдау керек.

1.4 кесте – Буландырғыш қондырғы сатысының нөмірін анықтайтын бастапқы мәліметтер

Сынақ кітапшасының соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Саты нөмірі	2	1	2	3	4	5	6	1	3	5



1.5 кесте – Газсыздағыштық бағанды жылулық және сұйықағулық есептеу үшін бастапқы мәліметтер

Көрсеткіштің атауы	белг.	нұсқа №														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Жалпы мәліметтер</i>																
Газсыздағыштағы қысым, МПа	$p$	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Өндірулік, т/сағ	$G$	6	13	225	500	500	1000	1300	1600	2000	2000	5	15	15	25	50
Газсыздалған судың температурасы, °С	$t_{0в}$	169	169	158	158	164	164	164	164	164	169	104	104	104	104	107
Газсыздалған судың құрамындағы оттегі, мг/кг	$c'_{o_2}$	Қанығу күйі														
Соңғы бөлімнен кейін газсыздалған судың құрамындағы оттегі, мг/кг	$c''_{o_2}$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Су мен бу ағындарының сипаттамалары</i>																
<i>1. Негізгі шық</i>																
Шығын, т/сағ	$G_k$	4,2	9	155	350	360	700	910	1120	1400	1370	2,1	3,5	10	17,5	35
Температура, °С	$t_k$	156	156	145	145	152	152	152	152	152	156	65	70	62	60	70
<i>2. Химиялық өңделген су</i>																
Шығын, т/сағ	$G_{ин}$	1,3	2,9	50	110	100	220	280	350	420	440	0,65	1,1	3,2	5,5	11
Температура, °С	$t_{ин}$	27	28	29	30	30	31	32	30	31	29	30	28	29	30	31
<i>3. Турбина алымынан келген қыздырушы бу</i>																
Қысым, МПа	$p_n$	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Температура, °С	$t_n$	170	170	159	159	165	165	165	165	165	170	105	105	105	105	108
<i>Құрылмалық өлшемдері</i>																
Бағанның қосөресі, м	$D_1$	1,1	1,1	1,8	2	2	2,4	3,4	3	3,4	3,4	1,1	1,2	1,6	2	2
Жинағыш-күбінің пайдалы сыйымдылығы, м <sup>3</sup>	$V_б$	10	10	65	100	120	120	120	150	150	185	10	10	15	20	25

1.5 кестенің соңы

Көрсеткіштің атауы	белг.	нұсқа №														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<i>Жалпы мәліметтер</i>																
Газсыздағыштағы қысым, МПа	$p$	0,14	0,12	0,14	0,13	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14
Өндірулік, т/сағ	$G$	75	100	150	200	500	1100	1300	1500	2000	2000	15	25	50	80	100
Газсыздалған судың температурасы, °С	$t_{дв}$	109	104	109	107	164	164	164	164	164	169	104	104	104	104	109
Газсыздалған судың құрамындағы оттегі, мг/кг	$c'_{o_2}$	Қанығу күйі														
Соңғы бөлімнен кейін газсыздалған судың құрамындағы оттегі, мг/кг	$c''_{o_2}$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Су мен бу ағындарының сипаттамалары																
<i>1. Негізгі шық</i>																
Шығын, т/сағ	$G_k$	52	70	105	140	210	800	850	1100	1400	1570	5,1	8,5	35	35	85
Температура, °С	$t_k$	70	68	72	70	70	152	152	152	152	156	65	70	75	75	65
<i>2. Химиялық өңделген су</i>																
Шығын, т/сағ	$G_{ин}$	16,5	22	33	44	66	250	320	360	510	540	1,2	5,1	12	11	30
Температура, °С	$t_{ин}$	32	29	30	30	30	30	32	31	31	30	30	28	29	30	31
<i>3. Турбина алымынан келген қыздырушы бу</i>																
Қысым, МПа	$p_n$	0,14	0,12	0,14	0,13	0,14	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14
Температура, °С	$t_n$	110	105	110	108	110	165	165	165	165	170	105	105	105	105	110
<i>Құрылмалық өлшемдері</i>																
Бағанның қосөресі, м	$D_1$	2,2	2,2	3,0	3,0	3,0	2,4	3,4	3,0	3,5	3,8	1,1	1,2	2,0	2,0	3,0
Жинағыш-күбінің пайдалы сыйымдылығы, м <sup>3</sup>	$V_б$	50	65	75	100	100	100	130	160	185	210	10	10	25	50	50

## **2 Буландыру қондырғыларды жылулық және сұйықағулық есептеудің әдістемелік нұсқауы**

### **2.1 Буландыру қондырғыларды жылулық және сұйықағулық есептеу бойынша пәндік жұмысқа берілетін тапсырма**

Буландыру қондырғыларды жылулық және сұйықағулық есептеудің әдістемелік нұсқау бойынша келесі көрсеткіштерді анықтау керек:

- буландыру қондырғылардың өндірулігін;
- буландырғыш сатысының контур айналмасындағы сұйықағулық шығындарын;
- буландырғыш сатының табиғи айналмасының контурындағы пайдалы тегеурінін;
- айналманың жұмыстық қозғалысын;
- жылуөту еселеуішін.

### **2.2 Буландырғыштардың тағайындалуы және құрылымы**

Буландырғыштар бушығырлық қондырғылы электрстанциялардың негізгі айналымында бу және шықтың шығындарын толықтырып отыратын дистиллятты алуға, сонымен қатар жалпы станциялық мұқтаждар мен сыртқы тұтынушылар үшін бу өндіруге арналған.

Буландырғыштар жылулық электрстанциялардың технологиялық кешенінің жұмысы бойынша бірсатылы және көпсатылы буландырғыштық қондырғылардың құрамында қолданылады.

Қыздырушы орта ретінде турбина алымдарынан немесе ҚЫШҚ-дан келген бу, кейбір қалыптарда 150 - 180 °С температурадағы су қолданылады.

Буландырғыштар екіншілік будың сапасы бойынша қызметі мен міндеттеріне сәйкес бір немесе екі сатылы бужуғыш құрылғылы болып дайындалады.

2.1 суретте жылуалмасудың (қыздырушы бөлігі) беттік ауданының (м<sup>2</sup>) көрсетілуімен, «Б» әрпімен таңбаланған буландырғыштар беттік түрінің типтік құрылымы көрсетіледі.

#### *Буландырғыш қондырғылардың құрылымы.*

Тұрқы, қыздырушы бөлігі, бужуғыш құрылғылар, су тарату құрылғылары және жалюзийлік айырғыштар құрылымның негізгі түйіндері болып табылады.

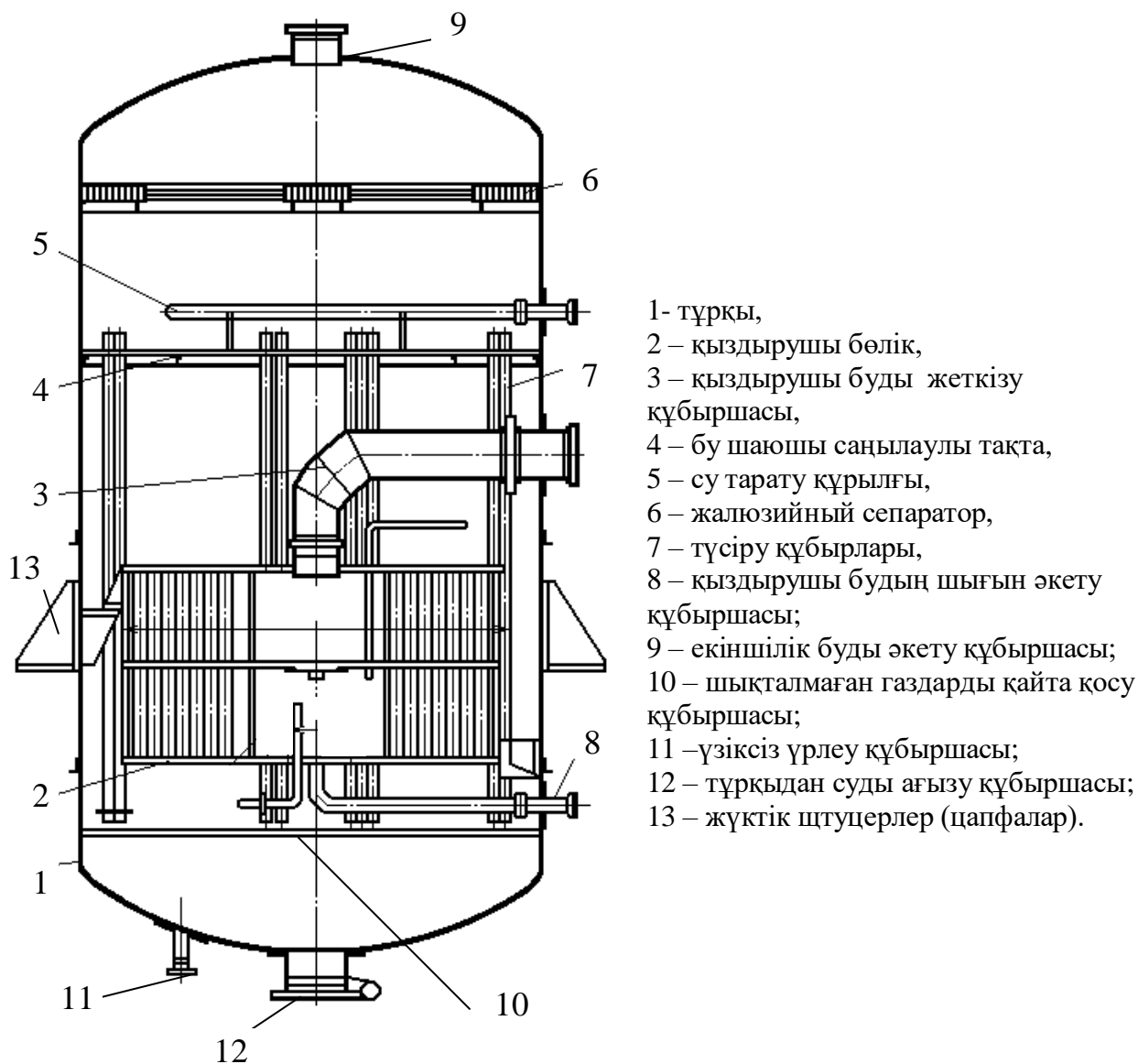
Буландырғыш цилиндрлік формалы ыдыс тәрізді, тік түрде болып келеді. (2.1 сурет).

Буландырғыш тұрқысы (1) цилиндрлік шентемірден және осы шентемірге пісірілген екі эллиптикалық түптерден тұрады. Тұрқы табақ болаттан пісіріліп жасалады.

Іргетасқа бекіту үшін тұрқыға тіреулер пісірілген. Буландырғышты көтеру және орын ауыстыруы үшін жүктік штуцерлер (шетмойын) қарастырылған.

Буландырғыш тұрқысында құбырша мен штуцер қарастырылған: қыздырушы буды (3) жеткізу, екіншілік буды (9) әкету, қыздырылушы будың (8) шықтарын әкету, буландырғыштың (5) қорек суын жеткізу, бу-жуу қондырғыға суды жеткізу (4), үзіліссіз үрлеуді (11), тұрқыдан суды ағызу (12), шықталмаған газдардың қайта жүргізу (10), сақтандырғыш қақпашаны қондыру, бақылау және автоматтық реттегіштер құралдарын, алым сынамалар құралдарын қондыру.

