

	Madaliyev Erkin O'rinboevich	1954-yili Farg'ona viloyatida tug'ilgan. 1971-yili Farg'ona davlat pedagogika institutining "Fizika" fakultetiga o'qishga kirib, 1976-yilda "Fizika va umumtexnika fanlari" ixtisosligi bo'yicha tamomlagan. 1992-yildan 1993-yilgacha "Gidravlika, gidroyuritmalar va issiqlik texnikasi" kafedrasiga assistenti, 1993-yildan 2007-yilgacha Farg'ona politehnika instituti "Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi" kafedrasini mudiri, 2010-2012-yillarda Qurilish fakulteti dekani, 2012-yildan "Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi" kafedrasini dotsenti lavozimida ishlab kelmoqda. Texnika fanlari nomzodi, dotsent. U 2 ta darslik, 4 ta o'quv qo'llanma va 2 ta monografiya muallifidir.	
	Madraximov Mamadali Mamadaliyevich	1957-yili Namangan viloyatida tug'ilgan. 1976-yili Toshkent davlat universitetining «Amaliy matematika va mexanika» fakultetiga o'qishga kirib, 1981-yilda "Suyuqlik va gazlar mexanikasi" ixtisosligi bo'yicha tamomlab, 1981-1995-yillarda "Gidravlika, gidroyuritmalar va issiqlik texnikasi" kafedrasiga assistent, 1995-2000-yillarda Farg'ona politehnika instituti bosh muxandisi, 2000-2002-yillarda Qurilish fakulteti dekani muvoni, 2002-2019 yillarda "Muxandislik kommunikatsiyalari qurilishi" kafedrasini katta o'qituvchisi, 2019 yildan boshlab "Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi" kafedrasini mudiri lavozimida ishlab kelmoqda.	
	Abdulhayev Zohidjon Erkinjonovich	1991-yilda Farg'ona viloyati Farg'ona tumanida tug'ilgan. 2008-2012 yillarda Farg'ona politehnika institutining Energetika fakulteti "Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari" ta'lim yo'nalishini tamomlagan. 2012-2014 yillarda Farg'ona politehnika institutining "Issiqlik energetikasi" mutaxassisligini bo'yicha magistraturani tamomlagan. 2014-2020 yillarda Farg'ona politehnika instituti "Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi" kafedrasida assistent lavozimida ishlagan, 2021-yildan 01.02.05 – "Suyuqlik va gaz mexanikasi" ixtisosligi bo'yicha (PhD) tayanch doktoranti.	
	Usmonova Nodiraxon Akramovna	1983-yilda Farg'ona viloyati Qo'shtepa tumanida tug'ilgan. 2001-2005 yillarda Farg'ona politehnika institutining Qurilish fakulteti "Bino va inshootlar qurilishi (Kasbiy ta'lim)" yo'nalishini tamomlagan. 2005-2007 yillarda Farg'ona politehnika institutining "Suv ta'minoti, kanalizatsiya va suv resurslarini muhofazasi va ulardan foydalanish" mutaxassisligi bo'yicha magistraturani tamomlagan. 2007-2018 yillarda Qo'shtepa qurilish va sanoat kasb-hunar kollejida "Maxsus fanlar" o'qituvchisi lavozimida ishlagan. 2018-yildan Farg'ona politehnika instituti "Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi" kafedrasida assistent lavozimida ishlab kelmoqda.	

ISBN 978-9943-7189-6-8



9 789943 718968 >

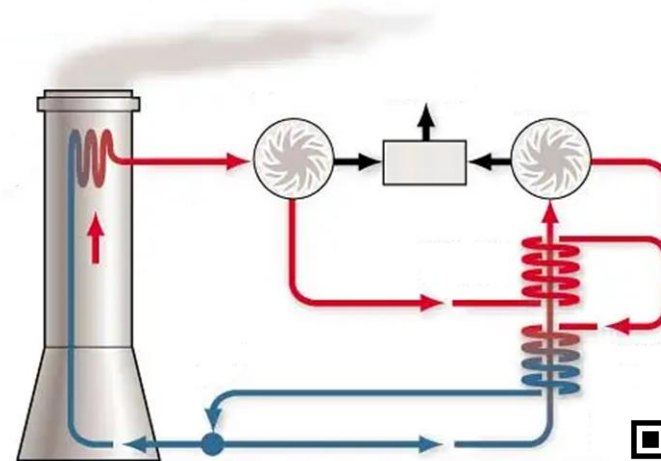


©AL-FERGANUS, 2021.



**MADALIYEV E.O', MADRAXIMOV M.M.,  
ABDULHAYEV Z.E., USMONOVA N.A.**

## **ENERGETIK QURILMALAR (gidro va issiqlik)**



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**FARG‘ONA POLITEXNIKA INSTITUTI**

**MADALIYEV E.O‘., MADRAXIMOV M.M., ABDULHAYEV Z.E.,  
USMONOVA N.A.**

**ENERGETIK QURILMALAR  
(gidro va issiqlik)**

*Farg‘ona politexnika instituti kengash tomonidan  
5310100 – «Energetika (gidroenergetika)» yo‘nalishi  
talabalari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilgan*

**Farg‘ona -AL-FERGANUS - 2021**



**КБК 31.277**

**М 14**

**UO'K 620.9(075)**

**М 14**

**ISBN 978-9943-7189-6-8**

**Madaliyev, Erkin O‘rinboyevich**

**Energetik qurilmalar (gidro va issiqlik) [Matn] : o‘quv qo‘llanma / E.O'. Madaliyev.- Farg'ona.-OOO "AL-FERGANUS", 2021.-258 b.**

Ушбу ўқув қўлланма Олий таълимнинг 5310100 – Энергетика (гидроэнергетика) таълим йўналиши бўйича билим олаётган талабалар учун мўлжалланган. Ўқув қўлланма йўналишнинг ДТС, ишчи ўқув режа ва фан дастурига мос келади. Китобда гидро ва энергетик қурилмаларнинг асослари баён қилинган. Ўқув қўлланмада асосий эътибор насос станциялари, гидроэлектр станциялар, гидротурбиналар, гидроаккумуляцион электр станциялари ва кичик ГЭС лар, буғ ва газ турбинали қурилмалар, саноат печлари, қозон агрегатлари, атом электр станциялари, қайта тикланадиган иссиқлик манбааларига қаратилган. Энергетик қурилмаларнинг термодинамик жараёнлари, ёқилғининг ёниш жараёнлари ўрганилган. Китобда назорат саволлари ва иловаларда зарурий маълумотлар келтирилган.

### **Taqrizchilar:**

**Yo.S.Abbosov** - texnika fanlari doktori, professor, Farg'ona politexnika instituti “Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi” kafedراس professori.

**F.X. Nishonov** – PhD Namangan muhandislik va qurilish instituti “Muhandislik kommunikatsiyalarini loyihalash, qurish va ishlatish” kafedراس dotsenti.

*Farg'ona politexnika instituti Kengashining 2021 yil 31 – martdagi yig'ilishi bilan nashrga tavsia etilgan (8 – sonli bayonnoma).*

ISBN 978-9943-7189-6-8



9 789943 718968 >



**DOI:** <https://doi.org/10.5281/zenodo.5040550>

**ISBN: 978-9943-7189-6-8**

© Madaliyev E.O‘., Madraximov M.M., Abdulhayev Z. E., Usmonova N.A., 2021.

© «AL-FERGANUS», 2021.

## **АННОТАЦИЯ**

Ушбу ўқув қўлланма Олий таълимнинг 5310100 – Энергетика (гидроэнергетика) таълим йўналиши бўйича билим олаётган талабалар учун мўлжалланган. Ўқув қўлланма йўналишнинг ДТС, ишчи ўқув режа ва фан дастурига мос келади. Китобда гидро ва энергетик қурилмаларнинг асослари баён қилинган. Ўқув қўлланмада асосий эътибор насос станциялари, гидроэлектр станциялар, гидротурбиналар, гидроаккумуляцион электр станциялари ва кичик ГЭС лар, буғ ва газ турбинали қурилмалар, саноат печлари, қозон агрегатлари, атом электр станциялари, қайта тикланадиган иссиқлик манбааларига қаратилган. Энергетик қурилмаларнинг термодинамик жараёнлари, ёқилғининг ёниш жараёнлари ўрганилган. Китобда назорат саволлари ва иловаларда зарурий маълумотлар келтирилган.

## **АННОТАЦИЯ**

Учебное пособие предназначается для студентов направления 5310100 – Энергетика (гидроэнергетика). Учебное пособие отвечает требованиям государственного стандарта обучения, рабочему плану обучения и рабочей учебной программе. В учебном пособии основное внимание уделяется насосным и гидроэлектрическим станциям, гидротурбинам, ГАЭС, паро и газовым турбинам, промышленным печам, котельным агрегатом и АЭС, возобновляемым источником энергии. Рассмотрены термодинамические процессы энергетических установок, изучены процессы горения топлив. В книге приведены контрольные вопросы, а также даны необходимые сведения по дисциплине в приложении.

## **ANNOTATION**

The textbook is intended for students of the direction 5310100-Power Engineering (hydropower). The textbook meets the requirements of the state standard of training, the work plan of training and the working curriculum. The textbook focuses on pumping and hydroelectric stations, hydro turbines, hydroelectric power plants, steam and gas turbines, industrial furnaces, boiler units and nuclear power plants, renewable energy sources. The thermodynamic processes of power plants are considered, gorenje propellants processes are studied. The book contains control questions, as well as the necessary information on the discipline in the appendix.

## MUNDARIJA

SO‘Z BOSHI.....	16
KIRISH.....	17
1-MAVZU. NASOS STANSIYALARI. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI .....	18
1.1. Nasos stansiyalarining sinfiy guruhlari va joylashish sxemalari .....	18
1.2. Nasos stansiyasining asosiy parametrlari.....	19
1.3. Nasoslarning turlari va asosiy ko‘rsatkichlari.....	24
1.4. Parrakli nasoslar, ularning turlari va tuzilishi .....	28
1.4.1. Markazdan qochma nasoslar .....	28
1.4.2. O‘qiy nasoslar .....	30
1.4.3. Parrakli nasoslarda oqim harakati.....	31
1.4.4. Parrakli nasoslarning asosiy tenglamasi.....	33
1.4.5. Nasoslarni modellashtirish. Nasoslar ko‘rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari.....	35
1.4.6. Nasoslarda kavitatsiya hodisasi va ularning chegaralangan so‘rish balandligini aniqlash.....	37
1.4.7. Nasoslarning xarakteristikalarini .....	39
1.4.8. Nasos ish rejimini rostdash usullari .....	41
1.4.9. Nasoslarning birgalikdagi ishi .....	44
1.5. Nasoslarning boshqa turlari.....	46
1.5.1. Uyurmaviy nasoslar.....	46
1.5.2. Porshenli nasoslar.....	47
1.5.3. Qudug‘ nasoslari .....	49
1.6. Nasoslarni soni va markasini tanlash .....	50
1.6.1 Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini aniqlash .....	50
1.6.1. Nasoslar sonini aniqlash .....	51
1.6.3. Nasoslar markasini aniqlash .....	52
1.7. Nasoslar uchun elektrodvigatel tanlash.....	52
1.8. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari.....	54
1.8.1. Mexanik jihozlar.....	54
1.8.2 Vakuum-sistemalar.....	55
1.8.3. Texnik suv, moy va siqilgan havo bilan ta‘minlash tizimlari.....	56
1-mavzu bo‘yicha nazorat savollari.....	57
2-MAVZU. GIDROELEKTROSTANSIYALARNING ASOSIY PARAMETRLARI VA BINOLARI.....	59
2.1. GESning asosiy parametrlari .....	59
2.2. Hidroelektr stansiyasi binolari .....	62
2.2.1. O‘zanda joylashgan GES binosi .....	63
2.2.2. To‘g‘onli GES binolari.....	65
2.2.3. Derivatsiya GESi binosi .....	65
2.2.4. GES binosi hisoblari va loyihalashning asosiy masalalari .....	66
2-mavzu bo‘yicha nazorat savollari.....	70
3-MAVZU. GIDROTURBINALAR XARAKTERISTIKALARI, TUZILISHI, SINFIY GURUHLARI VA ASOSIY PARAMETRLARI.....	71

3.1. Hidravlik turbinalarning tuzilishi, sinfiy guruhlari va asosiy parametrlari ...	71
3.1.1. Hidravlik turbinalarning sinfiy guruhlari .....	71
3.1.2. Hidroturbinalar tuzilishi.....	72
3.1.3. Hidravlik turbinalarning asosiy parametrlari.....	76
3.2. GESning energetik jihozlari, ularning tarkibi turlari va parametrlari .....	94
3.2.1. Hidrogeneratorlar, ularning ko'rsatkichlari, turlari va tuzilishi. ....	95
3.2.2. Transformatorlar, ularning turlari va asosiy parametrlari.....	97
3.2.3. Elektr ulash sxemalari.....	98
3.3. GESning yordamchi jihozlari va ularning turlari.....	99
3.3.1. Ko'tarish – tashish mexanizmlari .....	100
3.3.2. Yog' bilan ta'minlash xo'jaligi.....	101
3.3.3. Texnik suv ta'minoti .....	102
3.3.4. Siqilgan havo bilan ta'minlash xo'jaligi.....	102
3-mavzu bo'yicha nazorat savollari.....	103
4-MAVZU. GIDROAKKUMULYATSIYA ELEKTR STANSIYALARI VA KICHIK GESLAR .....	104
4.1. Hidroakkumulyatsiya stansiyalarining turlari .....	104
4.2. GAESning asosiy parametrlari.....	106
4.3. Kichik quvvatli GES, ularning turlari, jihozlari va binosining tuzilishi .....	109
4-mavzu bo'yicha nazorat savollari.....	114
5- MAVZU. BUG' TURBINALARI.....	115
5.1. Bug' - kuch qurilmasining nazariy sikli .....	115
5.2. Regenerativ siklli bug' – kuch qurilmasi.....	119
5.3. Binar siklli bug' – kuch qurilmasi .....	121
5.4. Teplofikatsion bug'-kuch qurilmasi .....	124
5.5 Bug' turbinasi.....	127
5-mavzu bo'yicha nazorat savollari.....	131
6- MAVZU. GAZ - TURBINALI QURILMALAR .....	133
6.1. Gaz – turbinali qurilmalar.....	133
6.2. Issiqlik $P = \text{const}$ da uzatiladigan GTQ.....	134
6.3. Issiqlik $V=\text{const}$ da uzatiladigan GTQ.....	136
6.4. GTQ sikllarini taqqoslash .....	138
6.5. Gaz – turbinali qurilmaning F.I.K. ni oshirish yo'llari.....	139
6- mavzu bo'yicha nazorat savollari.....	143
7-MAVZU. SANOAT PECHLARI. O'TXONA. ....	144
7.1. Sanoat pechlari haqida umumiy ma'lumot .....	144
7.2. O'txona qurilmalari .....	146
7.3. O'txona qurilmalarining issiqlik-texnikaviy ko'rsatkichlari. ....	152
7- mavzu bo'yicha nazorat savollari.....	153
8-MAVZU. QOZON AGREGATLARI. YOQILG'I VA UNING XOSSALARI	154
8.1. Qozon qurilmasi, uning tuzilishi va ishlash tartibi.....	154
8.2. To'g'ri oqimli qozonlar .....	164
8.3. Qozon agregatning asosiy issiqlik uzatish sirtlari.....	165
8.4. Qozon qurilmasining yordamchi uskunalari. ....	170
8.5. Qozon agregatining issiqlik balansi.....	175