Қыздырушы бөліктің құбырлық тақтайшаларына құбырларды бекіту – пісіру немесе біліктеу арқылы жүзеге асырылады. Буландырғыш тұрқысында құрылғыларды қарау мен жөндеуге арналған кірмелер қарастырылған.



2.1 сурет – Буландырғыштың бойлық қимасы

Буландырғыш жұмысы келесідей өтеді: біріншілік бу қыздырушы бөлікке келеді де, құбыраралық кеңістіктен өтіп, құбырлардың сыртқы бетінде шықтанады. Бу шықтары құбырлар бойымен қыздырушы бөліктің төменгі құбырлық тақтайларына ағады және ол жақтан әкетіледі. Қоректік (химиялық тазартылған) су реттегіш қақпаша арқылы бу шаюшы саңылаулы жапырақтың үстімен су тарату құрылғыға жетеді, ол жақтан түсіру құбырларымен тұрқының төменгі бөлігіне ағады және тұрқы мен қыздырушы бөліктің құбыршалары толтырылады.

Біріншілік бу шықтану кезінде бөлінген жылу есебінде бу-сулық қоспа түзілетін құбырларда судың бір бөлігі буланады. Осылайша қыздырушы бөліктің құбырларында судың көтерілу, ал сақиналық саңылауда тұрқы мен қыздырушы бөліктің аралығында – түсіру қозғалысы құрылады, яғни сұйық фазаның табиғи айналымы жүргізіледі.

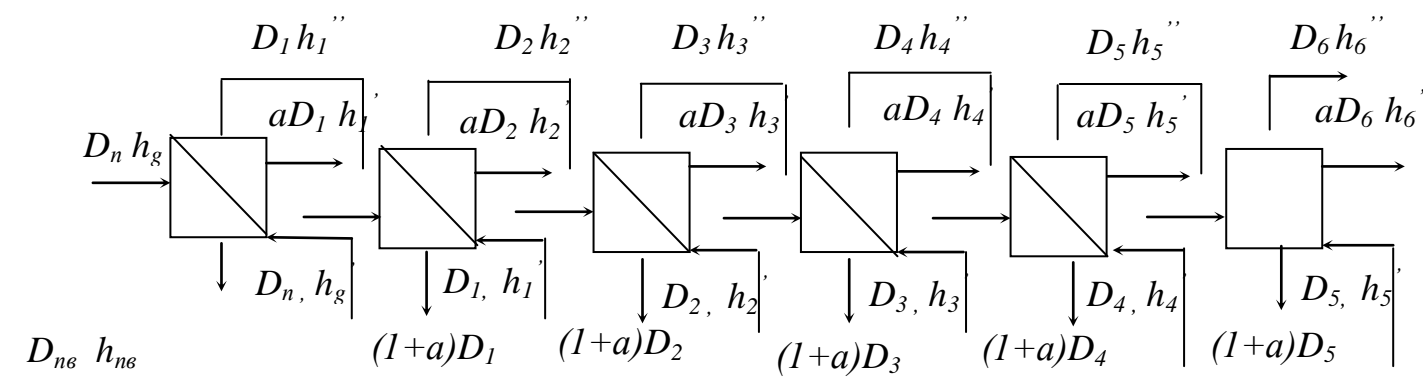
Түзілген (екіншілік бу) бу қыздырушы бөліктің үстіндегі су қабатынан өтіп, буландырғыштың булық кеңістігіне жетіп, бір немесе бужуу тақталарының, жалюздік сепаратордың үстімен суды жуу қабаты арқылы өтеді және буландырғыштан әкетіледі. Орнықты табиғи айналымды қамтамасыз ету үшін және бу кеңістікке тамшылы ылғалдың шығарылуын азайту үшін тұрқыда судың деңгейін үстіңгі құбырлық қыздырғыш тақтасынан 150-200 мм-ге жоғары болып ұсталады.

Буландырғыш бу шаюшы саңылау жапырақ үстіндегі судың деңгейін бақылау, сонымен қатар қыздырушы бөлікте қыздырушы бу шығының деңгейін бақылау және реттеу құрылғыларымен жабдықталған.

Жылу алмасу тиімділігін жоғарылату үшін қыздырушы бөлікте құбыраралық кеңістіктің төменгі жағынан шықталмайтын газдардың бу кеңістігіне қайта жіберу қарастырылған. Мұнда газдардың тиімді әкетуі қыздырушы бу шығының деңгейі бойынша газ әкетуден 50-100 мм-ге төмен болып жеткізіледі.

Буландыру қондырғысының қосылу сұлбесі.

Пәндік жұмыста 2.2 суретте көрсетілген көп сатылы буландыру қондырғысының сұлбесі қарастырылған.



2.2 сурет – Алты сатылы буландыру қондырғысының сұлбесі

Көрсетілген алты сатылы буландыру қондырғысының сұлбесінде барлық сатылар қосақталған түрде тізбектеліп, ал су бойында, бастапқы судың тұз құрамы мен екіншілік будың сапасы бойынша талаптарына байланысты жалғанады.

Сонымен қатар, қатарлас және тізбектеле қосылу мүмкіндігі келесідей анықталады: бірдей жағдайда қатарлас сұлбе өндірулігі жоғарырақ, ал өндірулігі бірдей жағдайда тізбектелген сұлбе екіншілік будың жоғары сапалығы үшін қолданылады.

Көп сатылы буландыру қондырғысының жұмысы келесіден негізделген: буландыру қондырғысының бірінші сатысына турбинаның реттелуші алымынан бу жеткізіледі, бірінші сатысының буландырғышында түзілген екіншілік бу екінші сатыдағы буландырғыштың қыздырғышы болып саналады, ал осы сатының екіншілік буы - үшінші сатының қыздырғышы және т.с.с. Соңғы сатыдағы буландырғыштың екіншілік буы шықтағышқа келіп, мұнда ол қондырғыға жеткізілетін қоректік су ағынымен шықталады (соңғы сатының екіншілік буын шықтандыру үшін алты сатылы буландыру қондырғысында бұл ағын жеткілікті, яғни қондырғы толығымен қоректік су және алынған екіншілік бу бойынша тұйықталады).

### **2.3 Буландыру қондырғысының сатыларындағы будың көрсеткіштерін және өндірулігін анықтау**

*Буландыру қондырғысының сатыларындағы будың көрсеткіштерін анықтау.*

Бастапқы мәндерге сәйкес (1.3 кесте) қыздырушы будың көрсеткіштері анықталады:  $h_n''$ ,  $h_n'$ ,  $t_k$ . Қыздырушы будың  $t_k$  бойынша буландырғыш қондырғысының бірінші сатысындағы көрсеткіштері анықталады. Әр сатыдағы екіншілік будың қысымы сатының температуралық тегеуріні және қыздырушы контурдың ағын көрсеткішімен анықталады

$$\Delta t = t_{k1} - t_{k2}, \quad (2.1)$$

мұнда  $t_{k1}$ ,  $t_{k2}$  – сәйкесінше сатының біріншілік және екіншілік контурларындағы қанығу температуралары.

2.1 - кейіптемесінен екіншілік будың қысымы екіншілік контурындағы қанығу температурасы бойынша анықталады:  $t_{k2} = t_{k1} - \Delta t$ , мұнда  $\Delta t$  - әр сатыдағы температуралық тегеурін (10 °C қабылданады).

*Буландыру қондырғысының өндірулігін анықтау.*

Буландыру қондырғысының өндірулігі әр сатының екіншілік бу ағынының қосындысымен анықталады

$$D_{\text{бк}} = \sum D_i. \quad (2.2)$$

Әр сатының екіншілік бу мөлшері әр саты үшін жылулық баланс теңдеуінен анықталады

$$D_{n,i}(h_{n,i} - h'_{n,i})\eta = D_i h''_i + a D_i h'_i - (1+a) D_i h_{kc} \quad (2.3)$$

мұндағы  $D_{n,i}, D_i$  - қыздырушы және екіншілік будың мөлшері, кг/с (т/сағ);

$h_{n,i}, h'_{n,i}$  және  $h''_i, h'_i$  -  $i$  сатысындағы қыздырушы будың және шықтың энтальпиясы және  $i$  сатысындағы екіншілік будың және қаныққан күйдегі судың энтальпиясы, кДж/кг (ккал/кг);

$a$  – үрлеу мөлшері (5 % қабылданады).

## 2.4 Буландырғыш сатысын жылулық және сұйықағулық есептеу әдісі

Жылулық тексерулік есептеу екіншілік будың көрсеткіштерін және берілген беттің және қыздырушы ағынның көрсеткіштері бойынша сатының өндірулігін дәлдеу мақсатында жүргізіледі.

Есептеу жүйелі жақындау әдісімен жүргізіледі, бірінші жүйелі жақындау ретінде жылулық баланс теңдеуі бойынша сатының өндірулігін анықтау кезінде алынған мәндер қабылданады (2.3).

Буландырғыштың жылулық жүктемесі келесідей анықталады:

$$Q = D_i \cdot (h''_i + a h'_i - (1+a) h_{kc}) . \quad (2.4)$$

Жылуөту еселеуіші, шамамен

$$k = \frac{Q}{\Delta t F} . \quad (2.5)$$

Рейнольдс саны

$$Re = \frac{qH}{r\rho'v} , \quad (2.6)$$

мұндағы  $q = Q / F$  - меншікті жылулық ағын, кВт/м<sup>2</sup>;

$H$  – жылуалмасу бетінің биіктігі, м ( $L_1/3$  – № 1÷18 нұсқалары үшін;  $L_1/4$  – № 19÷30 нұсқалары үшін);

$r$  – бу түзілу жылылығы, кДж/кг;

$\rho'$  – сұйық тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  -  $P_{кыз}$  кезіндегі келтірілген тұтқырлығы, м<sup>2</sup>/с.

Шықтанушы будан қабырғаға жылу беру еселеуіші:

ретті тәртiбi кезінде,  $Re < 100$

$$\alpha_{1n} = 1,01\lambda \left(\frac{g}{\nu^2}\right)^{1/3} Re^{-1/3} ; \quad (2.7)$$

қабыршақтың аралас ағысы кезінде,  $Re > 100$

$$\alpha_{1n} = 1,01\lambda \left(\frac{g}{\nu^2}\right)^{1/3} \frac{0,16 Pr^{1/3} Re}{Re - 100 + 63,2 Pr^{1/3}} , \quad (2.8)$$

мұндағы  $\lambda$  –  $P_{кыз}$  кезінде судың жылуөткізгіштігі, кВт/(м К);

$Pr - t_{\kappa, \kappa_{\text{ыз}}}$  қанығу температурасы бойынша Прандтль саны.

Құбыр қабырғаларының тотығуын ескергендегі жылу беру еселеуіші

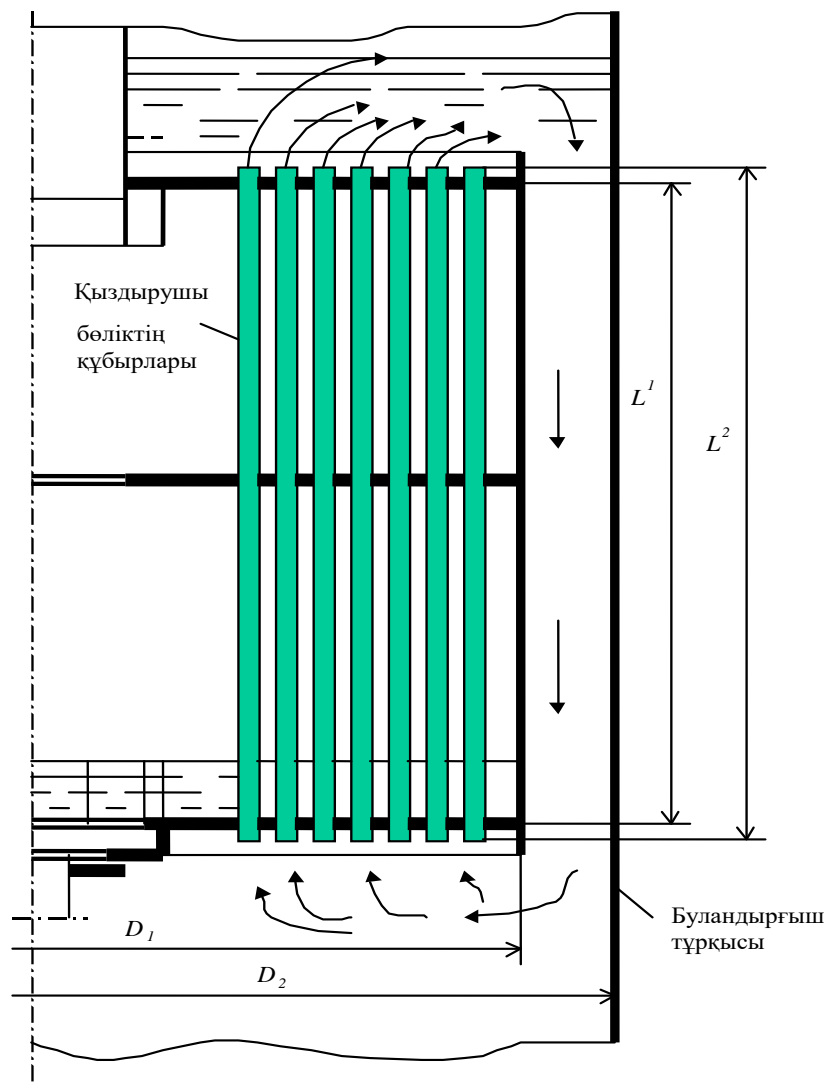
$$\alpha_1 = 0,75\alpha_{1n}. \quad (2.9)$$

*Айналымның жылдамдығын анықтау.*

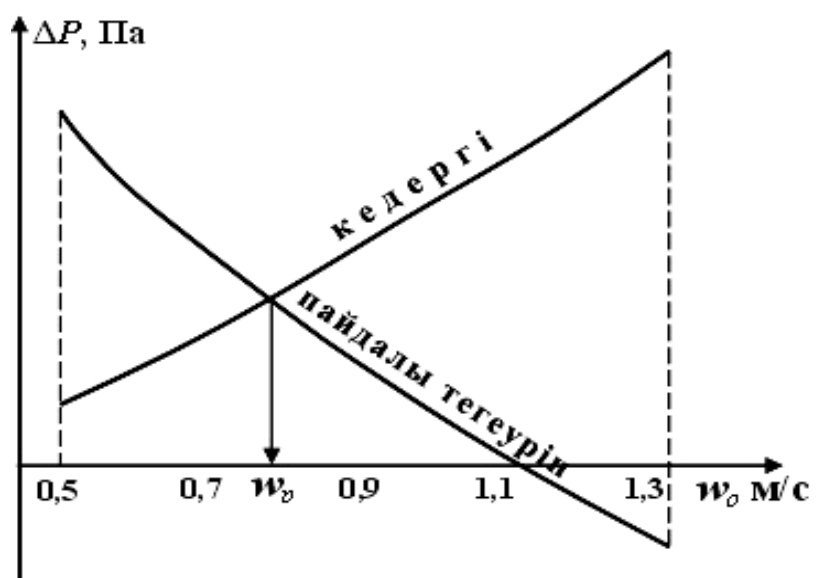
Айналымның жылдамдығын анықтау түсірілмелі және көтермелі бөлігіндегі ортаның тығыздық мөлшерінің айырымы және айналым жиегінің барлық бөлігіндегі сұйықағулық шығындары есебінен болған қозғалыстағы тегеурінді салыстыру арқылы, сызба-талдаулық әдіспен жүргізіледі. 2.3 суретте беттік түрдегі буландырғыш айналымының контурында көрсетілген.

Айналым қозғалысының  $w_0$  бірнеше мәндерін бере отырып (шамамен: 0,5; 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 м/с), жүргізілген сызықтардағы кедергісі және пайдалы тегеуріні есептелінеді. Қисықтардың қиылысу нүктесі айналым жылдамдығының жұмыстық мәніне сәйкес келеді (2.4 сурет). Жүргізілген бөлігіндегі сұйықағулық шығындар, буландырғыш тұрқысы мен қыздырушы бөліктің аралығындағы сақиналық кеңістіктегі шығындарынан және құбырлар кірісіндегі бөліктер шығындарынан құралады.





2.3 сурет – Беттік түрдегі айналымның сұлбесі



2.4 сурет – Айналымның жылдамдығын анықтау

Сақиналық қиманың ауданы

$$F_c = 0,785[(D_2^2 - D_1^2) - d_{\text{мыс}}^2 n_{\text{мыс}}], \text{ м}^2, \quad (2.10)$$

мұндағы  $d_{\text{мыс}}$  – түсірілмелі құбырлардың диаметрі, м;

$n$  – түсірілмелі құбырлардың саны.

Сақиналық арнадағы судың жылдамдығы

$$w = w_0 \frac{z0,785d_{\text{ішкі}}^2}{F_c}, \text{ м}^2, \quad (2.11)$$

мұндағы  $d_{\text{ішкі}}$  – қыздырушы бөлік құбырларының ішкі диаметрі;

$z$  – қыздырушы бөлік құбырларының саны.

Эквиваленттік диаметр

$$D_{\text{экв}} = \frac{4F_c}{(D_1 + D_2 + nd_{\text{мыс}})}, \text{ м}. \quad (2.12)$$

Қыздырушы бөліктегі құбырлардың және сақиналық арнаның үйкеліс еселеуіші

$$Re < 2000 \text{ болғанда, } \lambda = \frac{64}{Re}. \quad (2.13)$$

$$Re = 2 \cdot 10^3 \div 100 \cdot 10^3 \text{ болғанда, } \lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}. \quad (2.14)$$

Сақиналық арнаның кірісі мен шығысындағы және қыздырушы бөлік құбырларының кірісіндегі кедергі еселеуіштері  $\xi_{\text{кір}} = 0,5$ ;  $\xi_{\text{шығ}} = 1,0$ ;  $\xi_{\text{шығ.құб}} = 0,5$ .

Сақиналық арнадағы қозғалыс кезіндегі қысым шығыны

$$\Delta P_c = \lambda_{\text{үйк}} \frac{L_2}{D_{\text{экв}}} \frac{\rho' w^2}{2}, \text{ Па}, \quad (2.15)$$

мұнда  $\rho'$  – қанығу температурасы бойынша судың тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>.

Сақиналық арнаның кірісі мен шығысындағы қысым шығындары

$$\Delta P_{\text{кір}} = (\xi_{\text{кір}} + \xi_{\text{шығ}}) \frac{\rho' w^2}{2}, \text{ Па}. \quad (2.16)$$

Қыздырушы бөлік құбырларының кірісіндегі қысым шығындары

$$\Delta P_{\text{кір.құбыр}} = \xi_{\text{кір.құбыр}} \frac{\rho' w^2}{2}, \text{ Па}. \quad (2.17)$$

Түзу жерде судың қозғалысы кезіндегі қысым шығыны

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda_{\text{зр}} \frac{l_{\text{но}}}{d_{\text{ішкі}}} \frac{\rho' w^2}{2}, \text{ Па}. \quad (2.18)$$

мұнда  $l_{\text{но}}$  – төменгі қыздырылмайтын жердің биіктігі

$$l_{\text{но}} = l + \frac{L_2 - L_1}{2}, \text{ м}, \quad (2.19)$$

мұнда  $l$  – шықтың деңгейі (Б-120 үшін - 0,15; Б-250 үшін - 0,2; Б-350, Б-600, Б-1000 үшін - 0,25 м).

Түсіру құбырларындағы шығындар

$$\Delta P_{\text{тус}} = \Delta P_{\text{кір}} + \Delta P_c, \text{ Па.} \quad (2.20)$$

Қыздырылмайтын жердің шығындары

$$\Delta P_{\text{но}} = \Delta P_{\text{кір.куб}} + \Delta P_{\text{тр}}, \text{ Па.} \quad (2.21)$$

Жылулық ағын,

$$q_{\text{ішкі}} = k\Delta t, \text{ кВт/м}^2. \quad (2.22)$$

Сақиналық кеңістікте таралатын жылудың жалпы мөлшері

$$Q_c = \pi \cdot D_1 \cdot L_1 \cdot k \cdot \Delta t, \text{ кВт.} \quad (2.23)$$

Сақиналық арнада судың қажырының өсуі

$$\Delta h_c = \frac{Q_c}{0,785 d_{\text{ішкі}}^2 \cdot \rho}, \text{ кДж/кг.} \quad (2.24)$$

Үнемдегіштік бөліктің биіктігі

$$l_{\text{эк}} = \frac{-\Delta h_c - (\Delta P_{\text{тус}} + \Delta P_{\text{но}}) \frac{\partial h}{\partial p} + g \rho (L - l_{\text{но}}) \frac{\partial h}{\partial p}}{\frac{4q_{\text{ішкі}}}{\rho w d_{\text{ішкі}}} + g \rho \frac{\partial h}{\partial p}}, \text{ м,} \quad (2.25)$$

мұнда  $\partial h / \partial p$  - дербес туынды ([9]  $p_{n2}$  қанығу бойынша  $\Delta h / \Delta p$ ).