8.6. Yoqilg‘i va uning xossalari.....	179
8.7. Yoqilg‘ining yonish issiqligi .....	185
8.8. Yoqilg‘ining yonish jarayonlari.....	188
8.9. Yonish jarayonlarini hisoblash.....	197
8.10. Yoqilg‘ini yondirishga tayyorlash.....	201
8- mavzu bo‘yicha nazorat savollari.....	208
9-MAVZU. ATOM ELEKTR STANSIYALARI. QAYTA TIKLANADIGAN ISSIQLIK MANBALARI. ....	210
9.1. Atom elektr stansiyalarning issiqlik sxemalari.....	210
9.2. Atom issiqlik stansiyalari(AIS). ....	214
9.3. Qayta tiklanadigan issiqlik manbalari.....	217
9- mavzu bo‘yicha nazorat savollari.....	222
ILOVALAR.....	223
GLOSSARIY .....	245
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI.....	253



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	16
В ВЕДЕНИЕ .....	17
1-ТЕМА. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ. ВИДЫ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ .....	18
1.1. Виды насосных станций и схемы расположения .....	18
1.2. Основные параметры насосных станций.....	19
1.3. Виды насосов и основные показатели.....	24
1.4. Лопастные насосы, виды и структура .....	28
1.4.1. Центробежные насосы.....	28
1.4.2. Осевые насосы .....	30
1.4.3. Движение потока в лопастном насосе.....	31
1.4.4. Основные уравнения лопастных насосов.....	33
1.4.5. Моделирование насосов. Расчет основных параметров .....	35
1.4.6. Явление кавитации в насосах и определение высоты всасывания.....	37
1.4.7. Основные характеристики насосов.....	39
1.4.8. Определение рабочих параметров режимов работы насосов.....	41
1.4.9. Совместная работа насосов .....	44
1.5. Другие виды насосов.....	46
1.5.1. Вихревые насосы.....	46
1.5.2. Поршневые насосы .....	47
1.5.3. Скваженные насосы.....	49
1.6. Выбор количества и марки насосов .....	50
1.6.1. Определение подачи воды и производительности насосов .....	50
1.6.2. Определение количества насосов.....	51
1.6.3. Определение марки насосов .....	52
1.7. Выбор электродвигателей для насосов .....	52
1.8. Вспомогательное оборудование насосных станций .....	54
1.8.1. Механическое оборудование .....	54
1.8.2. Вакуумные системы.....	55
1.8.3. Системы снабжения технической водой, маслом и сжатым воздухом 56	
Контрольные вопросы по теме 1.....	57
2-ТЕМА. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ЗДАНИЯ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ (ГЭС).....	59
2.1. Основные параметры (ГЭС) .....	59
2.2. Здание ГЭС .....	62
2.2.1. Здание ГЭС расположенного в русле .....	63
2.2.2. Здание ГЭС в плотинах.....	65
2.2.3. Здание деривационных ГЭС .....	65
2.2.4. Основные задачи при проектировании здания ГЭС .....	66
Контрольные вопросы по теме 2.....	70
3-ТЕМА. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СТРУКТУРА ГИДРО ТРУБИН .....	71
3.1. Структура, виды и основные параметры гидротурбин .....	71

3.1.1. Классификация гидротурбин.....	71
3.1.2. Структура гидротурбин.....	72
3.1.3. Основные параметры гидротурбин.....	76
3.2. Энергетическое оборудование ГЭС, виды и основные параметры .....	94
3.2.1 Гидрогенераторы, структура, виды и основные параметры.....	95
3.2.2. Трансформаторы, их типы и основные параметры .....	97
3.2.3. Схемы электропитания .....	98
3.3. Вспомогательные оборудования ГЭС.....	99
3.3.1. Механизмы подъема и транспортировки.....	100
3.3.2. Хозяйство обеспечения маслом.....	101
3.3.3. Обеспечение технической водой .....	102
3.3.4. Хозяйство обеспечения с жатым воздухом.....	102
Контрольные вопросы по теме 3.....	103
4-ТЕМА. ГИДРОАККУМУЛЯЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ МАЛЫЕ ГЭС.....	104
4.1. Виды гидроаккумуляционных станций (ГАЭС) .....	104
4.2. Основные параметры ГАЭС.....	106
4.3. Маломощные ГЭС, виды, оборудование, структура зданий.....	109
Контрольные вопросы по теме 4.....	114
5-ТЕМА. ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ .....	115
5.1. Теоретический цикл ПТУ.....	115
5.2. ПТУ с регенеративным циклом.....	119
5.3. ПТУ с бленарным циклом.....	121
5.4. ПТУ с регенеративным циклом .....	124
5.5 Паровые турбины.....	127
Контрольные вопросы по теме 5.....	131
6-ТЕМА. ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ (ГТУ) .....	133
6.1. Газотурбинные установки .....	133
6.2. Цикл ГТУ при $P = const$ .....	134
6.3. Цикл ГТУ при $V=const$ .....	136
6.4. Сравнение Циклов ГТУ.....	138
6.5. Методы повышения к.п.д ГТУ.....	139
Контрольные вопросы по теме 6.....	143
7-ТЕМА. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПЕЧИ И ТОПКИ .....	144
7.1. Промышленные печи .....	144
7.2. Топки .....	146
7.3. Техничко-экономические показатели топки .....	152
Контрольные вопросы по теме 7.....	153
8-ТЕМА. КОТЛОАГРЕГАТЫ. ТОПЛИВО И ЕГО СВОЙСТВА.....	154
8.1. Устройство котла, его устройство и режим работы.....	154
8.2. Котлы прямоточные .....	164
8.3. Основные теплообменные поверхности котлоагрегата.....	165
8.4. Вспомогательное оборудование котла.....	170
8.5. Тепловой баланс котлоагрегата .....	175
8.6. Топливо и его свойства .....	179

8.7. Теплота сгорания топлива .....	185
8.8. Процессы сжигания топлива .....	188
8.9. Расчет процессов горения .....	197
8.10. Подготовка к сжиганию топлива.....	201
Контрольные вопросы по теме 8.....	208
9-ТЕМА. АЭС. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.....	210
9.1. Схемы АЭС .....	210
9.2. Атомные тепловые станции.....	214
9.3. Возобновляемые источники энергии .....	217
Контрольные вопросы по теме 9.....	222
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	223
ГЛОССАРИЙ .....	245
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	253

## TABLE OF CONTENTS

FOREWORD .....	16
INTRODUCTION.....	17
TOPIC 1. PUMP STATIONS. THEIR TYPES, MAIN PARAMETERS AND EQUIPMENT .....	18
1.1. Class groups and layout diagrams of pumping stations.....	18
1.2. Basic parameters of the pump station.....	19
1.3. Types and main parameters of pumps.....	24
1.4. Bladed pumps, their types and structure.....	28
1.4.1. Centrifugal pumps.....	28
1.4.2. Axial pumps.....	30
1.4.3. Flow movement in the vane pump.....	31
1.4.4. The basic equation of vane pumps.....	33
1.4.5. Modeling of pumps. Formulas for recalculation of pump performance .....	35
1.4.6. Determination of cavitation phenomenon in pumps and their limited suction height.....	37
1.4.7. Characteristics of pumps.....	39
1.4.8. Methods of adjusting the pump operating mode.....	41
1.4.9. Collaboration of pumps.....	44
1.5. Other types of pumps.....	46
1.5.1. Vortex pumps.....	46
1.5.2. Piston pumps.....	47
1.5.3. Pumps for wells.....	49
1.6. Selection of number and brand of pumps.....	50
1.6.1 Determining the water supply efficiency of a pumping station.....	50
1.6.1. Determining the number of pumps.....	51
1.6.3. Determination of the brand of pumps.....	52
1.7. Selection of electric motors for pumps.....	52
1.8. Auxiliary equipment of the pump station.....	54
1.8.1. Mechanical equipment.....	54
1.8.2 Vacuum-systems.....	55
1.8.3. Technical water, oil and compressed air supply systems.....	56
Control questions on topic 1.....	57
TOPIC 2. MAIN PARAMETERS AND BUILDINGS OF HYDROELECTRIC POWER STATIONS.....	59
2.1. Basic parameters of HPS.....	59
2.2. Hydroelectric power station buildings.....	62
2.2.1. The building of the hydroelectric power station when laid in the riverbed..	63
2.2.2. Dam HPS buildings.....	65
2.2.3. Derivation HPS building.....	65
2.2.4. Calculations of the HPS building and the main issues of design.....	66
Control questions on topic 2.....	70
TOPIC 3. CHARACTERISTICS, STRUCTURE, CLASS GROUPS AND MAIN PARAMETERS OF HYDROTURBINES .....	71
3.1. Structure, class groups and basic parameters of hydraulic turbines.....	71

3.1.1. Class groups of hydraulic turbines .....	71
3.1.2. The structure of hydroturbines .....	72
3.1.3. Basic parameters of hydraulic turbines .....	76
3.2. Power plants of HPSs, types and parameters of their composition .....	94
3.2.1 Hydrogenerators, their characteristics, types and structure .....	95
3.2.2. Transformers, their types and basic parameters .....	97
3.2.3. Electrical connection schemes .....	98
3.3. Auxiliary equipment of HPS and their types .....	99
3.3.1. Lifting - transport mechanisms .....	100
3.3.2. Oil supply farm.....	101
3.3.3. Technical water supply.....	102
3.3.4. Compressed air supply farm.....	102
Control questions on topic 3.....	103
<b>TOPIC 4. HYDROACCUMULATION POWER STATIONS AND SMALL HYDROELECTRIC POWER STATIONS .....</b>	<b>104</b>
4.1. Types of hydroaccumulation stations.....	104
4.2. Basic parameters of hydroaccumulation power plants .....	106
4.3. Small-capacity HPSs, their types, equipment and building structure .....	109
Control questions on topic 4.....	114
<b>TOPIC 5. STEAM TURBINES.....</b>	<b>115</b>
5.1. Steam is the theoretical cycle of a power device .....	115
5.2. Regenerative cycle steam is a power device.....	119
5.3. Binary cycle steam is a power device .....	121
5.4. Teplofikation steam-power device .....	124
5.5 Steam turbine .....	127
Control questions on topic 5.....	131
<b>TOPIC 6. GAS - TURBINE DEVICES.....</b>	<b>133</b>
6.1. Gas turbine devices .....	133
6.2. Gas turbine devices where heat is transferred at $P = \text{const}$ .....	134
6.3. Gas turbine devices where heat is transferred at $V = \text{const}$ .....	136
6.4. Comparison of gas turbine device cycles .....	138
6.5. Ways to increase the efficiency of a gas turbine unit .....	139
Control questions on topic 6.....	143
<b>TOPIC 7. INDUSTRIAL FURNACES. FIREHOUSE.....</b>	<b>144</b>
7.1. General information about industrial furnaces.....	144
7.2. Firehouse devices.....	146
7.3. Thermal and technical parameters of furnaces.....	152
Control questions on topic 7.....	153
<b>TOPIC 8. BOILER AGGREGATES. FUEL AND ITS PROPERTIES .....</b>	<b>154</b>
8.1. Boiler device, its structure and mode of operation.....	154
8.2. Direct flow boilers.....	164
8.3. The main heat transfer surfaces of the boiler unit.....	165
8.4. Auxiliary equipment of the boiler.....	170
8.5. Heat balance of the boiler unit .....	175
8.6. Fuel and its properties .....	179

8.7. <i>Heat of combustion of fuel</i> .....	185
8.8. <i>Fuel combustion processes</i> .....	188
8.9. <i>Calculation of combustion processes</i> .....	197
8.10. <i>Preparing to burn fuel</i> .....	201
<i>Control questions on topic 8</i> .....	208
TOPIC 9. NUCLEAR POWER STATIONS. RENEWABLE HEAT SOURCES. .....	210
9.1. <i>Thermal schemes of atomic electricity</i> .....	210
9.2. <i>Nuclear thermal power stations (NTPS)</i> .....	214
9.3. <i>Renewable heat sources</i> .....	217
<i>Control questions on topic 9</i> .....	222
APPENDICES .....	223
GLOSSARY .....	245
LIST OF USED LITERATURE.....	253

## SO‘Z BOSHI

O‘zbekiston Respublikasi mustaqillikka erishib, porloq kelajak sari dadil odim tashlamoqda. Bunda kelajagimiz poydevori bo‘lmish yoshlar tarbiyasiga, ularning ma’naviy pok, insoniy fazilatlarga boy bo‘lgan chuqur bilimli yetuk mutaxassis bo‘lib yetishishlariga katta e’tibor berilmoqda.

Yosh mutaxassis kadrlarni tayyorlashda texnik adabiyotlarning, shu jumladan darslik va o‘quv qo‘llanmalarining tutgan o‘rni beqiyosdir. Lekin bugungi kunda «Energetika (gidroenergetika)» yo‘nalishidagi mutaxassislik fanlari bo‘yicha mavjud adabiyotlarning son jihatdan ham, sifat jihatdan ham talab darajasida emasligi hech kimga sir emas. Bu yo‘nalishdagi muammolarni biroz bo‘lsada hal qilish “Energetik qurilmalar (gidro va issiqlik)” fani talabalar tomonidan chuqur o‘zlashtirishga erishish maqsadida mazkur “O‘quv qo‘llanma” tuzildi. “O‘quv qo‘llanma” tuzishda bu yo‘nalishda oldin tayyorlangan ishlanmalar va tajribalarga e’tibor berildi. Bu sohada o‘quv adabiyotlar yaratishda atamalarga doir ma’lum muammolar borligini inobatga olib unda xato va kamchiliklarning bo‘lishi ehtimoldan xoli emas.

Mualliflar

## KIRISH

“Energetik qurilmalar (gidro va issiqlik)” fani texnika va texnologik jarayonlarni bayon etishda qo‘llaniladi. O‘quv qo‘llanma ikki qismdan iborat bo‘lib gidroenergetik va issiqlik energetik qurilmalarni o‘z ichiga oladi. Gidroenergetik qurilmalar qismida nasos va nasos stansiyalar, gidroenergetik stansiyalar gidroturbinalar va gidroakkumlyatsiyon elektr stansiyalarning turlari asosiy jihozlari va ularning xarakteristikalarini yoritilgan. Issiqlik energetik qurilmalar qismida esa bug‘ - kuch qurilmasining nazariy sikli, regenerativ sikli, binar va teplofikatsion sikli bug‘ – kuch qurilmasi, issiqlik  $P = \text{const}$  va  $V = \text{const}$  da uzatiladigan gaz – turbinali qurilmalar, sanoat pechlari haqida umumiy ma’lumot, o‘txona qurilmalarining issiqlik-texnikaviy ko‘rsatkichlari, qozon qurilmasining tuzilishi va ishlash tartibi, yoqilg‘ining xossalari, yonish issiqligi va jarayonlari, yoqilg‘ini yondirishga tayyorlash, atom elektr stansiyalarning issiqlik sxemalari va qayta tiklanadigan issiqlik manbalari yoritilgan.

Ilovada suyuqliklarni fizik xossalari haqida doir gidravlik kattaliklarning qiymatlari jumladan bosim markazlarini aniqlashga doir va qarshilik koeffitsientlari, gidravlik elementlarga doir ma’lumotlar, gazlarning asosiy xossalari, suv va suv bug‘ining fizik xossalari, gazlarning o‘zgarmas hajmdagi o‘rtacha massaviy issiqlik sig‘imi jadvallari berilgan. Bundan tashqari o‘quv qo‘llanmada foydalanilgan adabiyotlar ro‘yhati, glossariy berilgan.



# **1-MAVZU. NASOS STANSIYALARI. ULARNING TURLARI, ASOSIY PARAMETRLARI VA JIHOZLARI**

## **REJA**

**1.1. Nasos stansiyalarining sinfiy guruhlari va joylashish sxemalari**

**1.2. Nasos stansiyasining asosiy parametrlari**

**1.3. Nasoslarning turlari va asosiy ko'rsatkichlari**

**1.4. Parrakli nasoslar, ularning turlari va tuzilishi**

**1.5. Nasoslarning boshqa turlari**

**1.6. Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini aniqlash**

**1.7. Nasoslar uchun elektrodvigatel tanlash**

**1.8. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari**

**1.9. Nasos stansiyasi binolari**

### **1.1. Nasos stansiyalarining sinfiy guruhlari va joylashish sxemalari**

Nasos stansiyalari sinfiy guruhlarining bir necha xil variantlari bor. Shulardan eng mukammal va to'liq holdagisini (1.1-rasm) prof. V.I.Vissarionov taklif qilgan.

Nasos stansiyasining vazifasi, joyning tabiiy sharoitlari, stansiyada o'rnatilgan jihozlarning parametrlariga bog'liq ravishda inshootlarning bir-biriga nisbatan joylashishi har xil bo'lishi mumkin.

Inshootlarning joylashishi va ularning konstruktiv imkoniyatlari texnik-iqtisodiy hisoblar bilan aniqlanadi. Umuman, bu masalani hal qilishda quyidagi omillarni hisobga olish kerak:

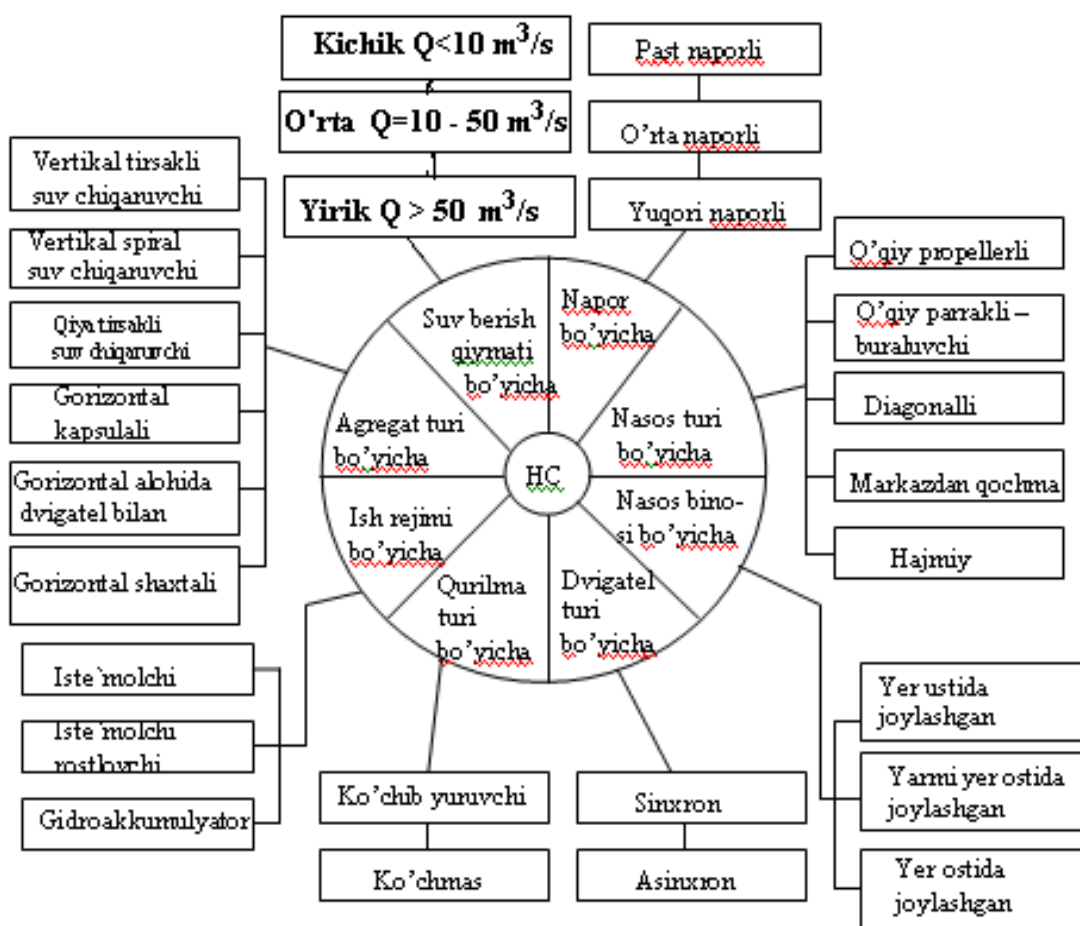
- suv olish joyining injener-geologik, topografik va gidrogeologik sharoitlari;
- suv uzatish inshootlaridan mukammal (kompleks) foydalanish mumkinligi;
- qurilish-montaj ishlarida mahalliy ish materiallaridan foydalanish mumkinligi;

- nasos stansiyasi qurilishida texnik yechimlarni maksimal unifikatsiyalashtirish;
- qurilishning navbatma-navbat tugallanishi, hali to‘liq qurib bitilmagan inshootlardan foydalanish mumkinligi.

## 1.2. Nasos stansiyasining asosiy parametrlari

Nasos stansiyasining asosiy parametrlari sifatida uning suv berish unumdorligi –  $Q_{NS}$ ,  $m^3/s$ , napori –  $H$ ,  $m$ , quvvati –  $N$ ,  $kVt$  va foydali ish koeffitsienti (FIK) -  $\eta_n$  hisoblanadi.

Nasos stansiyasining suv berish unumdorligi. Unda o‘rnatilgan nasoslar soni va ularning suv berish unumdorligiga asoslanib aniqlanadi. Nasoslar soni va ularning markasi suv iste‘moli grafigiga mos ravishda texnik – iqtisodiy hisoblar yordamida hisoblanadi.



1.1-rasm. Nasos stansiyalarining sinfiy guruhleri va joylashishi.

Nasos stansiyasining napori. Nasos stansiyasining geometrik napori yuqori byef suv sathi bilan quyi b`yef suv sathlarining farqiga teng.

$$H_g = \nabla YUBSS - \nabla QBSS \quad (1.1)$$

Nasos stansiyasi to`la napori quyidagicha aniqlanadi:

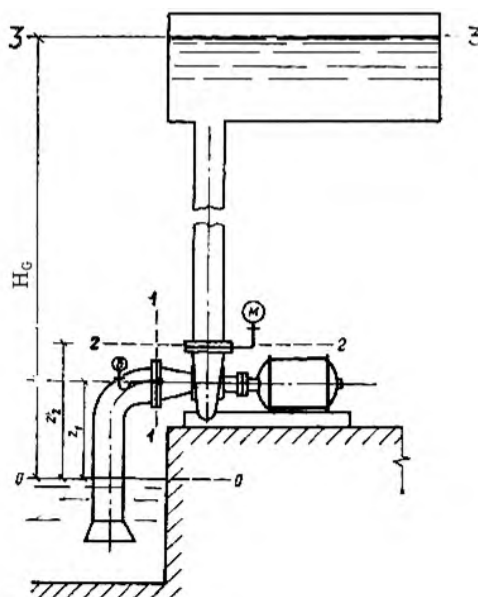
$$H = E_{2-2} - E_{1-1} \quad (1.2)$$

$E_{2-2}$ ,  $E_{1-1}$  2 – 2 va 1 – 1 kesimlardagi solishtirma energiyalar qiymati

$$E_{2-2} = \frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha v_{2-2}^2}{2g} + Z_2 \quad (1.3)$$

$$E_{1-1} = \frac{P_{1-1}}{\rho g} + \frac{\alpha v_{1-1}^2}{2g} + Z_1 \quad (1.4)$$

Nasos stansiyasi napori nasos tomonidan suyuqlikning 1N og`irlik kuchi birligiga ta`sir qiluvchi energiyaning jouldagi qiymatini ifodalanadi.



### 1.2-rasm. Nasos stansiyasining naporini aniqlash.

Buni tasavvur qilish uchun 1.2-rasmda ko`rsatilgandek 0 – 0, 1 – 1, 2 – 2 va 3 – 3 kesimlarida energiya o`zgarishini kuzatamiz.

Bernulli tenglamasi bo`yicha 0 – 0 va 1 – 1 kesimlar o`rtasidagi suv oqimi energiyasi o`zgarishini quyidagicha ifodalash mumkin (0 – 0 kesim quyi byef suv yuzasi sathiga mos kelsa, 1 – 1 nasosning suv kirish qismining ko`ndalang kesimiga to`g`ri keladi).

$$\frac{P_{0-0}}{\rho g} + Z_{0-0} + \frac{\alpha \cdot v_{0-0}^2}{2g} = \frac{P_{1-1}}{\rho g} + Z_{1-1} + \frac{\alpha \cdot v_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_t \quad (1.5)$$

Lekin rasmda ko`rsatilgandek,

$$\begin{aligned}\frac{P_{0-0}}{\rho g} &= \frac{P_{\alpha}}{\rho g}; \\ Z_{0-0} &= 0; \\ v_{0-0} &\approx 0; \\ Z_{1-1} &= H_C\end{aligned}$$

bu yerda

$R_{\alpha}/\rho g$  – atmosfera bosimiga mos keluvchi balandlik, m

$N_S$  – so‘rish balandligi, m.

U holda (1.5) formula quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$\frac{P_{1-1}}{\rho g} = \frac{P_{\alpha}}{\rho g} - H_C - \frac{\alpha v_{1-1}^2}{2g} - \sum \Delta h_C \quad (1.6)$$

(1.6) asosida ta’kidlash mumkinki, 1 – 1 kesimda, ya’ni nasosning kirish qismidagi bosim quyi byef yuzasiga ta’sir qilayotgan atmosfera bosimidan kichik bo‘lishi lozim. Aks holda  $R_{1-1}/\rho g \leq 0$  bo‘ladi, lekin bunday bo‘lishi mumkin emas, chunki bu holda oqim yaxlitligi buziladi.

Demak,  $\frac{P_{\alpha}}{\rho g} \geq H_C + \frac{\alpha v_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_C$  qoidasiga amal qilinishi lozim.

bu yerda

$$R_{\alpha} \approx 0,1MP_{\alpha} \text{ qiymatiga ega bo‘lganligi uchun } (H_S + \frac{\alpha v_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_C) \leq 10M$$

bo‘lishi kerak.

2 – 2 va 3 – 3 kesimlardagi energiya o‘zgarishini ham Bernulli tenglamasi orqali ifodalaymiz.

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha v_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} + \frac{P_{3-3}}{\rho g} + \frac{\alpha v_{3-3}^2}{2g} + Z_{3-3} + \sum \Delta h_{\delta} \quad (1.7)$$

Bunda,

$$\begin{aligned}\frac{P_{3-3}}{2g} &= \frac{P_{\alpha}}{\rho g}; \\ v_{3-3} &= 0; \\ Z_{3-3} &= H_g\end{aligned}$$

U holda 2-2 va 3-3 kesimlardagi energiya o‘zgarishini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha v_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} = \frac{P_a}{\rho g} + H_g + \sum \Delta h_{\delta} \quad (1.8.)$$

bu yerda

$\sum \Delta h_b$  – bosim quvuridagi 2 – 2 va 3 – 3 kesimlar oralig‘idagi napor yo‘qolish qiymatlarining yig‘indisi,

$N^G$  – bosim balandligi, m.