Үнемдегіштік бөліктегі шығындар

$$\Delta P_{\text{эк}} = \lambda l_{\text{эк}} \frac{\rho w^2}{2}, \text{ Па.} \quad (2.26)$$

Жүргізілген сызықтардағы жалпы кедергі

$$\Delta P_{\text{жург}} = \Delta P_{\text{тус}} + \Delta P_{\text{но}} + \Delta P_{\text{эк}}, \text{ Па.} \quad (2.27)$$

*Пайдалы тегеурінді анықтау.*

Бір құбырда түзілетін будың мөлшері

$$D_1'' = \frac{Q}{zr}, \text{ кг/с.} \quad (2.28)$$

Қыздырушы бөліктің шығысындағы будың келтірілген жылдамдығы

$$w_{\text{ок}}'' = \frac{D_1''}{0,785 \rho d_{\text{ішкі}}^2}, \text{ м/с.} \quad (2.29)$$

Құбырда будың орташа келтірілген жылдамдығы

$$w_{\text{келт}}'' = \frac{w_{\text{ок}}''}{2}, \text{ м/с.} \quad (2.30)$$

Шығыстық бу құрамы

$$\beta_{ок} = \frac{w_{келт}''}{w_{келт}'' + w'} \quad (2.31)$$

Қозғалыссыз сұйықта бөлек көпіршіктердің қалқып шығу жылдамдығы

$$w_{кон} = 1,54 \sqrt{g \sigma \frac{\rho' - \rho''}{(\rho')^2}}, \text{ м/с}, \quad (2.32)$$

мұнда  $\sigma$  - қанығу температурасы бойынша судың беттік таралуы, Н/м.  
Өзара әрекеттесу факторы

$$\psi_{оз} = 1,4 \left(\frac{\rho'}{\rho''}\right)^{0,2} \left(1 - \frac{\rho''}{\rho'}\right)^5. \quad (2.33)$$

Көпіршіктердің қалқып шығуының топтық жылдамдығы

$$w^* = w_{кон} \psi_{оз}, \text{ м/с}. \quad (2.34)$$

Қоспаның жылдамдығы

$$w_{косп} = w_{келт}'' + w', \text{ м/с}. \quad (2.35)$$

Көлемдік бу құрамы

$$\varphi_{ок} = \frac{\beta_{ок}}{1 + \frac{w^*}{w_{косп}}}. \quad (2.36)$$

Қозғалыстағы тегеурін

$$\Delta P_{козг} = g(\rho' - \rho'') \varphi_{ок} L_{бу}, \text{ Па}, \quad (2.37)$$

мұнда  $L_{бу} = L_1 - l_{но} - l_{эк}$  – бу түзілуші бөліктің биіктігі, м.

Бу-су сызығында үйкеліс шығыны

$$\Delta P_{үйк.бу} = \lambda_{үйк} \frac{L_{бу}}{d_{ішкі}} \frac{\rho' w^2}{2} \left[1 + 1,5 \frac{w_{келт}''}{w'} \left(1 - \frac{\rho''}{\rho'}\right)\right], \text{ Па}. \quad (2.38)$$

Құбыр шығысындағы шығындар

$$\Delta P_{үйк.шыг} = \xi_{шыг} \frac{\rho' w^2}{2} \left[1 + \frac{w_{келт}''}{w'} \left(1 - \frac{\rho''}{\rho'}\right)\right], \text{ Па}. \quad (2.39)$$

Ағынның жылдамдату шығындары

$$\Delta P_{жылд} = (\rho' w)^2 (y_2 - y_1), \text{ Па}, \quad (2.40)$$

мұнда  $y_1, y_2$  – сәйкесінше қимадағы көрсеткіштер, судың қайнау аймағында және шығу қимасында,  $y_1 = \frac{1}{\rho'}$ ,  $x=0$  және  $\varphi=0$  болғанда.

Шығу қимасында қоспа жылдамдығы

$$w_{косп} = w_{ок}'' + w', \text{ м/с}. \quad (2.41)$$

Шығу қимасында шығыстық бу құрамы

$$\beta_{\kappa} = \frac{w_{ок}''}{w_{ок}'' + w'} \quad (2.42)$$

Көлемдік бу құрамы

$$\varphi_{\kappa} = \frac{\beta_{\kappa}}{1 + \frac{w_{ок}''}{w_{косп}}}. \quad (2.43)$$

Шығу қимасында массалық бу құрамы

$$x_{\kappa} = \frac{\rho'' w_{ок}''}{\rho' w'}. \quad (2.44)$$

у көрсеткіші

$$y_2 = \frac{x_{\kappa}^2}{\rho'' \varphi_{\kappa}} + \frac{(1 - x_{\kappa})^2}{\rho' (1 - \varphi_{\kappa})}. \quad (2.45)$$

Пайдалы тегеурін

$$\Delta P_{пайд} = \Delta P_{козг} - \Delta P_{тр} - \Delta P_{шығ} - \Delta P_{жылд}, \text{ Па.} \quad (2.46)$$

Айналым жылдамдығының басқа мәндері үшін  $w$  (шамамен 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 м/с) ұқсас есептеу жүргізе отырып, тәуелділіктер тұрғызылады:  $\Delta P_{подв} = f(w)$  және  $\Delta P_{пол} = f(w)$  (2.4 сурет). Қисықтар қиылысында айналым жылдамдығының  $w_{ж}$  жұмыстық мәндері анықталады.

*Айналым жылдамдығының белгілі жұмыстық мәндері үшін жылуөту еселеуіші дәлденеді.*

Рейнольдс саны

$$\text{Re} = \frac{w_{ж} d_{ішкі}}{\nu}. \quad (2.47)$$

Нуссельт саны

$$\text{Nu} = 0,023 \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,37}. \quad (2.48)$$

Қабырғадан қайнаған суға дейінгі жылуөту еселеуіші

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu} \lambda}{d_{ішкі}}. \quad (2.49)$$

Оксидтік қабыршақты ескере отырып, қабырғадан қайнаған суға дейінгі жылуөту еселеуіші

$$\alpha_2' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + 0,000065}. \quad (2.50)$$

Жылуөту еселеуіші

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_{\text{ішкі}}}{2\lambda_{cm}} \ln \frac{d_c}{d_{\text{ішкі}}} + \frac{1}{\alpha_2} \frac{d_{\text{ішкі}}}{d_c}}. \quad (2.51)$$

Алдыңғы қабылданған мәннен ауытқу

$$\delta = \frac{k - k_0}{k_0} 100\%. \quad (2.52)$$

Абсолюттік шама бойынша рұқсатты ауытқуы 10 %-дан жоғары емес.

### **3 Деаэраторлық бағананы жылулық және сұйықағулық есептеу бойынша әдістемелік нұсқаулықтар**

#### **3.1 Деаэраторлық бағананы жылулық және сұйықағулық есептеу бойынша пәндік жұмысқа тапсырма**

Деаэраторлық бағананы жылулық және сұйықағулық есептеу бойынша әдістемелік нұсқаулықтарға сәйкес:

- деаэраторлық бағананы есептік сұлбесін жасау;
- жоғарғы ағыншалық бөліктен төменгі бөлікке тізбектеле өту арқылы, деаэраторлық бағананы жылулық есептеу жүргізу;
- деаэраторлық бағананы сұйықағулық есептеу жүргізу;
- жоғарысынан бастап, деаэраторлық бағананы әрбір бөлікке оттегінің бөлінуін есептеу;
- деаэраторлық бағананың эскиздік жобасын жасау.

#### **3.2 Деаэраторлардың тағайындалуы мен жабдықтары**

Деаэраторлар бу қазандардың, бу өндіргіштердің, буландырғыштардың, бу өзгерткіштің қоректік суын және химиялық су тазалаудан кейін қоректік суды газсыздау үшін арналған. Төменгі және жоғары қысымды қыздырғыштар аралығындағы негізгі шықтың қыздыру сызығына тізбектеле қосылған деаэраторлар, жоғарыланған абсолютті қысымда 0,6 - 1,2 МПа (ДП типті) жұмыс істейді. Бұл жағдайда олардың екінші функциясы ретінде негізгі шықтың қыздыруы болып табылады.

Қоректік суды, буландырғыштың қоректік суын газсыздандыру үшін арналған деаэраторлар 0,12 - 0,14 МПа абсолюттік қысым бойынша жұмыс істейді (ДА типті- атмосфералық деаэраторлар).

Суды 100°С-тан төмен емес абсолюттік қысымы 0,0075 - 0,05 МПа бойынша (жылулық желінің қоректік суы, химиялық су дайындау жолындағы су) газсыздау үшін вакуумдық деаэраторлар қолданылады. (ДВ типті).

Келтірілген сипаттамадан басқа деаэраторлар газсыздалушы судың буда таралу тәсілін пайдалану бойынша: қабыршақтық, ағындық, тамшылы; және будың суда таралуы бойынша: барботаждық.

Деаэраторда таралудың көрсетілген тәсілінің бірін қолданған жағдайда аппарат бір сатылы, бірнеше әдістердің құрамдастары болса – екі- немесе үш сатылы болып саналады.

*Ағындық деаэратордың құрылысы.*

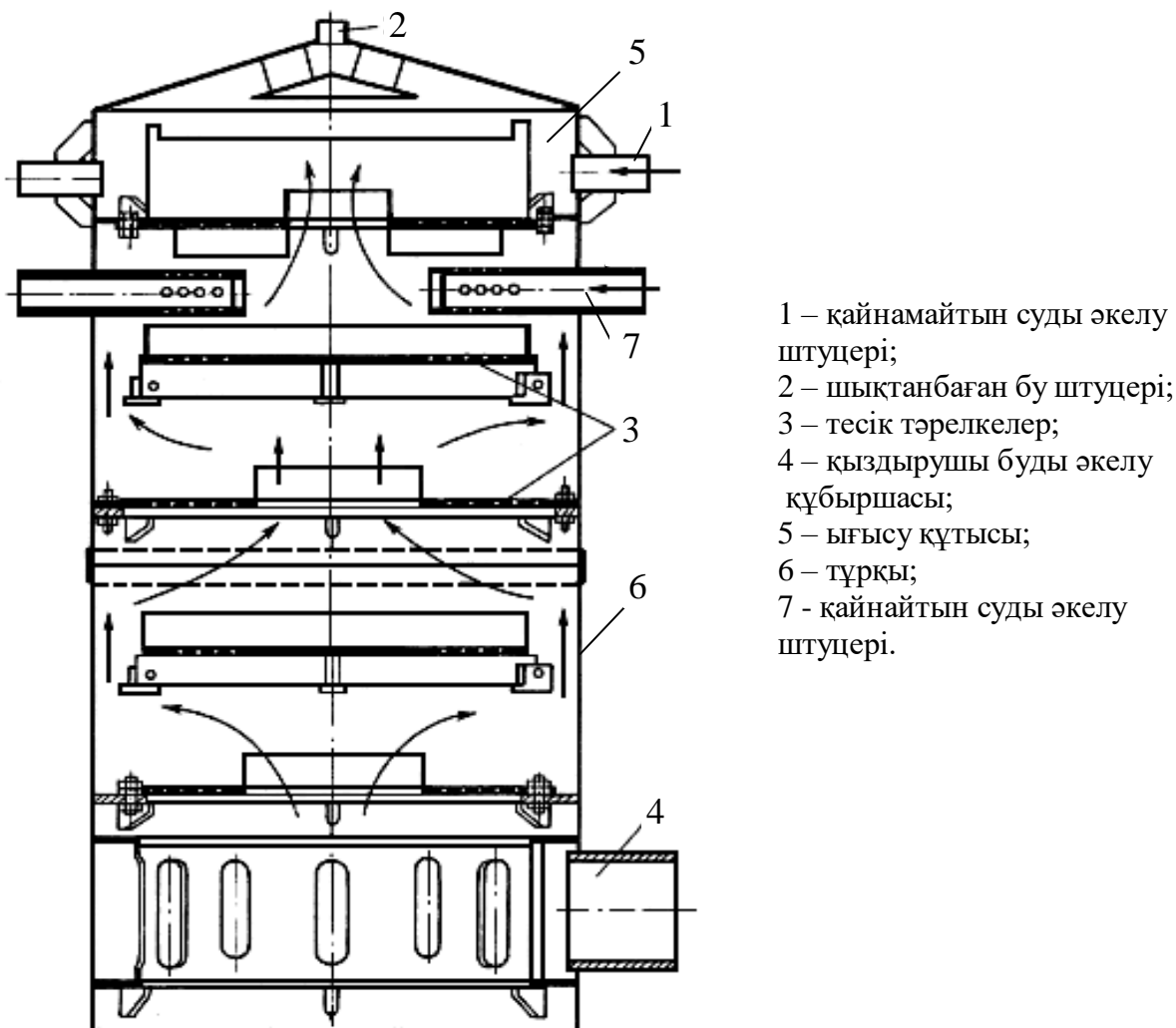
Заманауи екі сатылы деаэраторлар суды алдын-ала газсыздау үшін деаэраторлық бағанадан және қоректік судың қорын жинақтау үшін және газсыздау құбылысын аяқтауға арналған (дисперстік газдардың бөлінуі және бикарбонаттардың таралуы) бак - аккумулятордан тұрады. Деаэраторлық бағананың фазалар контактысының беттік құрылу әдісіне тәуелді түрлі құрылыстары болуы мүмкін. Пәндік жұмыста ағындық типті бағаналар қарастырылған, олардың сұлбелері 3.1 - суретте келтірілген.