Nasosdan chiqarishdagi energiyani ifodalash uchun  $R_{2-2}/\rho g$  qiymatini aniqlash lozim:

$$\frac{P_{2-2}}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} + H_g + \sum \Delta h_b - Z_{2-2} - \frac{\alpha v_{2-2}^2}{2g} \quad (1.9)$$

(1.2), (1.3) va (1.4)da ko‘rsatilgandek nasosning to‘la napor

$$H = E_{2-2} - E_{1-1} = \frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{\alpha v_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} - \frac{P_{1-1}}{\rho g} - \frac{\alpha v_{1-1}^2}{2g} - H_c; \quad (1.10)$$

(1.10) bog‘lanishga  $R_{2-2}/\rho g$  va  $R_{1-1}/\rho g$  ning (1.9) va (1.6) da topilgan qiymatlarni qo‘yamiz.

$$\begin{aligned} H &= \frac{P_a}{\rho g} + H_g + \sum \Delta h_{\delta} - Z_{2-2} - \frac{\alpha v_{2-2}^2}{2g} + \frac{\alpha v_{2-2}^2}{2g} + Z_{2-2} - \frac{P_a}{\rho g} + \\ &+ H_c + \frac{\alpha v_{1-1}^2}{2g} + \sum \Delta h_c - \frac{\alpha v_{1-1}^2}{\rho g} - H_c = H_g + \sum \Delta h_{\delta} + \sum \Delta h_c \end{aligned} \quad (1.11)$$

Unda  $\sum \Delta h_q = \sum \Delta h_s + \sum \Delta h_b$  so‘rish va bosim quvurlaridagi napor yo‘qolish qiymatlari yig‘indisi, unda (1.11) bog‘lanishni quyidagicha yozamiz:

$$H = H_g + \sum \Delta h_q \quad (1.12)$$

Shunday qilib, nasos stansiyasining to‘la napor uning geometrik napor bilan quvurlar tizimidagi napor yo‘qolish qiymatlari yig‘indisiga teng.

Yuqori va quyi byeflarda suv sathlari tez-tez o‘zgarib turganda geometrik naporning o‘rta vazni qiymatlari  $H_{o'r.vaz}$  aniqlanadi. Bu ko‘rsatkichdan elektr energiyasi sarfini hisoblashda foydalaniladi.

Bundan tashqari geometrik naporning minimal va maksimal qiymatlari ham mavjuddir.  $H_{min}^g$  qiymatidan nasoslarning o‘rnatilish balandligini hisoblashda,  $H_{max}^g$  qiymatidan esa nasoslar suv berish unumdorligini aniqlashda foydalaniladi.

O‘rtacha vaznli geometrik naporni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin

$$H_{o'r.vaz}^g = \frac{\sum Q_i \cdot H_i^g \cdot t_i}{\sum Q_i \cdot t_i} \quad (1.13)$$

bu yerda

$Q_i$  va  $H_i - t_i$  sug'orish davrlariga mos keluvchi suv berish unumdorligi va geometrik napor qiymati, m.

$H_i^G$  – geometrik napor yuqori va pastki byef suv sathlari farqi sifatida aniqlanadi.

$$H_i^G = \nabla YUBSS_i - \nabla PBSS_i \quad (1.14)$$

Pastki b'yef suv sathi o'zgarishi suv manbai sathining yillik o'zgarishi qiymatlari asosida aniqlanadi.

Ko'p hollarda suv keltiruvchi va suv uzatish inshootlari bir xil o'lchamdagi kanal ko'rinishda bo'ladi. Bunday hollarda suv sathi o'zgarishi  $Q = f(h)$  grafigi asosida aniqlash mumkin, bunda yana shuni ta'kidlash lozimki, geometrik napor qiymati suv sarfining har qanday qiymatlarida doimiy bo'ladi, ya'ni  $H_g = \text{const}$ .

Demak, bu holda  $H_{o'r.vaz} = \text{const}$ .

Agar suv sathlari o'zgarishi amplitudasi 2 metrdan oshmasa,  $N^G$  qiymatini maksimal va minimal geometrik naporlarning o'rtacha qiymatiga teng qilib olish mumkin, ya'ni

$$H^G = \frac{H}{\max_{g_{min}}^2} \quad (1.15)$$

Quvurlar sistemasidagi napor yo'qolish qiymati nasos stansiya loyihasi tuzilgunga qadar taqriban aniqlanadi.

Loyihalash tajribasi shuni ko'rsatadiki, mahalliy qarshiliklardagi napor yo'qolish qiymatini taxminan 1,0 – 1,2 m qabul qilish mumkin. Uzunlik bo'yicha yo'qolgan napor qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$\sum \Delta h_q = i \cdot L_k, \text{ m} \quad (1.16)$$

bu yerda

$i$  – yo'qolgan naporning solishtirma qiymati, m/m

$i = 0,003 \dots 0,004$  m 1m uzunlikdagi quvur uchun,

$L_k$  – quvurlar uzunligi, km.

Nasos stansiyasining quvvati uning suv berish unumdorligi va napori qiymatlariga bog‘liq holda aniqlanadi. Nasos stansiyasida foydali quvvat va iste‘mol quvvatlari aniqlanadi.

$$N_{\text{foy}} = \rho g \cdot Q_{\text{NS}} \cdot H; \quad Vt \quad (1.17)$$

Nasos stansiyasining iste‘mol quvvati yoki  $N_{\text{NS}}$  quyidagicha hisoblanadi:

$$N_{\text{NS}} = \frac{\rho g \cdot Q_{\text{NS}} \cdot H}{1000 \cdot \eta_N \cdot \eta_{dv} \cdot \eta_{\text{TAR}}} \quad kVt; \quad (1.18)$$

bu yerda

$\eta_N$  – nasos FIK.

$\eta_{DV}$  – dvigatel FIK

$\eta_{\text{TAR}}$  – energiya taqsimlash tarmog‘i FIK.

Toza suv uchun quvvat qiymatini quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

$$N_{\text{NS}} = \frac{9,81 \cdot Q_{\text{NS}} \cdot H}{1000 \cdot \eta_N \cdot \eta_{dv} \cdot \eta_{\text{TAR}}} \quad kVt; \quad (1.19)$$

Nasos stansiyasining foydali ish koeffitsienti (1.18)da ko‘rsatilgandek

$$\eta_{\text{NS}} = \eta_N \cdot \eta_{dv} \cdot \eta_{\text{TAR}}$$

bog‘lanish bilan aniqlanadi.

### 1.3. Nasoslarning turlari va asosiy ko‘rsatkichlari

Quvurlarda suyuqlikning bosimli harakatini amalga oshirishga mo‘ljallangan gidravlik mashinalar *nasoslar* deyiladi. Nasos dvigateldan mexanikaviy energiya olib, uni suyuqlikning harakatlanayotgan oqimi energiyasiga aylantiradi.

Nasoslar xalq xo‘jaligining barcha sohalarida: mashinasozlikda, metallurgiyada, kimyo sanoatida, qishloq xo‘jaligida, suv ta‘minotida, yer ishlarini gidromexanizatsiyalashda va texnikaning boshqa ko‘p tarmoqlarida keng ishlatiladi.

Nasoslar juda ko‘p turlarga ega, shulardan asosiylari ikki guruhga bo‘linadi: dinamik nasoslar va hajmiy nasoslar.

**Dinamik nasoslarda** suyuqlik nasosning kirish va chiqish qismlari bilan doimo tutash bo‘lgan kamerada gidrodinamik kuchlar ta‘sirida harakatlanadi.

**Hajmiy nasoslarda** suyuqlik nasosning kirish va chiqish qismlari bilan navbatma-navbat tutashadigan hajmi o‘zgaruvchi kamerada harakatlanadi.

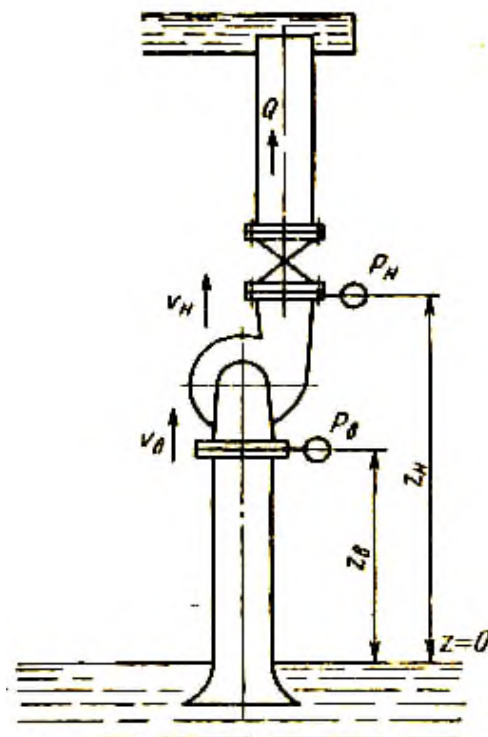
Dinamik nasoslarni parrakli, inersiya va ishqalanish nasoslariga bo‘lish mumkin.

**Parrakli nasoslarda** suyuqlik harakati ishchi g‘ildirakning aylanish jarayonida parraklar tomonidan oqimga beriladigan energiya hisobiga amalga oshiriladi. Bu nasoslar asosan markazdan qochma va o‘qiy nasoslardan tashkil topadi.

**Markazdan qochma nasoslarda** suyuqlik ishchi g‘ildirak orqali uning markazidan chetiga radial yo‘nalishda harakatlanadi.

**O‘qiy nasoslarda** suyuqlik ishchi g‘ildirak o‘qi bo‘ylab unga parallel ravishda harakatlanadi.

Ishqalanish va inersiya nasoslarida suyuqlik ishqalanish va inersiya kuchlari hisobiga harakatlanadi. Bu guruhga uyurmaviy, labirint, oqimli, gidravlik taran nasoslari va boshqalar kiradi.



**1.3-rasm. Nasos naporini aniqlash sxemasi.**

Hajmiy nasoslarni ham ikkiga bo‘lish mumkin: rotorli va oldinga-orqaga harakatlanuvchi nasoslar.

Rotorli nasoslarda ishchi organ aylanma holda harakatlanadi. Bu nasoslarga tishli uzatmali, vintli, shnekli va boshqa nasoslar kiradi.



Oldinga-orqaga harakatlanuvchi nasoslarga porshenli, plunjerli va diafragmali nasoslar kiradi.

**Nasosning asosiy ko'rsatkichlari.** Nasosning asosiy ko'rsatkichlariga uning ish unumdorligi (suv berish qobiliyati)  $Q$ , nabori  $H$ , so'rish balandligi  $h_{so'r}$ , quvvati  $N$  va foydali ish koeffitsienti (FIK)  $\eta$  kiradi.

Nasosning vaqt birligi ichida uzatib beradigan suyuqlik miqdori uning ish unumdorligi (suv berish qobiliyati) deyiladi va  $m^3/s$ ,  $l/s$ ,  $m^3/soat$  o'lchov birliklarida ifodalanadi.

**Nasos nabori** – uning kirish va chiqish qismlaridagi suyuqlik solishtirma energiyasi qiymatlarining farqidir va bu ko'rsatkich metr bilan o'lchanadi.

$$H = E_H - E_B = \frac{P_H - P_B}{\rho \cdot g} + \frac{v_H^2 - v_B^2}{2 \cdot g} + (Z_H - Z_B) \quad (1.20)$$

bu yerda,

$P_N$  va  $P_V$  – nasosdan chiqishdagi va unga kirishdagi bosim qiymatlari, Pa;

$v_H$  va  $v_B$  – oqimning nasosdan chiqishdagi va unga kirishdagi o'rtacha tezlik qiymatlari, m/s;

$\rho$  - suyuqlik zichligi,  $kg/m^3$ ;

$Z_H$ ,  $Z_B$  – quyi b'yeftdagi suv sathidan nasosning chiqish va kirish qismlarigacha bo'lgan vertikal masofa, m.

Nasosdan chiqishdagi bosim qiymati monometr bilan va unga kirishdagi bosim qiymati vakuummetr bilan o'lchanadi. Bunday holda nasos nabori quyidagicha aniqlanadi:

$$H = M_H - V_B + (v_H^2 - v_B^2)/2g \quad (1.21)$$

bu yerda,

$M_H$ , –manometr ko'rsatkichlari, m,

$V_B$  –vakuummetr ko'rsatkichlari, m.

Agar manometr va vakuummetr ko'rsatkichlari  $kgs/sm^2$  da berilgan bo'lsa, unda ularni Pa ga aylantirish uchun 98066,5 ga ko'paytirish kerak.

**So'rish balandligi.** Quyi byefdan nasosning o'qigacha bo'lgan masofa nasosning geometrik so'rish balandligi deyiladi.

$$H_{so'r}^G = \nabla O'N - \nabla QBSS, m. \quad (1.22)$$

bu yerda,

$\nabla O'N$  – nasos o'qi sathi, m;

$\nabla QBSS$  – quyi b'ef suv sathi, m.

Nasosning vakuumetrik so'rish balandligi quyidagicha aniqlanadi:

$$H_{so'r}^V = H_{so'r}^G + \sum \Delta h_{so'r}, m. \quad (1.23)$$

bu yerda,

$\sum \Delta h_{so'r}$  – so'rish quvuridagi napor yo'qolish qiymati, m

**Nasos quvvati.** Nasosning foydali quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$N_f = \rho g Q \cdot H, Vt. \quad (1.24)$$

Nasosning iste'mol quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{ist} = \rho g Q \cdot H / \eta_n, Vt. \quad (1.25)$$

bu yerda,

$Q$  – nasosning ish unumdorligi,

$H$  – nasosning nabori,

$\eta_n$  – nasos FIK.

**Nasosning foydali ish koeffitsienti.** Bu qiymat quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_n = \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_x \quad (1.26)$$

bu yerda

$\eta_g$  - nasosda gidravlik napor yo'qolish qiymatlarini hisobga oladigan gidravlik FIK.

$\eta_m$  - ishchi g'ildirakning aylanish qismlaridagi mexanik qarshilikni hisobga oluvchi mexanik FIK.

$\eta_x$  - suvning nasosning ba'zi qismlaridan suzib chiqib ketishini hisobga oluvchi hajmiy FIK.

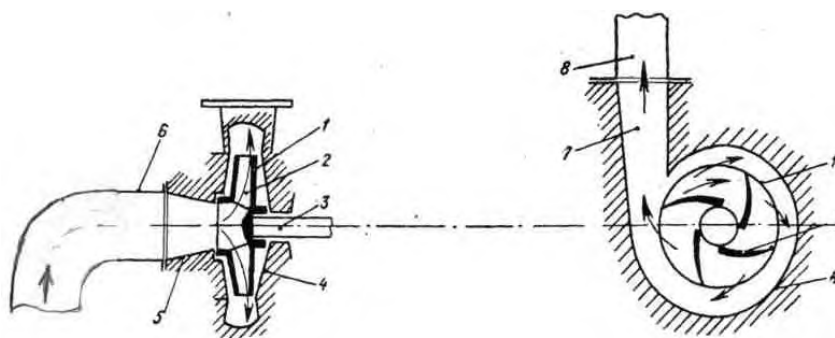
Nasos FIK yirik nasoslarda 0,88 – 0,92 gacha, kichik nasoslarda 0,6 – 0,75 oralig'ida o'zgaradi.

## 1.4. Parrakli nasoslar, ularning turlari va tuzilishi

### 1.4.1. Markazdan qochma nasoslar

Nasos soʻrish quvuri 6 va ishchi gʻildiragi 1 nasos ishga tushirilishidan oldin suyuqlik bilan toʻldirilgan boʻlishi kerak (1.4-rasm).

Shundan keyin dvigatel ishga tushiriladi va u ishchi gʻildiragi 1 ni aylantiradi. Suyuqlik gʻildirak bilan birga aylanib, markazdan koʻchuvchi kuch taʼsirida ishchi gʻildiragining markazidan chekkasiga otiladi va spiralsimon suv chiqarish qurilmasini toʻldiradi. Bu vaqtda ishchi gʻildirakka kirish oldida teskari, vakuumetrik bosim vujudga keladi.



**1.4-rasm. Markazdan qochma nasosning sxemasi:**

*1 – ishchi gʻildirak; 2 – parraklar; 3 – val; 4 – spiralsimon suv chiqarish qurilmasi; 5 – soʻrish konfuzori; 6 – soʻrish quvuri; 7 – bosim diffuzori; 8 – bosim quvuri.*

Natijada suyuqlik quyi byef suv sathiga taʼsir qilayotgan atmosfera bosimi yordamida soʻrish quvuridan 6 nasosga kirib ishchi gʻildirakning markaziy qismini toʻldiradi va yana maʼlum hajmdagi suyuqlik markazdan qochma kuch taʼsirida gʻildirakning chekkalariga chiqarib tashlanadi. Shunday gilib bu jarayon uzluksiz davom etadi va suyuqlikning markazdan qochma nasos orqali oʻtadigan uzluksiz oqimi vujudga keladi.

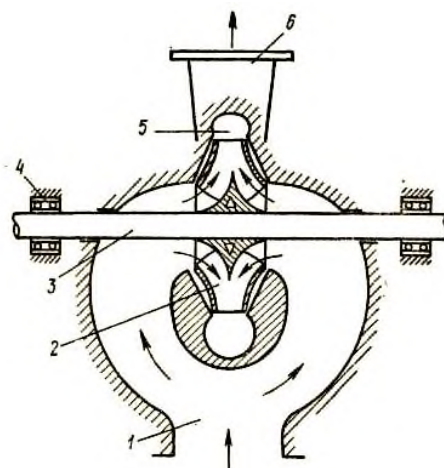
Suyuqlikning ishchi gʻildirak orqali oqib oʻtishida dvigatelning mexanikaviy energiyasi suyuqlik oqimi energiyasiga aylanadi. Markazdan qochma nasoslarning quyidagi turlari mavjud:

- gʻildiraklarning soniga koʻra: *bir bosqichli* va *koʻp bosqichli* nasoslar boʻladi. koʻp bosqichli nasoslarda suyuqlik ketma-ket ulangan ishchi

g'ildiraklari orqali o'tadi, bunday g'ildiraklarda bosim belgilangan miqdorgacha asta-sekin ortib boradi.

- ishchi g'ildirak valining joylashuviga ko'ra: *gorizontal* va *vertikal* nasoslar;
- so'rish turiga ko'ra: suyuqlik *bir tomonlama* va *ikki tomonlama* so'riladigan nasoslar (1.4-rasm).
- hosil qilinadigan bosimga ko'ra: *past bosimli* (20 metrgacha), *o'rta bosimli* (20—60 m) va *yuqori bosimli* (60 m dan yuqori) nasoslar.

Bir bosqichli nasoslarning napori 120 metrgacha, ish unumdorligi 15 m<sup>3</sup>/s gacha borib yetadi. Ko'p bosqichli markazdan qochma nasoslarning napori 2000 metrgacha, ish unumdorligi 100 l/s gacha etadi.



### 1.5-rasm. Ikki tomonlama so'riladigan nasos sxemasi.

1 – so'rish konfuzori; 2 – ishchi g'ildirak; 3 – val; 4 – podshipniklar; 5 – spiralsimon suv chiqarish qurilmasi; 6 – bosim diffuzori.

Markazdan qochma nasoslarning O'zbekistonda qabul qilingan rusumlari quyidagicha:

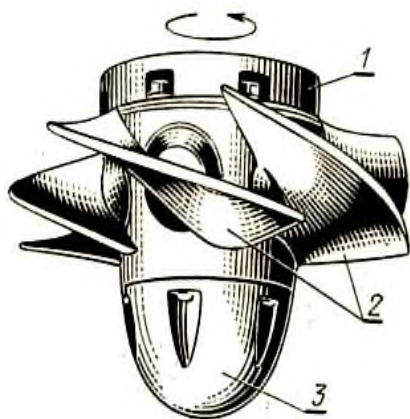
1. Ikki tomonlama so'riladigan nasoslar – masalan D630 – 90 bunda D – ikki tomonlama so'rilish, 630 – ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/soat, 90 – napori, m
2. Bir tomonlama, konsolli markazdan qochma nasoslar – masalan K200 – 125 – 330, bunda K – konsolli, 200 – nasosning kirish qismi diametri, mm, 125 – nasosning chiqish qismi diametri, mm, 330 – ishchi g'ildirak diametri, mm. A40GS – 0,55/21, bunda A – agregat, G – gorizontal, 0,55 – ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/s, 21 – napori, m.

3. Vertikal markazdan qochma nasoslar, masalan, 2400V – 25/40, bunda 2400 – nasosning kirish qismi diametri, mm, V –vertikal, 25 – ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/s, 40 – nabori, m.

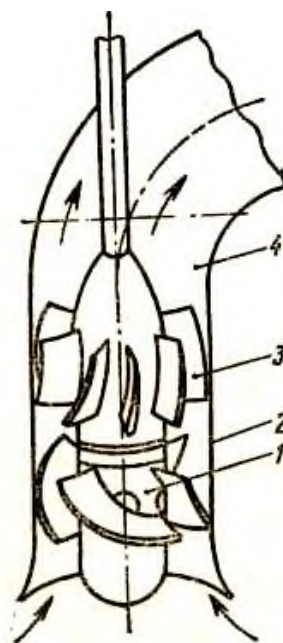
### 1.4.2. O'qiy nasoslar

O'qiy nasoslar 0,072 – 40,5 m<sup>3</sup>/ s suv berish qobiliyatiga ega bo'lib, 2,5 – 26 metr napor qiymatlariga ega. Bu nasoslarning ishchi g'ildiragi propellerni eslatadi, shu sababli bu nasoslar ba`zan propeller nasoslar ham deb ataladi (1.6-rasm). Ushbu nasoslarning eng yirigi Qarshi Bosh kanali nasos stansiyalariga o'rnatilgan. O'qiy nasoslar ikki xil ishchi g'ildirakka ega – O turdagi ishchi g'ildiraklarning parraklari burilmaydigan qilib o'rnatilgan, OP turdagi ishchi g'ildirakning parraklari buriladi, bu esa nasos ish rejimini o'zgartirish imkonini beradi.

O'qiy nasoslar vertikal va gorizontal holda o'rnatilishi mumkin, ba`zan gorizontal o'rnatilgan nasoslar maxsus kapsulada ham joylashadi. Rasmda o'qiy nasos sxemasi berilgan. Ishchi g'ildirakdan 1 chiqayotgan suv oqimi bir oz aylanma harakatga ega bo'ladi. Uni o'q bo'ylab parallel holda yo'naltirish uchun ishchi



**1.6-rasm. O'qiy nasos ishchi g'ildiragi:**  
1 – vtulka; 2 – parraklar; 3 – konus.



**1.7-rasm. O'qiy nasos sxemasi:**  
1 – ishchi g'ildirak; 2 – kamera; 3 – yo'naltiruvchi apparat; 4 – suv chiqarish qurilmasi.

g'ildirakdan keyin yo'naltiruvchi apparat 3 o'rnatiladi.

O'qiy nasoslarning respublikada qabul qilingan rusumlari quyidagicha:

1. Masalan, OPV10–260, bunda O–osevoy (o‘qiy), P–parraklari buriluvchi, V–vertikal, 10–modifikatsia ragami, 260–ishchi g‘ildirak diametri, sm.
2. A50GO–0,5/10, bunda A–agregat, 50–bosim quvuri diametri, sm, G–gorizontal, O–maxsus (osobiy), 0,5–ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/s, 10–napori, m.

### **1.4.3. Parrakli nasoslarda oqim harakati**

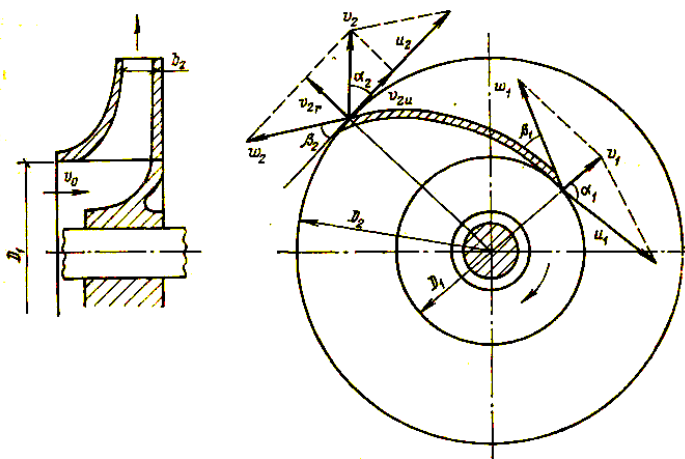
Bu harakat gidroturbinalardagi oqim harakatiga o‘xshash bo‘ladi (3.3.1). Suyuqlik ishchi g‘ildirakka aksial yo‘nalishda, ya‘ni o‘q bo‘ylab tezlik bilan beriladi. Ishchi g‘ildirakda oqimning yo‘nalishi radial holatga, ya‘ni uning o‘qiga perpendikulyar yo‘nalishga o‘zgaradi (1.8-rasm). Parraklar orasiga tezlik bilan kirgan suyuqlik undan tezlik bilan chiqib ketadi. Suyuqlik ishchi g‘ildirakda bir tomondan u bilan birgalikda aylanma harakatda ishtirok etadi, ikkinchi tomondan markazdan qochma kuchlar ta‘sirida parrakka nisbatan  $\omega$  tezlik bilan harakatlanadi. Nisbiy harakat berilgan nuqtada parrak yuzasiga, aylanma harakat esa g‘ildirak aylanasiga urinma yo‘nalishiga ega bo‘ladi. Matematik umumlashtirishni soddalashtirish uchun suyuqlik harakatini parrak holatiga mos ravishda amalga oshiriladi deb hisoblaymiz. Ishchi g‘ildirakka kirish qismidagi tezliklar va burchaklar qiymatlari “1” indeksi bilan, chiqishda esa “2” indeksi bilan ifodalandi. Ishchi g‘ildirak aylanishida tezliklar qiymatlarini topish uchun ularning vektor qiymatlarini parallelogramm qoidasi bo‘yicha qo‘shamiz. Bunda  $\alpha$  aylanma va mutlaq tezliklar orasidagi burchakni,  $\beta$  aylanma tezlikning teskari yo‘nalishi va nisbiy tezlik yo‘nalishi orasidagi burchakni ifoda etadi.

Bu holda suyuqlikning mutloq tezligi aylanma va nisbiy tezliklarining geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi.

$$\vec{v} = \vec{\omega} + \vec{u} \quad (1.27)$$

Aylanma harakatning vektor yo‘nalishiga perpendikulyar bo‘lgan tezlikni radial tezlik deb ataymiz.

$$v_r = v \cdot \sin \alpha \quad (1.28)$$



**1.8-rasm. Suyuqlik oqimining markazdan qochma nasos ishchi g'ildiragidagi harakati.**

Bu tezlik qiymatini shunday aniqlash mumkin:

$$v_r = \frac{Q}{f} = \frac{Q}{2\pi \cdot r \cdot b \cdot \psi} , \quad (1.29)$$

bu yerda

$r$  – ishchi g'ildirakning qaralayotgan nuqtaga mos keladigan radiusi,

$\psi$  – oqim ko'ndalang kesim yuzasining parraklar bilan qisilish koeffitsienti,

bu qiymat  $\psi = 0,75 - 0,83$  ga teng,

$b$  – parraklar kengligi.

U holda tezliklar uchburchagi bo'yicha nisbiy tezlik qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{v_r}{\sin \beta} = \frac{Q}{2\pi \cdot r \cdot b \cdot \psi \sin \beta} \quad (1.30)$$

Xuddi shuningdek, mutlaq tezlik qiymatini ham aniqlaymiz:

$$v = \frac{v_r}{\sin \alpha} = \frac{Q}{2\pi \cdot r \cdot b \cdot \psi \sin \alpha} \quad (1.31)$$

Ishchi g'ildirakdagi oqim zarrachalarining aylanma harakati tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$U = \pi \cdot D \cdot n / 60, \quad (1.32)$$

bu yerda

$D$  – ishchi g'ildirakning qaralayotgan nuqtaga mos keladigan radiusi,

$n$  – g'ildirak aylanishlar soni.

Yuqoridagilardan kelib chiqib aytish mumkinki, ishchi g'ildirakning suyuqlik oqimiga ta'siri darajasi uning diametriga, parraklar shakli va soniga hamda g'ildirak aylanishlar soniga bog'liq bo'ladi.

O'qiy nasoslarda suyuqlik ishchi g'ildirakka o'q bo'ylab kirib keladi va ushbu yo'nalishda davom etadi, shu tufayli radial tezlik nolga teng bo'ladi. Ishchi g'ildirak diametri kirishda va chiqishda bir xil bo'lganligi uchun aylanma tezlik qiymati o'zgarmaydi.

$$U_1 = u_2 = \pi \cdot D_1 \cdot n / 60 = \pi \cdot D_2 \cdot n / 60,$$

chunki

$$D_1 = D_2$$

Mutlaq tezlik vektorining vertikal tekislikka (o'q yo'nalishiga) proyeksiyasi o'qiy tezlik deb ataladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$v_z = v \cdot \sin \alpha = \omega \cdot \sin \beta$ , bu qiymat ishchi g'ildirakka kirishda ham chiqishda ham bir xil qiymatga ega bo'ladi, ya'ni  $v_{z1} = v_{z2}$ . O'qiy tezlik qiymati geometrik o'lchamlar bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$v_z = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d_{VT}^2)} \quad (1.33)$$

bu yerda

$D$  – ishchi g'ildirak diametri,

$d_{VT}$  – vtulka diametri.