Ағыншалық типті бағананың *жұмыс істеу қағидасы* келесідей тұжырымдалады: баған (6) тұрқысының жоғарғы бөлігінде ығысу құтысы (5) орналастырылған, ол жерге – негізгі шық, химиялық су тазартудан кейін қоректік су және т.б түрлі көздерден штуцерлер бойымен су ағыны жеткізіледі. Егер деаэраторға қайнап жатқан су ағындары жіберілсе, олар штуцерлар (7) арқылы ығысу құтысынан төменірек 1 және 2 немесе 2 және 3 тәрелкелер аралығына енгізіледі. Ығысу құтысында судың барлық ағындарының ығысуы және олардың температураларының теңестіруі жүреді. Ығысу құтысынан су босаға арқылы құйылады және будың өткізілуі үшін ортасында бортты саңылауы бар, жоғарғы саңылаулы тәрелкеге (3) жеткізіледі. Тәрелкеден су саңылау арқылы келесі тәрелкеге, ағындық бөлік құра отырып, ағынды түрде құйылады (тесік тәрелкелердің диаметрі 5÷7 мм саңылаулары бар және бағана биіктігі бойынша бір-бірінен 300 - 400 мм арақашықтықта орналасқан).

Бағанада тәрелкенің екі түрі орналастырылады: будың орталық саңылау арқылы өтуі, және шет бойынша. Өзара кезектесіп, тәрелкелер бу ағынының газсыздалушы судың ағынымен қат-қабат қиыстырылуын қамтамасыз етеді. Орналастырылушы тәрелкелер саны газсыздалушы судың бастапқы және соңғы оттегі құрамымен анықталады (әдетте бес және одан көп). Мұнда тәрелкелердің орналасуы келесідей, төменнен келген бу ағынға перепендикулярлы ағындық бөлік арқылы өтіп, аз мөлшерде шықталып, шықталмаған будың қалдығы судан жойылған газбен бірге бу күйінде штуцер (2) арқылы бағанадан кетеді. Ең төменгі тәрелкеден кейін газсыздалған су бак-аккумуляторға құйылады.

Газсыздалушы судың ағыншалық қозғалысы газсыздалудың міндеттілік қарқынды әркелкілігінің ағын ұзындығының бірлігіне қатынасымен шарттастырылады, ол берілген түрдегі деаэраторлардың кемшілігі болып табылады. Ол кемшілікті жою үшін ағынша түрдегі бағананы жоғары биік етіп орындайды (3,5 - 4 м және одан көп).

### 3.3 Судың газсыздау құбылысының кинетикасы



3.1 сурет – Ағынды деаэратордың колонка құрылысы

Газсыздау құбылысының жылдамдығы жүйенің теңестік күйінен ауытқуына, газсыздалушы судың қасиеттеріне, газдардың ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ), будың ерігіштігіне, фазалар жанасуының беттік пішініне және суқозғалымдық шарттарына байланысты.

Судың термиялық газсыздалуы кезінде, сұйық фазада оның шоғырлануына сәйкес, теңесулік парциалды қысымы ерітінді бетіндегі (бу фазасында) парциалды қысымнан артқанша әрбір газдың бөлінуі жүреді. Сол себепті судан газдың толық жойылуы үшін мүмкіндігінше судан жойылушы аз мөлшерлі газдары бар буды пайдалану қажет.

Теңестікке жақын күйіне жету үшін, будың жанасу бетін және газсыздалушы судың немесе маңыздалмасуды қарқындату жолмен жоғарылату қажет.



Фазалар жанасу бетінің өсуі суды ағындар мен тамшыларға ұсақтау немесе газсыздалушы су қабаты арқылы көпіршіктер жіберу жолымен жүзеге асады.

Термиялық газсыздау кезінде газдар судан екі жолмен жойылады: диффузия және сұйық көлемінде ұсақ көпіршіктердің түзілуі (газдың дисперстік бөлінуі). Диффузия газсыздау құбылысы кезінде орындалады, ал газдың дисперстік бөлінуі, суды қыздыру кезінде оның жойылуы газдармен қанығуы жүретін уақыттан басталады.

Судың газбен салыстырмалы қанығуы  $\varphi$  оның нақты құрамының сондай термодинамикалық көрсеткіштер бойынша шектік мүмкіндігіне қатынасымен сипатталады

$$\varphi = \frac{c_{\phi}(p, t)}{c_n(p, t)}, \quad (3.1)$$

мұнда  $c_{\phi}(p, t)$  – судағы газдың нақты концентрациясы, мг/кг;

$c_n(p, t)$  – қанығу күйіне сәйкес, Генри заңы бойынша анықталатын газдың шектік концентрациясы.

Сәйкес тәрепкелер үшін  $c_{\phi}(p, t)$  мәндері есептеледі,  $c_n(p, t)$  мәндерін 3.1 кестеден таңдалады немесе формула бойынша анықталады

$$c_n = \alpha^o \frac{\rho_z P_z}{\rho_v P_o} 10^6, \text{ мг/кг}, \quad (3.2)$$

мұнда  $\alpha^o$  – температурасы  $0^{\circ}\text{C}$  және қысымы  $100000 \text{ н/м}^2$  келтірілген, судың берілген температурасы бойынша абсорбция еселеуіші (3.2 кесте);

$\rho_z$  – қалыпты жағдайда оттегі тығыздығы ( $1,429 \text{ кг/м}^3$ );

$\rho_v$  – қарастырылушы температура бойынша судың тығыздығы,  $\text{кг/м}^3$ ;

$P_o$  – физикалық атмосфера,  $P_o = 101972 \text{ Па}$ ;

$P_z$  – судың бетіндегі газдың парциал қысымы,  $\text{Па}$ .

3.1 кесте – судың температурасы мен оның бетіндегі буауалық қоспаның қаныққан қысымына тәуелді оттегінің судағы (мг/кг) ерігіштігі

Судың температурасы, $^{\circ}\text{C}$	Қаныққан буауалық қоспаның қысымы, $\text{МПа}$							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0	14,11	28,31	42,51	56,71	70,91	85,11	99,31	113,51
5	12,33	24,77	37,21	49,65	62,09	74,53	86,97	99,44
10	10,90	21,94	32,98	44,02	55,06	66,10	77,14	88,18
15	9,75	19,67	29,59	39,51	49,43	59,35	69,27	79,19
20	8,81	17,82	25,84	35,86	44,88	53,91	62,92	71,94
25	7,97	16,21	24,45	32,70	40,93	49,17	57,41	65,65
30	7,27	14,87	22,47	30,00	37,67	45,27	52,87	60,47
35	6,71	13,83	20,95	28,07	35,20	42,31	49,43	56,55
40	6,23	12,97	19,71	26,45	33,20	39,93	46,67	53,41
45	5,78	12,19	18,60	25,01	31,42	37,83	44,24	50,65
50	5,36	11,49	17,62	23,75	29,88	36,00	42,14	48,27

60	4,57	10,31	16,05	21,80	27,53	33,27	39,01	44,75
70	3,71	9,15	14,60	20,03	25,47	30,91	36,35	41,80
80	2,71	7,96	13,21	18,46	23,71	28,96	34,21	39,46
90	1,47	6,64	11,81	16,98	22,15	27,32	32,50	37,66
100	-	4,98	10,13	15,28	20,43	25,58	30,73	35,88
110	-	2,79	7,97	13,15	18,33	23,51	28,70	33,87
120	-	-	5,17	10,47	15,77	21,07	26,37	31,67
130	-	-	1,35	6,83	12,31	17,78	23,27	28,75
140	-	-	-	1,80	7,50	13,20	18,90	24,60
150	-	-	-	-	0,876	6,88	12,88	18,88
160	-	-	-	-	-	-	4,45	10,83
170	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2 кесте – температурасы  $0^{\circ}\text{C}$  және газдың парциал қысымы  $100000 \text{ Па}$  бойынша қысымы  $100000 \text{ Па}$  келтірілген оттегінің сумен абсорбциалау еселеуіші

Судың температурасы, $^{\circ}\text{C}$	Абсорбция еселеуіші, $\text{м}^3/\text{м}^3$	Судың температурасы, $^{\circ}\text{C}$	Абсорбция еселеуіші, $\text{м}^3/\text{м}^3$	Судың температурасы, $^{\circ}\text{C}$	Абсорбция еселеуіші, $\text{м}^3/\text{м}^3$
0	0,0489	110	0,0173	250	0,0417
5	0,0489	120	0,0174	260	0,0458
10	0,0380	130	0,0180	270	0,0500
15	0,0342	140	0,0181	280	0,0543
20	0,0310	150	0,0192	290	0,0590
25	0,0283	160	0,0197	300	0,0640
30	0,0261	170	0,0209	310	0,0689
40	0,0231	180	0,0221	320	0,0736
50	0,0209	190	0,0238	330	0,0784
60	0,0195	200	0,0257	340	0,0838
70	0,0183	210	0,0282	-	-
80	0,0176	220	0,0313	-	-
90	0,0172	230	0,0346	-	-
100	0,0170	240	0,0378	-	-

Деаэратордың булы кеңістігінде газдың (оттегінің) парциал қысымы келесідей есептелінеді. Деаэратор қысымынан тәрелкедегі судың температурасы бойынша қаныққан будың қысымы алынады ([9]-дан анықталады). Бұл айырым ауаның парциал қысымын көрсетеді. Оттегінің ауадағы көлемдік құрамы 21 %, осыдан ауаның парциал қысымының туындысы 0,21-ге оттегінің парциал қысымын береді  $p_2$ .