Shunday qilib, o'qiy nasoslarda parraklarga kirishda va chiqishda tezliklar uchburchagi bir xil asosga ega va ularning balandligi teng bo'ladi (1.9-rasm).

#### 1.4.4. Parrakli nasoslarning asosiy tenglamasi

Markazdan qochma nasosning ishchi g'ildiragi aylanganda uning naporining o'zgarishi nimalarga bog'liqligini ko'rib chiqamiz. Buning uchun 1.20-rasmda tasvirlangan nasosning bosim quvuridagi qulfagi yopiq deb faraz qilamiz. Bu holda nasos energiyasi ishchi g'ildirakka kirishdagi  $P_1 / \rho g$  bosimni undan chiqishdagi  $P_2 / \rho g$  bosimga oshirishga sarf bo'ladi. Qulfakning asta-sekinlik bilan ochilishi jarayonida suyuqlik bosim quvuriga oqa boshlaydi va bunda ishchi g'ildirakning

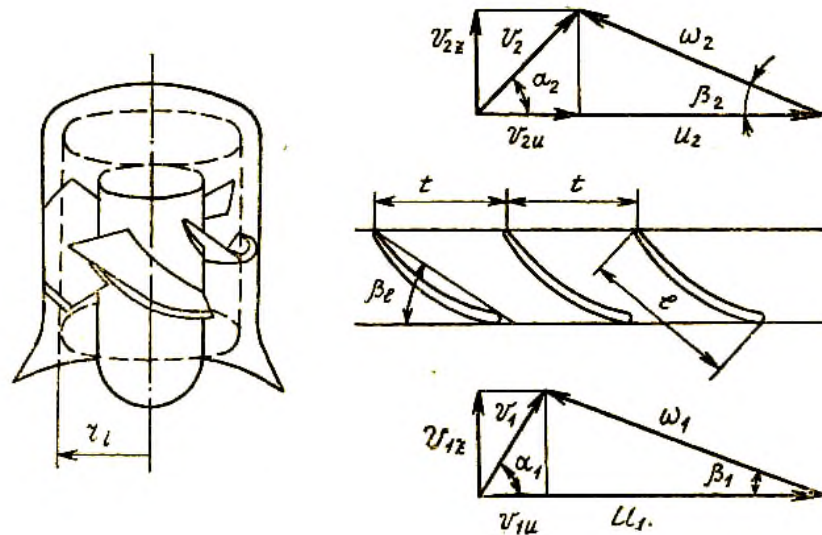


kirish qismidagi nisbiy tezlik  $\omega_1$  parraklar orasidagi ko'ndalang kesim yuzasining oshishi hisobiga  $\omega_2$  gacha kamayadi. Buning natijasida ishchi g'ildirakdan chiqishda bosim oshadi.

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} - \frac{p_1}{\rho g} = H_p \quad (1.34)$$

bu yerda

$H_r$  – nasosda potensial energiyaning o'zgarishi hisobiga yuzaga kelgan napor.



1.9-rasm. O'qiy nasos ishchi g'ildiragida oqim tezligining uchburchaklari.

Kirish va chiqishdagi bosimlar qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

Agar napor yo'qolish qiymatini hisobga olmasak,

$$\frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} - \left( \frac{v_1^2}{2g} + h_b \right), \quad (1.35)$$

bu yerda

$v_1$  - ishchi g'ildirakka kirishdagi oqim tezligi.

Xuddi shuningdek,

$$\frac{p_2}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} + h_H - \frac{v_2^2}{2g} \quad (1.36)$$

Olingan natijalarni (1.34) ga qo'yib, nasosning to'liq nazariy naporini  $H_T$  deb belgilab hamda  $\rho g = \gamma$  ekanligini hisobga olib, quyidagilarni aniqlaymiz:

$$\frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} = H_h = \frac{P_a}{\gamma} + h_b - \frac{v_2^2}{2g} - \frac{P_a}{\gamma} + \left( h_s + \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

$$H_h = \frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} = h_b + h_s - \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_1^2}{2g},$$

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} = h_b + h_s - \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_1^2}{2g},$$

$$h_b + h_s = H_t,$$

$$H_t = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g},$$

$$H_t = H_h + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g},$$

Bu tenglama markazdan qochma nasosning asosiy tenglamasi deyiladi va u nasosdagi kinetik energiyaning o'zgarishini ko'rsatadi.

(1.37) tenglamani  $\omega_1$  va  $\omega_2$  larni kosinuslar teoremasi  $\omega^2 = u^2 + v^2 - 2u \cdot v \cdot \cos \alpha$  (1.38) bo'yicha ekanligini hisobga olib quyidagi holga keltiramiz.

$$H_T = \frac{v_2 u_2 \cdot \cos \alpha_2 - v_1 u_1 \cdot \cos \alpha_1}{g} \quad (1.38)$$

Bu tenglama L. Eyler tenglamasi deb ataladi. Agar suyuqlik ishchi g'ildirakka radial holda kirs yoki  $\alpha_1 = 90^\circ$  bo'lsa (1.38) formula quyidagi ko'rinishga keladi.

$$H_T = \frac{v_2 u_2 \cdot \cos \alpha_2}{g} = \frac{u_2 v_2}{g} \quad (1.39)$$

#### 1.4.5. Nasoslarni modellashtirish. Nasoslar ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari

Nasoslarni modellashtirishning asosiy maqsadi laboratoriya sharoitida yirik nasoslarning kichraytirilgan modellarida olib borilgan tajribalar natijalari asosida o'xshashlik mezonlariga amal qilgan holda nasoslarning haqiqiy ko'rsatkichlarini aniqlashdan iboratdir. Bundan tashqari nasosning biron bir ko'rsatkichining o'zgarishi uning boshqa parametrlariga qanday ta'sir qilishini oldindan aniqlashni ham modellashtirish natijalari va ularni qayta hisoblash asosida amalga oshirish mumkin. Hidroenergetik qurilmalarni modellashtirishga qo'yiladigan talablar bir xil bo'lganligi uchun nasoslarni modellashtirish tartibi va qoidalarini (3.3.3) dagidek qabul qilamiz. Shunga asosan nasoslarning modellarda olingan natijalari asosida

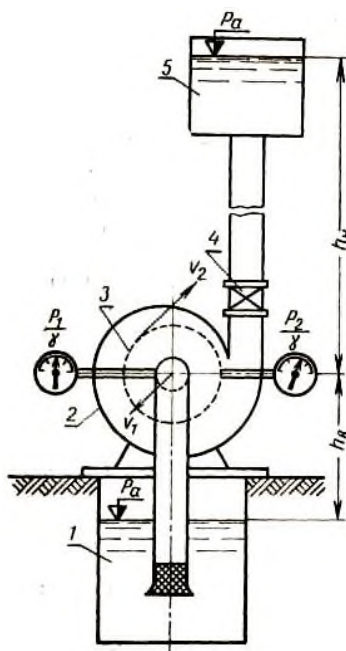
haqiqiy nasos ko‘rsatkichlarini hisoblash formulalari quyidagilardan iborat:

$$\frac{n^1}{n^{11}} = \frac{D_1^{11}}{D_1^1} \sqrt{\frac{H^1}{H^{11}}};$$

$$\frac{Q^1}{Q^{11}} = \left(\frac{D_1^1}{D_1^{11}}\right)^3 \cdot \frac{n^1}{n^{11}};$$

$$\frac{N^1}{N^{11}} = \left(\frac{D_1^1}{D_1^{11}}\right)^5 \cdot \left(\frac{n^1}{n^{11}}\right)^3;$$

$$\frac{H^1}{H^{11}} = \left(\frac{n^1}{n^{11}}\right)^2 \left(\frac{D_1^1}{D_1^{11}}\right)^2 \quad (1.40)$$



**1.20-rasm. Nasos qurilmasi sxemasi:**

*1 – suv olish inshooti; 2 – markazdan qochma nasos; 3 – ishchi g‘ildirak; 4– qulfak; 5 – bosimli rezervuar.*

Bunda, ko‘rsatkichlardagi “1” indeksi model nasosda olingan natijalar, “11” indeksi bilan berilgan ko‘rsatkichlar haqiqiy nasos ko‘rsatkichlari hisoblanadi.

$D_I$  – ishchi g‘ildirak diametri,

$Q$  – nasosning ish unumdorligi,

$H$  – nasosning napori,

$N$  – nasosning quvvati,

$n$  – nasos valining aylanishlar soni.

Bu formulalar nasoslar ko‘rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari deb ataladi. Qayta hisoblash formulalarida nasosning FIK qiymatlari keltirilmagan.

Buning asosiy sababi FIK ni aniq modellashtirish murakkab masala hisoblanadi, shu sababli FIK ni qayta hisoblash formulalari bo'yicha taxminiy natijalarni olish mumkin.

#### **1.4.6. Nasoslarda kavitatsiya hodisasi va ularning chegaralangan so'rish balandligini aniqlash**

Suyuqlik oqimida ko'p sonli havo pufakchalarining paydo bo'lishi natijasida oqim tizimining, butunligining o'zgarishi kavitatsiya hodisasi deyiladi. Havo pufakchalari asosan nasosda suyuqlik oqish yo'lining bosimi pufakchalar ichki bosimidan kam bo'lgan joylarda paydo bo'ladi. Bunday joylar, asosan so'rish quvuri, ishchi g'ildirakning, parraklarning kirish qismidan iborat. Pufakchalarning ichki bosimining tashqi bosimdan kattaligi ularning o'lchamlarining oshishiga olib keladi va pufakchalar bir-biri bilan qo'shilishib kavernalar hosil qilishadi. Pufakchalar va kavernalar suyuqlik bilan oqib ishchi g'ildirak kirish qismiga yetib kelishganda, oqimning bosimi pufakchalar ichki bosimidan oshib ketadi va natijada ular bir zumda yo'q bo'lib, havo, gazlar kondensatsiyalanadi. Bu paytda yuqori bosimdagi oqim zarrachalari katta tezlik bilan hozirgina deyarli vakuumetrik bosimga ega bo'lgan havo, gazlar egallagan bo'shliqqa intiladi va bir-biri bilan urilib juda katta bosimga ega bo'lgan mikro gidrozarbalarni yuzaga keltiradi. Natijada nasosning suyuqlik oqish qismida yoriqlar, chuqurchalar, ba'zi hollarda qismlarning sinib ketishi kuzatiladi. Kavitatsiya hodisasi ro'y berganda nasosning barcha ko'rsatkichlari keskin pasayib ketadi, shovqin, titrash alomatlarini paydo bo'ladi. Bunday holda nasosni zudlik bilan to'xtatish zarur.

Nasosning bir me'yorda, kavitatsiyasiz ishlashi uchun suyuqlik bosimi pufakchalar ichki bosimidan katta bo'lishi kerak. Kavitatsiya eng ko'p ro'y beradigan joy ishchi g'ildirakning kirish qismi hisoblanadi. Shu sababli ushbu joyda kavitatsiyaning ro'y berishi sharoitini tahlil qilamiz, buning aynan shu kesimdagi bosimni Bernulli tenglamasi orqali aniqlaymiz (1.21-rasm).

$$\frac{p_n}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} - H_s - \frac{\alpha_H v_H^2}{2g} - \sum \Delta h_s \quad (1.41)$$

bu yerda,

$H_s$  – nasosning geometrik so‘rish balandligi;

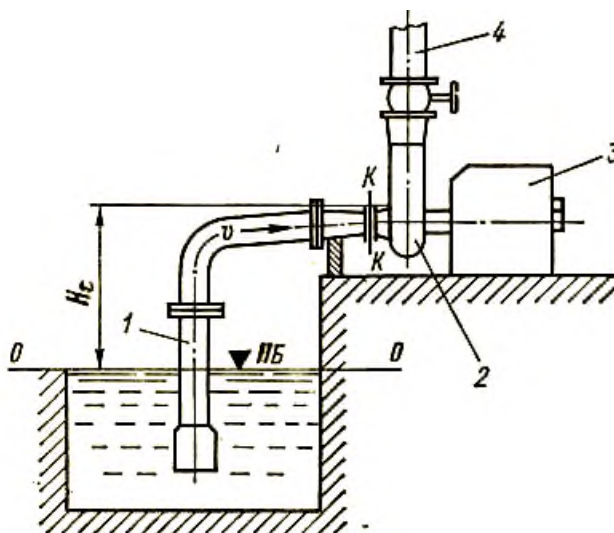
$r_n$  – nasosning  $k - k$  kesimidagi bosimi;

$P_a$  – pastki b‘yefdagi atmosfera bosimi;

$\sum \Delta h_s$  – so‘rish quvuridagi napor yo‘qolish qiymati;

$v_H$  – ishchi g‘ildirakka kirishdagi oqim tezligi.

Tenglamada  $0 - 0$  kesimdagi oqim tezligini nolga teng deb qabul qilamiz. Kavitatsiya hodisasi ro‘y bermasligi uchun  $k-k$  kesimda suyuqlik solishtirma energiyasi pufakchalarning ichki solishtirma energiyasidan katta bo‘lishi kerak.



**1.21-rasm. Nasos qurilmasi sxemasi:**

*1 – so‘rish quvuri; 2 – nasos; 3 – dvigatel; 4 – bosim quvuri.*

$$\Delta h_k = E_n - E_p = \left( \frac{p_H}{\rho g} + \frac{\alpha_H v_H^2}{2g} \right) - \frac{p_n}{\rho g} \quad (1.42)$$

bunda, ortiqcha energiya  $\Delta h_k$  – kavitatsiya zaxirasi deyiladi va bu qiymat nasosning turi va konstruksiyasiga bog‘liq bo‘lib, nasos ish rejimi o‘zgarganda o‘zgaradi.  $\Delta h_k$  qiymatlari laboratoriya sinovlari asosida aniqlanadi. Ishonchli kavitatsiyasiz rejimni ta‘minlash uchun  $\Delta h_k$  qiymati o‘qiy nasoslar uchun  $k = 1,15$ , markazdan qochma nasoslar uchun  $k = 1,2 - 1,4$  koeffitsientga ko‘paytiriladi;  $r_p$  – pufakchalar ichki bosimi;  $E_n$  –  $k - k$  kesimdagi suyuqlik solishtirma energiyasi;  $E_p$  – shu kesimdagi pufakchalar ichki solishtirma energiyasi.