### 3.4 Деаэраторлық қондырғының жылулық және материалдық балансы

Газсыздағыш қондырғының жылулық балансы деаэраторға жіберілетін будың толық шығысын анықтау үшін құрылады.

Қарастырылған деаэратор үшін жылулық баланс теңдеуі деаэраторға енгізілген және одан шығарылған жылу ағынының теңдігі ретінде жазылады

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (3.3)$$

мұнда  $Q_1$  – қыздырушы будың негізгі ағынымен жіберілген жылуы,  $кВт$ ;

$Q_2$  – қайнамаған су ағынымен жіберілген жылуы,  $кВт$ ;

$Q_3$  – газсыздалған сумен әкетілген жылу,  $кВт$ ;

$Q_4$  – шықтанбаған бу жылуы,  $кВт$ ;

$Q_5$  – деаэратордың қоршаған ортаға кеткен жылу шығыны,  $кВт$ ;

Жылулық баланс құрамдастары келесідей анықталады.

Қыздырушы будың негізгі ағынымен жіберілген жылу мөлшері

$$Q_1 = G_{\sigma} h_{\sigma}. \quad (3.4)$$

Будың энтальпиясы деаэратор кірісіндегі оның қысымы мен температурасы бойынша анықталады.

Қайнамаған су ағынымен жіберілген жылу мөлшері

$$Q_2 = \sum_{k=1}^m G_{к.а}^k h_{к.а}^k. \quad (3.5)$$

Газсыздалған сумен әкетілген жылу мөлшері

$$Q_3 = G_{г.с} h_{г.с}. \quad (3.6)$$

Деаэратор өндірулігі (газсыздалушы судың шығысы) келесі кейіптеме бойынша анықталады

$$G_{г.с} = \sum_{k=1}^m G_{к.а}^k + G'_{\sigma}, \quad (3.7)$$

мұнда  $G'_{\sigma}$  – деаэраторда шықталған будың мөлшері,  $кг/с$ ;

$G'_{\sigma}$  өлшемі қатынастан анықталады

$$G'_{\sigma} = \frac{\sum [G_{н.н}^k (h_{г.с} - h_{н.н}^k)]}{h_{\sigma} - h_{г.с}} + G_{к.о.ш}, \quad (3.8)$$

мұнда  $G_{к.о.ш}$  – қоршаған ортаға жылу шығысын жабындау үшін бу шығысы,  $кг/с$ .

Буланумен кеткен жылу

$$Q_4 = G_{шык} h_{шык}, \quad (3.9)$$

мұнда  $G_{шык}$  – шықтанбаған бу шығысы,  $кг/с$ .

Бұл шама 1,0 - 2,0  $кг$  1000  $кг$  газсызданушы судың қатынасының есебімен қабылдану керек.

Газсыздағышқа кеткен шықтанбаған бу шығысы

$$G_{шык} = (0,001 - 0,002) \cdot G_{г.с} . \quad (3.10)$$

Буланудың буауалық қоспасының энтальпиясын шартты түрде газсыздағыш қысымы бойынша қаныққан будың энтальпиясына тең етіп қабылдауы мүмкін, яғни  $h_{шык} = h_s$ . ( $h_s$  – газсыздағыш қысымы бойынша қаныққан будың энтальпиясы).

Қоршаған ортаға жылу шығыны мына кейіптемемен анықталады

$$Q_5 = \alpha F (t_{оқшау} - t_{ауа}) , \quad (3.11)$$

мұндағы  $\alpha$  – (9-12)-ге сәйкес қабылданған, оқшаулағыштан қоршаған ортаға дейін жылу беру еселеуіші,  $Bm/(m^2 \text{град})$ ;

$F$  – бак-аккумуляторды қосқанда, деаэратор тұрқысының беті,  $m^2$ ;

$t_{оқшау}$  – оқшаулағыш бетінің температурасы,  $50^\circ C$  тең етіп қабылданған;

$t_{ауа}$  – деаэраторлық қондырғы бөлмесіндегі ауаның температурасы.

Егер деаэраторлық қондырғы ғимарат шатырында ашық кеңістікте орналасса, сыртқы ауаның температурасын қабылдау керек. Жалпы жағдайда жылу шығыны деаэраторлық колонкаға кеткен жалпы шығынның 1 - 2 %-ына тең етіп қабылдануы мүмкін.

Қоршаған ортаға жылу шығынын басудағы бу шығысы келесі кейіптемемен анықталады

$$G_{к.о.ш} = \frac{Q_5}{r} . \quad (3.12)$$

Деаэраторлық қондырғыда бу шығысы мына теңдеу бойынша анықталады

$$G_6 = \frac{Q_3 + Q_4 + Q_5 - Q_2}{h_6} . \quad (3.13)$$

Деаэратордың материалдық баланс теңдеуі жалпы түрде деаэраторға енгізілген және әкетілген ағындар шығысының теңдігімен жазылады

$$\sum G_{н.п} + G_6 = G_{г.с} + G_{шык} + G_{к.о.ш} . \quad (3.14)$$

### 3.5 Деаэраторлық бағананың ағыншалық түрін есептеу және құрылмалау

*Есептеу тәртібі.*

Есептеу мақсаты газсыздалған судың талапты мөлшерін қамтамасыз ету үшін қажет етілетін бағанадағы бөліктер (тәрелкелер) санын анықтау болып табылады.

Оттегінің бөлінуін есептеу үшін бастапқы мәліметтер оның деаэрацияланған судағы бастапқы мен соңғы құрамы және бағананың жылулық есептеуінде анықталатын, бөліктердегі су мен бу ағындарының есептік сипаттамалары.

Бөліктер санын есептеу, бак - аккумуляторға судың шығуы кезінде талапты қалдық құрамына жеткенше, тізбектеле жақындау әдісімен жүргізіледі. Бак-аккумуляторда барботажды екі сатылы деаэратордың ағыншалық бағанада қанығу температурасына дейінгі судың кем қыздырылуы  $5 - 10^{\circ}\text{C}$  шегінде қабылдануы мүмкін.

Жылулық есептеумен қатар ағыншалық бағананың сұйықағулық есептеуі жүргізіледі және оның эскиздік өңделуі жүргізіледі. Берілген бөліктің жылулық және сұйықағулық есептеуін аяқтағаннан кейін бөліктегі оттегі десорбциясының есептеуі жасалады.

(3.22) бойынша бөліктің төменгі тәрелкесіндегі оттегінің фактілік концентрациясы есептеледі ( $c_{шығ} = c_{\phi}$ ), ал (3.2) бойынша – қанығу концентрациясы. Егер тәрелкеде  $c_{\kappa} > c_{\phi}$ , онда  $c_{\phi}$  және  $\varphi < 1$  қабылданады. Егер  $c_{\kappa} < c_{\phi}$ ,  $c_{\phi}$  және  $\varphi = 1$  қабылданады.

Берілген жұмыста барботаждық сатыны есептеу жүргізілмейді.

### 3.5.1 Жылулық есептеу.

Жылулық есептеу үрдісінде тәрелкелердегі судың температурасын және әр ағыншалық бөліктегі бу шығысын анықтау қажет. Әр бөлік үшін есептеу, жоғарғысынан бастағанда, тізбектеле жақындау әдісімен жүргізіледі. Алдымен ағыншалар шоғының геометриялық көрсеткіші таңдалады.

Ағыншалар шоғының геометриялық көрсеткішіне: ағыншалар ұзындығы  $l$ , ағыншалардың бастапқы диаметрі  $d$  және қадам  $s$  (тәрелке саңылауындағы диаметр мен қадам).

Бөлік биіктігі (тәрелкелер арасындағы қашықтық)

$$H = l + h_{\phi}, \quad (3.15)$$

мұнда  $h_{\phi}$  – сұйықағулық есептеуден есептеледі, (3.24) кейіптеме.

Деаэрациялық қондырғының өндірулігі 400 т/сағ дейін бойынша ағыншалар ұзындығын 350÷500 мм тең етіп қабылдау ұсынылады, ал одан үлкен деаэрациялық қондырғылар үшін оның ұзындығын 800 - 900 мм-ге өсірген тиімді, мұның мақсаты будың жылдамдығын шектеу, яғни тәрелке шегінен тамшылардың шығып кетуін болдырмау.

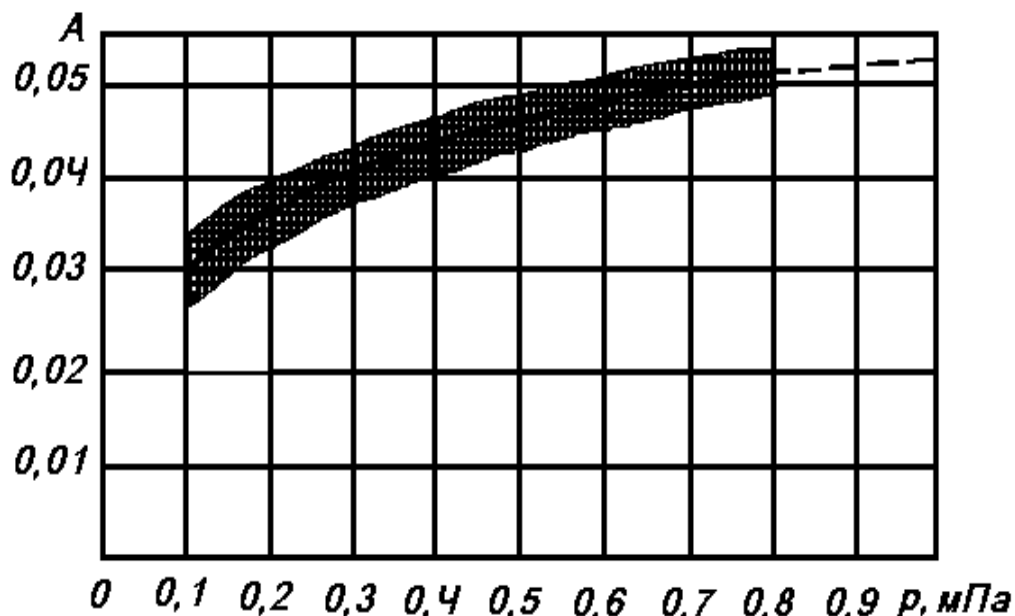
Тәрелкедегі саңылау диаметрін  $d_{\phi}$  5 - 8 мм тең етіп қабылданады. Тәрелкедегі саңылау қадамы ұяшықты орналасуы бойынша 18-20 мм етіп қабылданады.

Тәрелкедегі судың температурасын және бөліктегі будың шығысын анықтау үшін бөліктердегі суды қыздыру есептеуін жүргізу орындалады. Ағыншалар шоғын көлденең ағып өтуі кезінде, қысымы атмосферадан жоғары, суды қыздыру есептеуін жүргізу үшін келесі

$$\lg \frac{t_s - t_{kip}}{t_s - t_{шығ}} = A \frac{l}{d_o^{0.7}} \left( \frac{w_{\phi}}{w_o} \right)^{0.3}, \quad (3.16)$$

мұнда  $A$  – деаэратор қысымына тәуелді және 3.2 суреттегі сызбадан анықталатын коэффициент;

$t_s$  – деаэратор қысымы бойынша қанығу температурасы, °С;  
 $t_{к\text{ир}}, t_{ш\text{ыз}}$  – бөліктің кірісі мен шығысындағы судың температурасы, °С;  
 $l, d_o$  – ағыншалар ұзындығы және тәрелкедегі саңылаулардың диаметрі,  
 $m$ ;  
 $w_o$  – тәрелке саңылауынан судың ағып кетуінің орташа жылдамдығы,  
 $m/c$ ;  
 $w_n$  – ағыншалар шоғындағы будың орташа жылдамдығы,  $m/c$ .



3.2 сурет – ағындағы суды қыздыруды анықтау үшін  $A$  коэффициентінің 3.16 кейіптемесіндегі қысымға тәуелділігі

Бұл теңдеу үш белгісізден тұрады:  $w_o$ ,  $w_n$  и  $t_{ш\text{ыз}}$ , мұнда,  $t_{ш\text{ыз}}$  ізделінуші болып табылады. Саңылаулардан судың ағуының орташа жылдамдығын мына кейіптемеден табуға болады

$$w_o = \frac{G_k v'}{0.785 \cdot d_o^2 n}, \quad (3.17)$$

мұнда  $G_k$  – берілген тәрелке арқылы судың шығысы, мұндағы бірінші (жоғарғы) тәрелке арқылы шығысы қайнамайтын су ағындар шығысының  $\Sigma G_{nn}$  қосындысына тең.

Келесі тәрелке шығысына берілген бөліктегі шықталған будың мөлшері қосылады.

$v'$  – тәрелкедегі  $t$  және  $P$  бойынша судың меншікті көлемі,  $m^3/kg$ ;

$n$  – тәрелкедегі саңылаулар саны, мына кейіптемеден табуға болады

$$n = \frac{F}{s^2 \sin 60^\circ}, \quad (3.18)$$

мұнда  $F$  – деаэраторлық бағана тұрқысының диаметрінен және тәрелке центрінде немесе тәрелке мен тұрқы арасындағы сақиналық тесіктегі өту қимасының ауданынан есептелетін, тәрелкенің жалпы ауданы,  $m^2$ .

Ағыншалар шоғында шықтың қыздырылуы тізбектеле жақындау әдісімен анықталады. Ағыншалық шоқта шықтың қыздырылуының мәнін шамамен қабылдайды және осы қыздырылуға сәйкес шықталған будың мөлшерін есептейді

$$G_{\delta}^{\kappa} = \frac{\sum G_k (h_{u2}^T - h_{u1}^T)}{h_{\delta} - h_{u2}^T}, \quad (3.19)$$

мұнда  $h_{u1}^T$  и  $h_{u2}^T$  – қарастырылған тәрелкедегі шықтың энтальпиясы және келесі тәрелкедегі немесе су жүрісі бойынша соңғы тәрелкеден кейінгі деаэраторлық бағана ағызылуындағы шықтың энтальпиясы;

$h_{\delta}$  – будың энтальпиясы.

Булық ағынмен ағыншаның көлденең шайылуы кезінде ағыншалық шоқтың кірісі мен шығысындағы қималарындағы будың жылдамдығы мына кейіптемелер бойынша анықталады

$$w_{\delta}^{kip} = \frac{G_{\delta}^{kip} \cdot v''}{l \cdot \pi \cdot D_{kip} \cdot \left(1 - \frac{d_0}{s}\right)} \quad \text{және} \quad w_{\delta}^{шыг} = \frac{G_{\delta}^{шыг} \cdot v''}{l \cdot \pi \cdot D_{шыг} \cdot \left(1 - \frac{d_0}{s}\right)}, \quad (3.20)$$

мұнда  $G_{\delta}^{kip} = G_{\delta}^{\kappa} + G_{\delta}^{шыг}$  – ағыншалық шоқ кірісіндегі будың шығысы,  $кг/с$ ;

$G_{\delta}^{шыг}$  – ағыншалық шоқ шығысындағы будың шығысы,  $кг/с$  (бу жүрісі бойынша соңғысы болып табылатын, бірінші ағыншалық шоқ үшін  $G_{\delta}^{шыг} = G_{шык}$ );

$D_{kip}$  және  $D_{шыг}$  булық ағын қай бағытта жүруіне байланысты таңдалады. Егер ол бірінші бөлікте болғандай, шетінен центрге қозғалса, онда  $D_{kip} = D_1$  және  $D_{шыг} = D_2$ . Екінші бөлікте будың қозғалысы қарама-қарсы, центрден шетіне, демек,  $D_{kip} = D_2$  және  $D_{шыг} = D_1$ .

Ағыншалық шоқта будың орташа жылдамдығы орташа логарифмдік өлшем түрде кейіптеме бойынша

$$w_{\delta y} = \frac{w_{\delta y}^{kip} - w_{\delta y}^{шыг}}{\ln \frac{w_{\delta y}^{kip}}{w_{\delta y}^{шыг}}}. \quad (3.21)$$

(3.16) кейіптемеден алынған ағыншалық шоқтан шыққан шықтың температурасын қабылданған мәнмен салыстырады.

Егер алшақтық  $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$  –тан артса, қабылданған шоқтағы шықтың қыздырылу өлшемін өзгерту және есептеуді қайталау керек.

Бөліктегі будың орташа жылдамдығының есептік өлшемі тамшыларды әкетудің жойылу шарттары бойынша шекті рұқсаттыдан аспауы керек.. Деаэраторда берілген қысым үшін ағыншаның шоғында будың шекті рұқсатты жылдамдығы 3.3 суреттен анықталады.

Барлық бөліктегі бу қысымы тұрақты және деаэратордағы номиналды қысымға тең, ал бу – құрғақ қаныққан.

Жылулық есептеу бөліктегі будың орташа жылдамдығын анықтаумен байланысты, тәрелкедегі саңылауды қосқанда, бағананың әрбір бөлігінің сұлбесін бір уақытта орындалуы бойынша жүргізіледі. (3.4 сурет).

*Оттегі десорбциясын есептеу.*

Бөлікте оттегінің бөлінуін есептеу мына кейіптеме бойынша жүргізіледі

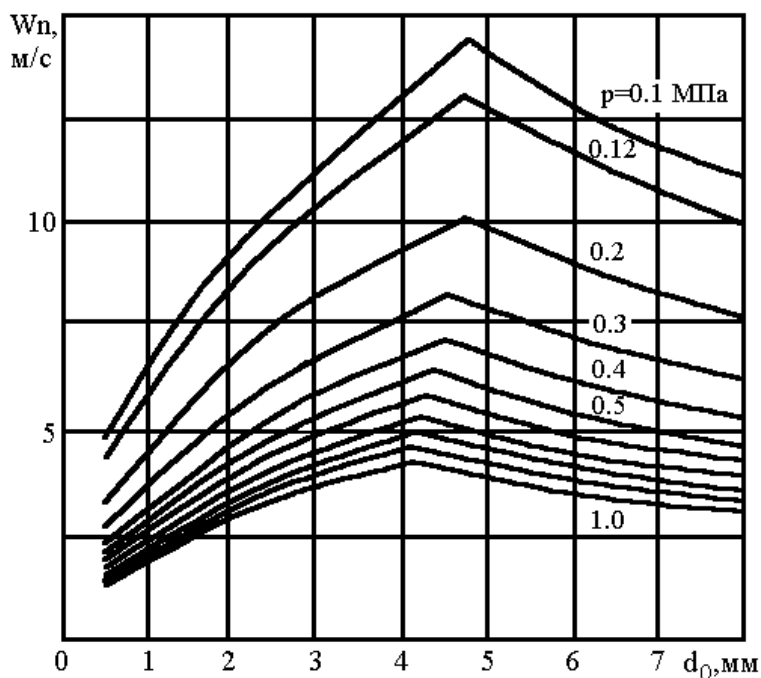
$$\lg \frac{c_{kip}}{c_{шығ}} = B \frac{l}{d_o^{0.7}} \left( \frac{w_{бу}}{w_o} \right)^{0.3} \sqrt{\frac{G_{cy}}{G_{бу}}}, \quad (3.22)$$

мұнда  $c_{kip}$ ,  $c_{шығ}$  – бастапқы және соңғы ағыншасында оттегінің концентрациясы, мг/кг;

$B$  – деаэратордағы қысымға тәуелді коэффициент, 3.5 суреттегі график бойынша анықталады;

$G_{бу}^k$  – берілген бөлікте шықталған бу мөлшері, кг/с;

$G_{cy}$  – бөліктің жоғарғы тәрелкесінен өткен судың шығысы, кг/с.

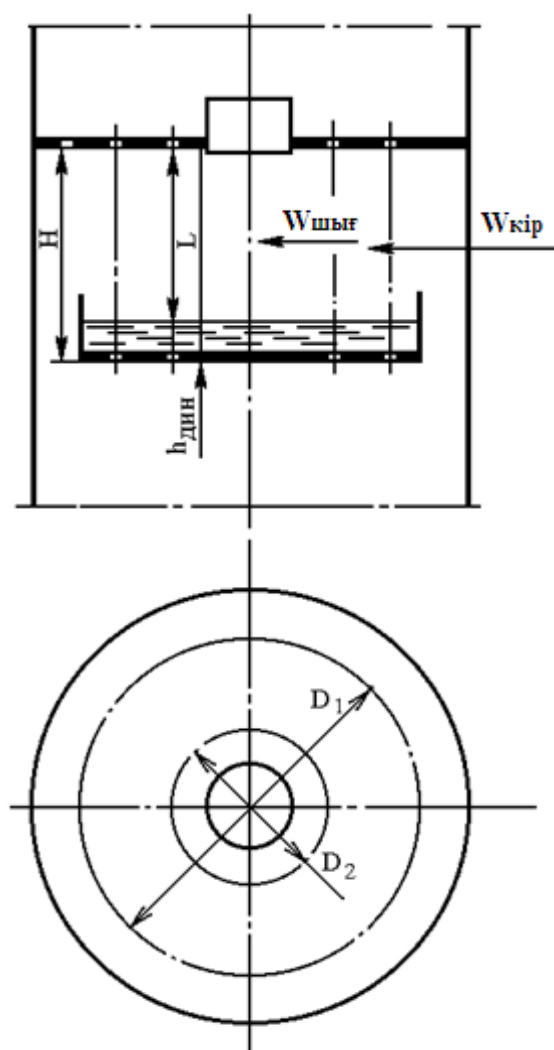


3.3 сурет – Ағыншалық бөліктегі будың шекті рұқсатты жылдамдығының деаэратордағы түрлі қысым кезіндегі ағыншаның бастапқы диаметріне тәуелділігі

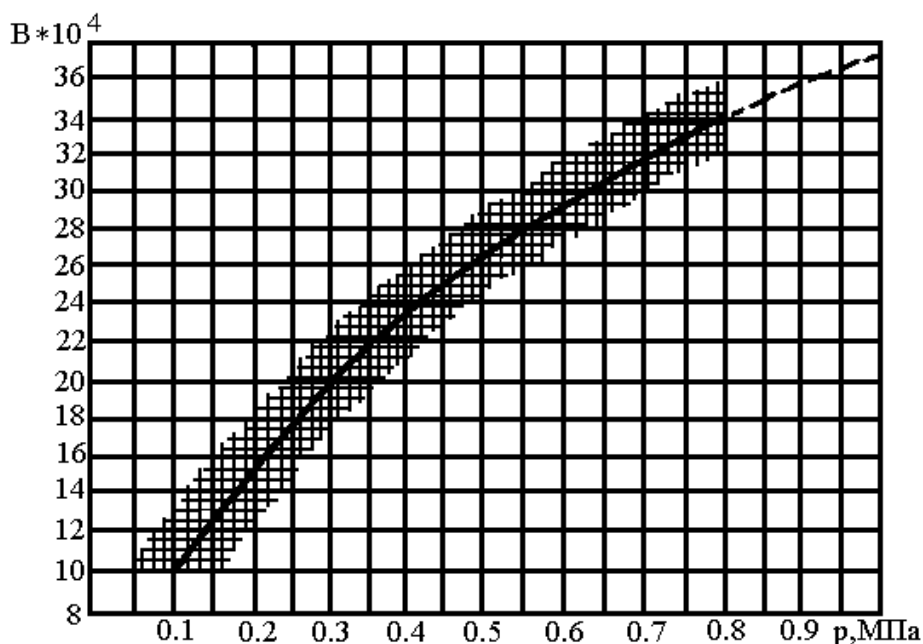


(3.22) кейіптеме бойынша фактілік концентрациясы анықталады, ал 3.2 кесте бойынша немесе (3.2) кейіптеме бойынша берілген бөліктің төменгі тәрелкесіндегі оттегінің қанығу концентрациясы анықталады.