Chegaralangan so‘rish balandligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$H_S = \frac{p_a}{\rho g} - \frac{p}{\rho g} - k \cdot \Delta h_k - \sum \Delta h_S \quad (1.43)$$

Amaliy hisob-kitoblarda [8] tavsiyasiga ko‘ra chegaralangan so‘rsh balandligi quyidagiga teng:

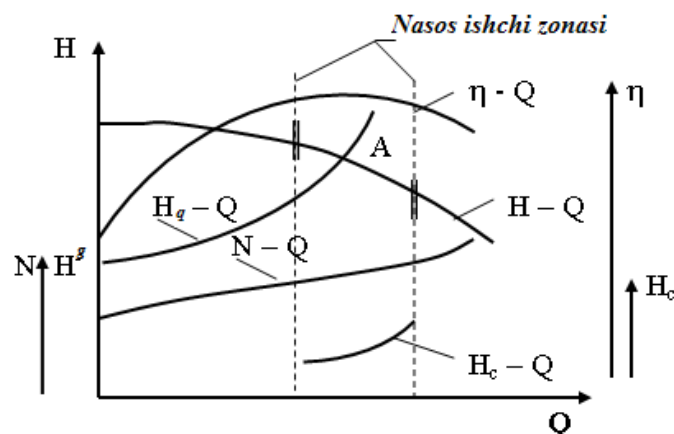
$$H_S = 10 - \frac{\sqrt{H_B}}{900} - k \cdot \Delta h_k - \sum \Delta h_S \quad (1.44)$$

### 1.4.7. Nasoslarning xarakteristikalari

Nasosning asosiy ko‘rsatkichlari  $H$ ,  $N$ ,  $\eta$  va  $H_s$  qiymatlarining uning ish unumdorligi  $Q$  qiymatlariga bog‘liqligini ifodalovchi egri chiziqli grafiklar *nasos xarakteristikalari* deb ataladi.

Nasos xarakteristikalari tajriba o‘lchovlari yordamida aniqlanadi. Xarakteristikalar yordamida nasos ish unumdorligining barcha qiymatlarida uning boshqa parametrlari qanday o‘zgarishini oldindan bilish mumkin, bu esa nasos ish rejimini rejalashtirish imkonini beradi. Qo‘yilayotgan talablar asosida nasoslarni tanlash ham ularning xarakteristikalari asosida amalga oshiriladi.

Nasos xarakteristikalarini ikki turga bo‘lish mumkin: ishchi xarakteristikalar va universal xarakteristikalar. Ishchi xarakteristikalar nasos ish rejimining muayyan bir holatini o‘z ichiga oladi (1.22-rasm).



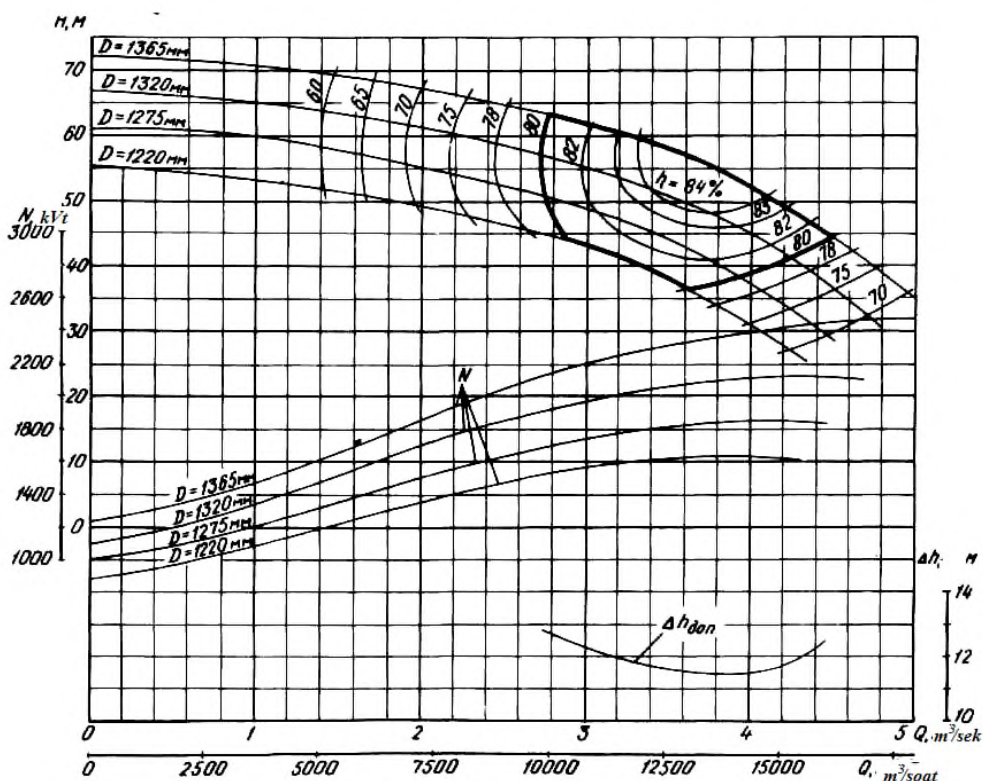
1.22-rasm. Markazdan qochma nasosning ishchi xarakteristikasi.

Bu xarakteristikalar nasos ishchi g‘ildiragi va vali aylanishlar sonining o‘zgarmas qiymatlarida olinadi. Universal xarakteristikalar nasosning barcha mavjud ish rejimlarini o‘zida aks ettirishi mumkin. Universal xarakteristikalar nasos

ishchi g'ildiragi va vali aylanishlar sonining bir nechta qiymatlaridagi grafiklarni aks ettirishi mumkin (1.23-rasm).

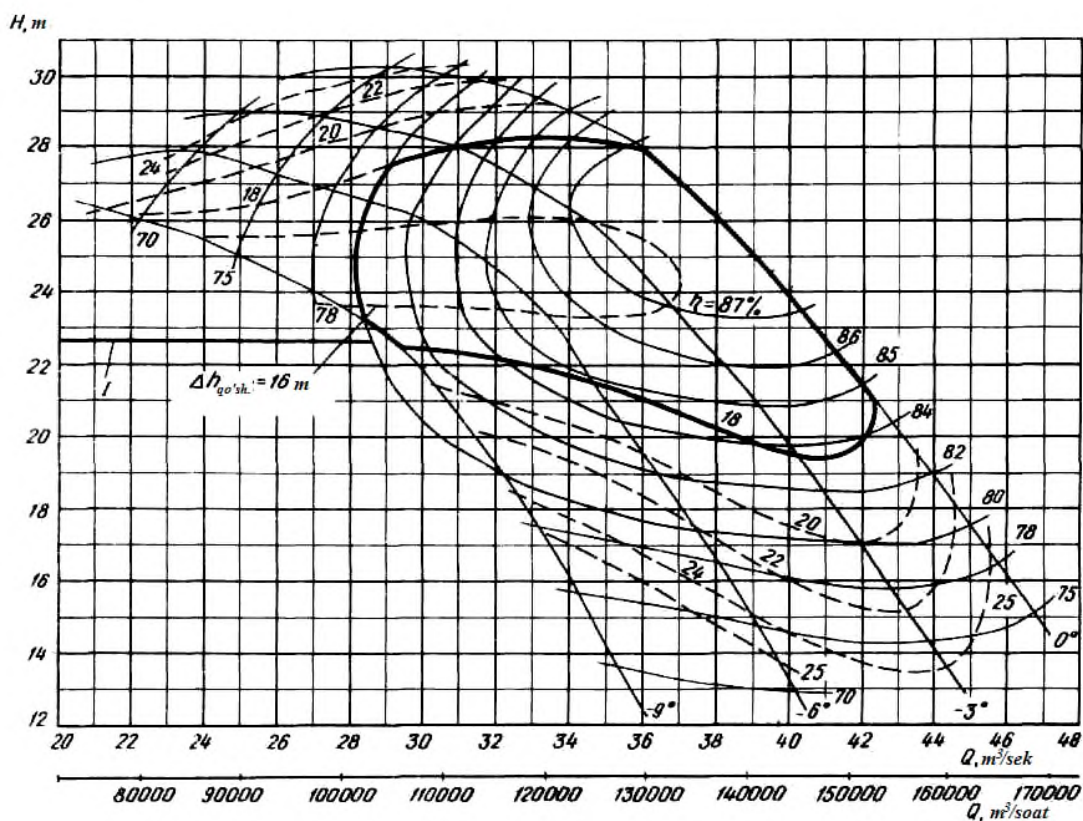
O'qiy nasoslarning universal xarakteristikalarida parraklarning burilish burchaklariga (masalan  $\varphi = 0^{\circ}, -3^{\circ}, -6^{\circ}, -9^{\circ}$ ) mos keluvchi grafiklar ham beriladi (1.24-rasm).

Xarakteristikalarda nasos uchun qulay bo'lgan optimal ish zonalari ajratib ko'rsatiladi (yuqoridagi xarakteristikalarda qalin chiziq bilan ko'rsatilgan), bu zonalarda nasos yuqori FIK qiymatlariga ega bo'ladi.



**1.23-rasm. Vertikal markazdan qochma 1000V – 4/53 markali nasosning universal xarakteristikasi ( $\Delta h_{dop}$  – kavitatsiya zaxirasi chizig'i)**

**Nasosning ishchi nuqtasi.** Nasosning napor xarakteristikasi  $H - Q$  bilan quvurlar tizimining xarakteristikasi  $H_q - Q$  kesishgan nuqta nasosning ishchi nuqtasi A deyiladi (1.22-rasm).



**1.24-rasm. OPV10 – 260 vertikal o‘qiy nasos universal xarakteristikasi**  
**( $\Delta h_{qo'sh.}$  – kavitatsiya zaxirasi chizig‘i).**

Quvurlar tizimining xarakteristikasi  $H_q - Q$   $H_q = H^s + \sum \Delta h_q$  bog‘lanish asosida quriladi. Demak, nasos ish unumdorligining mavjud barcha qiymatlarida quvurlar tizimidagi napor yo‘qolish qiymatining yig‘indisi  $\sum \Delta h_q$  hisoblanadi va geometrik suv haydash balandligining  $H^s$  o‘zgarmas qiymatiga qo‘shiladi.  $\sum \Delta h_q$  qiymatlarini aniqlash  $\sum \Delta h_q = k \cdot Q^2$  formulasi orqali bajariladi. Bunda  $k$  quvurlar tizimining o‘zgarmas qarshilik koeffisienti. Formuladan ko‘rinib turibdiki,  $H_q - Q$  grafigi o‘sovchi grafik, chunki  $Q$  ning qiymatlari oshishi bilan  $\sum \Delta h_q$  qiymatlari ham oshib boradi.

Nasos ishchi nuqtasi  $\eta - Q$  grafigidagi eng yuqori chuqqiga mos kelsa, bunday nuqta *optimal ishchi nuqta* deb ataladi.

#### 1.4.8. Nasos ish rejimini rostdash usullari

Nasosning napor xarakteristikasini yoki quvurlar tizimining xarakteristikasini sun‘iy ravishda o‘zgartirish yo‘li bilan nasos ish rejimini talab

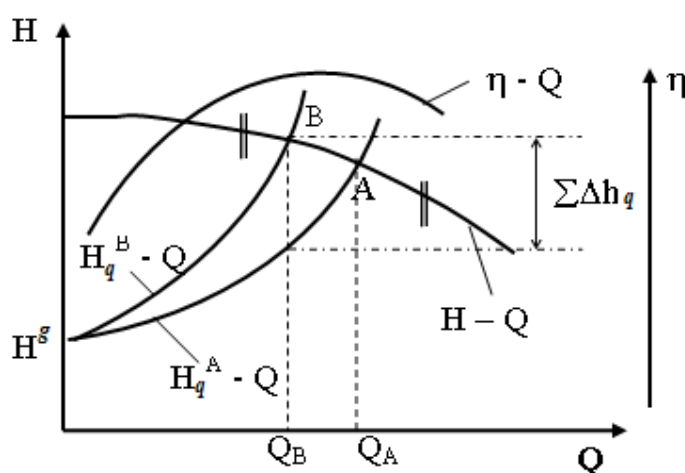


qilingan ko'rsatkichlarga moslash nasos ish rejimini rostlash deb ataladi.

Nasos ish rejimini rostlashga bo'lgan zaruratning asosiy sababi shundan iboratki, haydab berilayotgan suyuqlik miqdori vaqt mobaynida tez-tez o'zgarib turadi, shuning uchun tizimning moddiy va energetik balansini saqlash maqsadida nasosning asosiy ko'rsatkichlarini talabga mos keladigan qiymatlarga keltirish kerak.

Nasos ish rejimini rostlashning quyidagi usullari bor:

**Drossellash usuli.** Bu usul keng tarqalgan usullardan bo'lib, asosan markazdan qochma nasoslarda qo'llaniladi. Drossellashning mohiyati shundan iboratki, bosim quvuriga o'rnatilgan qulfak (zadvijka) yordamida haydab berilayotgan suyuqlik sarfini qulfak ochilish darajasini o'zgartirish yo'li bilan rostlash mumkin. Bunda haydab berilayotgan suyuqlik miqdori qulfak ochilish darajasiga mos ravishda ko'payadi yoki kamayadi. Bunday rostlash sodda va oson bajariladi, ortiqcha jihozlar talab qilinmaydi. Lekin drossellash usuli tejamli emas, chunki dvigatel energiyasining bir qismi qulfakdagi qarshiliklarni yengishga sarflanadi. Buni 1.25-rasmdagi grafikdan ko'rish mumkin. Bosim quvurida qo'shimcha qarshilik  $\sum\Delta h_q$  paydo bo'lganligi uchun quvurlar tizimi xarakteristikasi  $H_q^B - Q$  yanada balandroq ko'tariladi, rejim (ishchi) nuqtasi o'zgaradi (B nuqta) va nasos ish unumdorligi  $Q_A$  dan  $Q_B$  gacha kamayadi.