(3.22) кейіптемесі бойынша оттегінің десорбциясымен параллель (3.1) кейіптеме бойынша әр тәрелкедедегі судың оттегімен қанығу дәрежесін  $\varphi$  анықтау керек. (3.22) кейіптеме бойынша есептеу, төменгі тәрелкесіндегі су оттегімен қанығуы  $2 \text{ мг/кг}$  артық емес күйге жеткен бөлікке дейін орындалады. Тәрелкелеріндегі  $\varphi > 1$  өлшемді бөліктер есептеуінде аса қанығу ескерілмейді. Бұл жағдайда бөліктің жоғарғы тәрелкелерінде бастапқы концентрациясы болып шектік концентрациясы қабылданады, ол берілген тәрелкедегі температура бойынша және деаэратор қысымы бойынша қанығу күйіне сәйкес, 3.1 кесте немесе (3.2) кейіптеме бойынша анықталады.



3.4 сурет – Ағыншалық бағана бөлігінің сұлбесі



3.5 сурет– В коэффициентінің (3.33) кейіптемесінде ағыншалардағы оттегінің абсорбция коэффициенті үшін қысымға тәуелділігі

### 3.5.2 Сұйықағулық есептеу.

Сұйықағулық есептеу кезінде тесік тәрелкелердегі саңылаулар саны (3.18) бойынша анықталады, кейін тәрелкелерді құрылмалау барысында нақтыланады. тәрелкелер борттары арқылы судың төгілуін болдырмау үшін тәрелкедегі судың динамикалық деңгейіне байланысты олардың биіктігін есептеп алу керек.

Тәрелкедегі судың салыстырмалы деңгейі мына кейіптеме бойынша анықталады

$$h = \frac{h_c + \Delta p}{H_o}, \quad (3.23)$$

мұнда  $H_o$  – тәрелке бортының биіктігі, м.

Тәрелке бортының биіктігі судың динамикалық деңгейінен шамамен 1,4 - 1,5 есе жоғары қабылданады. Тәрелкедегі судың динамикалық деңгейі  $h_d$   $h_c$  гидростатикалық деңгей және будың ағыншалық шоқ пен жергілікті кедергі арқылы будың өтуі кезіндегі қысым шығындар қосындысынан біріктіріледі

$$h_d = h_c + \Delta p. \quad (3.24)$$

Гидростатикалық деңгей тең

$$h_c = \frac{w_o^2}{2g\mu_p^2}, \quad (3.25)$$

мұнда  $\mu_p$  – дөңгелек саңылау үшін шығыс коэффициенті.

5 - 8 мм саңылаулар және тәрелке қалыңдығы 4 - 6 мм үшін коэффициент мәнін 0,75-ке тең деп қабылдауға болады.

Қысым шығыны

$$\Delta p = \Delta p_1 + \sum \Delta p_2, \quad (3.26)$$

мұнда  $\Delta p$  – ағынша шоғының булық кедергісі, *м су. бағ.*;

$\sum \Delta p_2$  – бөліктер арасында бу трактысының жергілікті кедергілерінің қосындысы, *м су. бағ.*

$\Delta p_1$  өлшемін келесідей қабылдауға болады

$$\Delta p_1 = 0,001 \cdot z, \quad (3.27)$$

мұнда  $z$  – бу жүрісі бойынша ағыншалар қатарының саны.

Мұнда ағыншаның бір қатарының булық кедергісі *1 мм су. бағ.* тең болып қабылданған. Ағыншалар саны мына кейіптеме бойынша есептеледі

$$z = \frac{m}{s \sin 60^\circ}, \quad (3.28)$$

мұнда  $m$  – бу қозғалысының бағыты бойынша ағыншалық шоқтың тереңдігі,  $0,5(D_2 - D_1)$  *м*-ге тең.

Жергілікті кедергілер будың бөліктен бөлікке қозғалу жолы бойынша ағыс бұрылысы мен қималардың кенет өзгеруінен қиыстырылады

$$\sum \Delta p_2 = \sum \xi \frac{w_n^2}{2g} \frac{\rho_n}{1000}. \quad (3.29)$$

$180^\circ$ - қа бұрылу кезінде жергілікті кедергі  $\xi_{180}=3,5 - 4$  өлшемді құрайды. Үшкір жиекті тәрелкелер шетінің кедергі коэффициенті (3.30) кейіптеме бойынша анықталады және 1 - 3 аралық шегінде жатады

$$\xi = \left( 1 + 0,707 \sqrt{1 - \frac{F_1}{F_2}} \right)^2, \quad (3.30)$$

мұнда  $F_1$  – шет ауданы,  $m^2$ ;

$F_2$  – бөлік қимасының ауданы,  $m^2$ .

### 3.5.3 Құрылмалық ерекшеліктері және бағаналар өлшемдері.

Деаэрациялық бағаналар арнайы құбырша және фланцтық біріктірулердің көмегімен бак-аккумуляторға тікелей орналастырылады. Бағана диаметрі бак диаметрінен 0,7 - ден аспауы керек.

Бағана келесі негізгі элементтерден құралған: тұрқы, су тарату құрылғы, тесік тәрелкелер, қыздырылған буды енгізу біріктірілмелерден және қайнамайтын су ағынын енгізу және шықтанбаған буды әкету штуцерінен құралады.

Бағана тұрқысы эллипстік табаны бар цилиндрлік ыдыс түрінде жасалады. Қайнамайтын су ағынының штуцерлері бір көлденең жазықта су тарату құрылғы деңгейінде орналастырылған. Шықтанбаған буды әкету штуцері бағананың жоғарғы табанында орнатылған.

Су тарату құрылғысы қайнамайтын су ағынын ығыстыру және оны ағыншаға ұсақтау үшін арналған.

Бағанаға қыздырылған буды енгізу біріктіріме арқылы жүзеге асады. Бақтағы судың бетіндегі желдетуді жақсарту үшін, температурасы 250 °С-қа дейін қыздырылған буды, бу кеңістігі арқылы деаэраторлық бағанаға жіберген тиімді. Бұл жағдайда колонкадан су ешқандай жинақтағыш құрылғыларсыз бакка тікелей құйылуы керек. Температурасы 250 °С-тан жоғары қыздырылған буды, бағананың барлық қимасы бойынша буды тарататын, перфорацияланған коллектордың көмегімен бағанаға тікелей жіберу керек. Бұл шара бак тұрқысында жарықтардың түзілуін жою үшін қажет.

Деаэрациялық бағаналарда орналасқан біріктірілген штуцерлер диаметрі келесі кейіптемемен есептеледі

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{G \cdot v}{0,785 \cdot w}} \quad (3.31)$$

Штуцердағы будың жылдамдығын келесідей қабылдау ұсынылады:

-  $p = 0,12 \div 0,14$  МПа бойынша  $\Rightarrow w_n = 40 - 70$  м/с;

-  $p = 0,6 \div 1,0$  МПа бойынша  $\Rightarrow w_n = 30 - 40$  м/с.

Штуцерда судың жылдамдығын 1,5 - 2,5 м/с шегінде таңдау ұсынылады. Тәрелкенің орталық шетінде немесе тұрқы мен тәрелке арасындағы саңылау ауданын ондағы будың жылдамдығы 0,5 - 2 м/с аралық шегінде жататындай етіп таңдау қажетті.

## Әдебиеттер тізімі

### *Негізгі*

1 Назмеев Ю.Г., В.М. Лавыгин В.М., Теплообменные аппараты ТЭС. Учебное пособие для вузов. МЭИ, 2005. – 260 с.

2 Соколов А.И. Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций. – Алматы: АИЭС, 2005. – 81 с.

3 Соколов А.И. Вспомогательное оборудование ТЭС. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов 050717 - Теплоэнергетика. – Алматы: АИЭС, 2008. – 21 с.

4 Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для вузов /Под ред. В.Я.Гиршфельда – 4-е изд.перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2014. –327 с.: ил.

5 Елизаров Д.П., Теплоэнергетические установки электростанций. - М.: МЭИ, 2009. – 264 с.

6 Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. - Изд. 3-е, перераб. - Москва: Издательство МЭИ, 2004. - 422, [1] с.: ил.

7 Тепловые и атомные электрические станции: Справочник. /под общ. ред. чл-корр. РАН А.В.Клименко и проф. В.М. Зорина. - 3-е изд. перераб. и доп. -М.: МЭИ, 2003. - 645 с.: ил. (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 3).

8 Методика выбора тепломеханического оборудования ТЭС : учебное пособие / Л.А. Федорович, А.П. Рыков. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 52 с.

### *Қосымша*

9 Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: Издательство МЭИ, 1999.

10 Огай В.Д., Тепловой расчет испарителя. Методические указания к курсовой работе для студентов 2201 – Тепловые электрические станции. – Алматы: АИЭС, 2000. – 12 с.

Андрей Анатольевич Кибарин  
Галия Муафеевна Тютеебаева  
Татьяна Викторовна Ходанова  
Динара Тынысбековна Муканова

### ЖЭС-НЫҢ КӨМЕКШІ ЖАБДЫҚТАРЫ

5B071700 – Жылу энергетикасы  
мамандығының студенттері үшін курстық  
жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Редакторы Б.С. Касымжанова  
Стандарттау бойынша маман Н.Қ. Молдабекова

Басуға \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . қол қойылды  
Таралымы 50 дана.  
Көлемі 2,0 есептік-баспа табақ

Пішіні 60x84 1/16  
Баспаханалық қағаз №  
Тапсырыс Бағасы \_\_\_\_ тенге

«Алматы энергетика және байланыс университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамының  
көшірмелі-көбейткіш бөлімі  
050013, Алматы қаласы, Байтұрсынұлы көшесі, 126