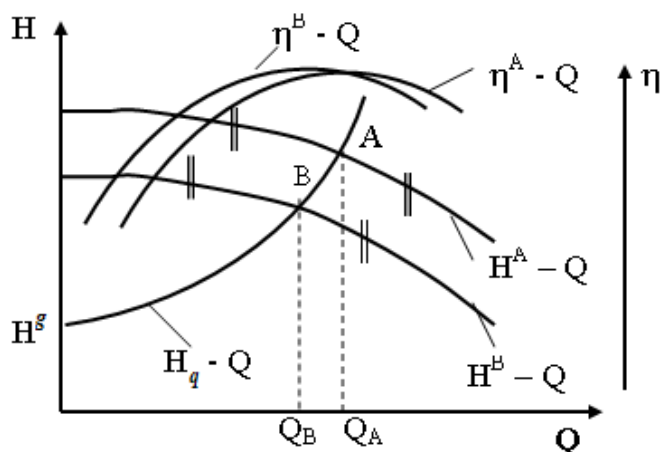
**1.25-rasm. Nasosning ish rejimini drossellash usuli bilan rostlash grafigi.**

Nasos vali aylanishlar sonini o'zgartirish usuli bilan rostlash. Bu usul energiya sarfi jihatidan eng tejamli usullardan hisoblanadi. Nasos vali aylanishlar

sonini o'zgartirish uning napor xarakteristikasining  $H - Q$  proporsionallik qonuniyati asosida o'zgarishiga olib keladi (1.26-rasm).

Talab qilingan  $Q_B$  suv miqdorini berish uchun nasos vali aylanishlar soni  $n_a$  dan  $n_b$  gacha kamaytiriladi, bunda nasosning napor xarakteristikasi  $H^A - Q$  dan  $H^B - Q$ , FIK xarakteristikasi  $\eta^A - Q$  dan  $\eta^B - Q$  ko'rinishga keladi va ishchi nuqta A dan B ga o'zgaradi. Nasos vali aylanishlar sonini oshirganda ham xuddi shunday vaziyat yuzaga keladi, lekin bunda yangi  $H^B - Q$  xarakteristika  $H^A - Q$  ga qaraganda yuqorida joylashadi. Nasosning suv oqish trakti, ishchi g'ildirak geometriyasi ma'lum suv miqdoriga mo'ljallanganligi uchun nasos vali aylanishlar sonini 15 – 20 % dan oshirish tavsiya qilinmaydi.

Valning aylanishlar sonini o'zgartirishning quyidagi usullari mavjud: o'zgaruvchan aylanishlar soniga ega bo'lgan elektrodvigateldan foydalanish, gidravlik, elektromagnit sirg'anuvchi muftalarni qo'llash, fazali rotorning zanjiriga qarshilik kiritish (reostat), dvigatel zanjiriga berayotgan kuchlanishning chastotasini o'zgartirish.



**1.26-rasm. Nasosning ish rejimini nasos vali aylanishlar sonini o'zgartirish usuli bilan rostlash grafigi.**

Shulardan keyingi paytda ko'proq qo'llanilayotgan usul kuchlanish chastotasini o'zgartirish usulidir. Buning asosiy sababi tokning chastotasini o'zgartirish dvigatelning energetik va mexanik ko'rsatkichlarini samarali ravishda boshqarish imkonini beradi.

Nasos ish rejimini o'zgartirishning bulardan tashqari bosim quvuridan so'rish quvuriga ma'lum miqdordagi suvni tashlash usuli, so'rish quvuriga havo

kiritish usuli, ishchi g'ildirakni yo'nish usuli va boshqalar mavjud. Lekin bu usullar qo'llash diapazoni cheklanganligi, nasos FIK ga salbiy ta'sir ko'rsatganligi uchun keng qo'llanilmaydi.

O'qiy nasoslarda ish rejimini rostlash uchun buriluvchi parraklardan foydalaniladi. Parraklarning burilish burchaklariga mos keluvchi napor xarakteristikalarini nasoslarning universal xarakteristikalarida (1.24-rasm) beriladi.

#### **1.4.9. Nasoslarning birgalikdagi ishi**

Nasoslarning ishlash jarayonida shunday holat yuzaga kelishi mumkin, bir yoki bir nechta nasosning alohida ishlashi ularning bir tizimda birgalikda ishlashiga qaraganda kam samara berishi mumkin. Shunday hollarda nasoslarning birgalikda ishidan foydalaniladi. Nasoslar birgalikda parallel yoki ketma-ket ishlashi mumkin.

**Nasoslarning parallel ishi.** Agar bir nechta nasos bir vaqtda umumiy bosim quvuriga suyuqlik haydab bersa, ularning bunday ishi *parallel ish* deb ataladi. Nasoslarni parallel ulashdan asosiy maqsad bosim quvuriga sarf bo'ladigan xarajatlarni kamaytirishdir, chunki umumiy bosim quvuri qurilishiga sarf bo'ladigan xarajatlar har bir nasos bosim quvurlariga sarf bo'ladigan xarajatlar yigindisidan ancha kam bo'ladi.

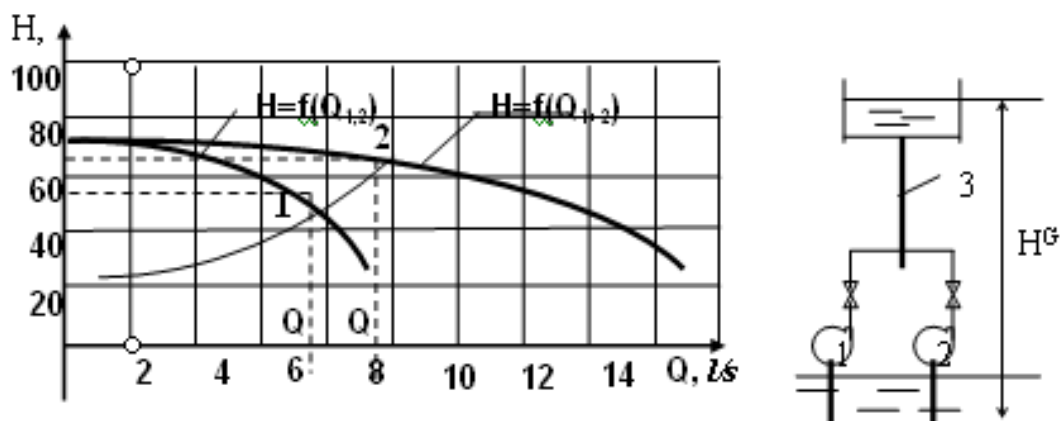
Nasoslarning parallel ishlashi uchun quyidagi talablarni bajarish zarur:

- nasoslar markasi bir xil yoki napor va ish unumdorligi qiymatlari bir-biridan kam farq qilishi kerak;
- umumiy bosim quvurining optimal diametri texnik-iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlanishi kerak;
- bitta bosim quvuriga uchtdan ortiq nasoslarni ulash maqsadga muvofiq emas.

Parallel ishlayotgan ikkita bir xil nasosning umumiy napor xarakteristikasini  $H=f(Q_{1+2})$  qurish uchun quyidagi qoidalarga amal qilish zarur (1.27-rasm):

$N$  ning qiymatlariga mos keluvchi  $Q_{1,2}$  qiymatlar ikkiga ko'paytirilib  $Q_{um}=2Q_{1,2}$  qiymati topiladi va bu qiymatga hamda  $N$  ga mos keluvchi koordinata nuqtasi topiladi va xuddi shu tartibda qolgan nuqtalar ham topilib, ular egri chiziq

bilan birlashtiriladi. Napor xarakteristikalari har xil bo'lgan nasoslarning umumiy napor xarakteristikasini  $H=f(Q_{1+2})$  qurish uchun ikkala nasos uchun ham  $N = \text{const}$  bo'lgan qiymatlarida  $Q_{\text{um}} = Q_1 + Q_2$  qiymatlari topiladi. 1.27-rasmda 1 – nuqta bitta nasosning ishchi nuqtasi, 2 – nuqta ikkala nasosning parallel ishidagi ishchi nuqtasi hisoblanadi, bunda  $Q_1$  – bitta nasosning ish unumdorligi,  $Q_2 = Q_{\text{um}}$  ikkala nasosning umumiy ish unumdorligi.



**1.27-rasm. Nasoslarning parallel ishlashi grafigi va sxemasi**

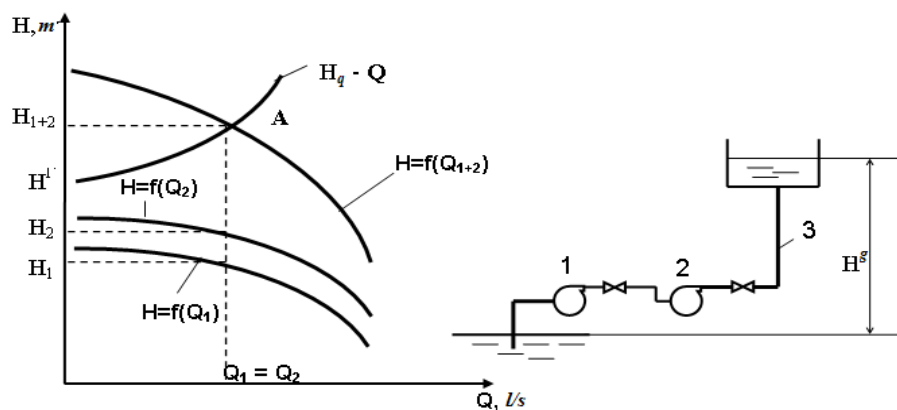
1, 2 – nasoslar, 3 – umumiy bosim quvuri.

**Nasoslarning ketma-ket ishlashi.** Birinchi nasos manbadan olingan suyuqlikni ikkinchi nasosning so'rish quvuriga yetkazib bersa, ikkinchi nasos uchinchi nasos so'rish quvuriga va xokazo, oxirgi nasos suyuqlikni umumiy bosim quvuriga haydab bersa, nasoslarning bunday ishi ularning *ketma-ket ishlashi* deyiladi.

Uzoq masofalarga yoki katta balandlikka suyuqlikni yetkazib berishda bitta nasosning nabori yetarli bo'lmaydi, shunday hollarda nasoslar ketma-ket ulanadi. Demak ushbu tizimni qo'llashdan asosiy maqsad nasos qurilmasining umumiy naborini oshirishdir, bunda ma'lumki, qurilmaning ish unumdorligi o'zgarmaydi, ya'ni  $Q_1 = Q_2$  (1.27-rasm). Grafikdan ko'rinib turibdiki, talab qilinayotgan geometrik balandlik  $N^G$  ikkala nasosning ham naboridan ( $N_1, N_2$ ) katta. Ketma-ket ishlayotgan ikki nasosning umumiy napor xarakteristikasini qurish uchun  $Q_1 = Q_2$  ga mos keluvchi napor qiymatlari qo'shiladi, ya'ni  $H_{1+2} = H_1 + H_2$ .  $Q$  ning qolgan qiymatlari uchun ham xuddi shuningdek  $H_{1+2}$  ning boshqa qiymatlari topilib, olingan nuqtalar egri chiziq bilan birlashtiriladi va umumiy napor xarakteristikasi quriladi

$H=f(Q_{1+2})$ . Ushbu xarakteristikaning quvurlar tizimi xarakteristikasi  $H_q - Q$  bilan kesishgan nuqtasi ketma-ket ishlayotgan nasoslar ishchi nuqtasi deyiladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, ketma-ket ishlaydigan nasoslar qurilmasida nasoslar soni ikkitadan ortiq bo'lishi maqsadga muvofiq emas, chunki nasoslarni ketma-ket ulashda ularning FIK pasayadi, ba'zi qismlar orasidan suyuqlik sizib chiqish xavfi oshadi, nasosning mahkamlik darajasiga putur yetishi mumkin. Nasoslarni tanlashda iloji boricha bir xil nasoslarni tanlash kerak yoki ularning ish unumdorligi va nabori qiymatlari bir-biriga yaqin bo'lishi kerak.



**1.24-rasm. Nasoslarning ketma-ket ishlashi grafifi va sxemasi**

1, 2 – nasoslar, 3 umumiy bosim quvuri.

## 1.5. Nasoslarning boshqa turlari

### 1.5.1. Uyumaviy nasoslar

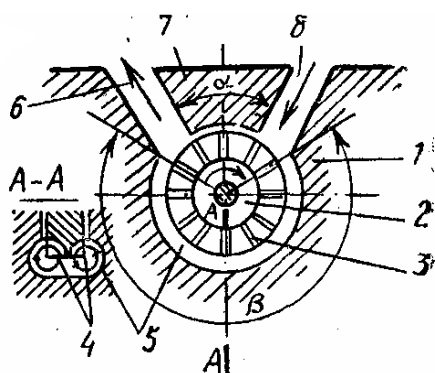
1.29-rasmda uyurmaviy nasosning sxemasi ko'rsatilgan. Qo'zg'almas korpus 1 ning ichida ish g'ildiragi 2 joylashgan, uning gardishida ikki qator kalta radial parraklari 3 bor. G'ildirakning ikkala tomonida joylashgan bu ikki qo'shni parraklar bir-biri bilan bo'shliqlar 4 hosil qiladi. G'ildirak 2 bilan korpus 1 orasida halqa shaklidagi oraliq 5 bo'lib, unga so'rish quvuri 8 orqali suyuqlik beriladi va bu suyuqlik oraliqni 5 va g'ildirakdagi bo'shliqni 4 to'ldiradi.

Ish g'ildiragi 2 aylanganida bo'shliq 4 va oraliq 5 dagi suyuqlik parraklar bilan aylanadi va markazdan qochuvchi kuch ta'sirida bo'shliqlarda buralib, A—A kesimda aylanma strelkalar bilan ko'rsatilganidek uyurma hosil qiladi. Shunday qilib, halqa shaklidagi oraliqda o'ziga xos juft aylanma uyurmaviy harakat yuzaga

keladi, shu sababli nasos shunday nom olgan. Bunda suyuqlik zarrachalari vintsimon harakatda bo‘lib, har bir parraklararo bo‘shliqqa kirganda parraklardan qo‘shimcha energiya oladi.

Shu sababli uyurmaviy nasoslar markazdan qochma nasoslarga qaraganda 2 – 4 baravar bosim hosil qilishi mumkin. So‘rish va bosim quvurlari o‘rtasida suyuqlikning so‘rish quvuri tomoniga o‘tishiga imkon bermaydigan juda kichik zazorli ko‘prikcha 7 bor.

Uyurmaviy nasosning afzalliklaridan yana biri ishga tushirishdan oldin uni suyuqlik bilan to‘ldirish shart emas, chunki nasosning o‘zi so‘rish qobiliyatiga ega.



**1.29-rasm. Uyurmaviy nasos sxemasi:**

*1 – korpus; 2 – ishchi g‘ildirak; 3 – parraklar; 4 – bo‘shliq; 5 – oraliq; 6 – bosim quvuri; 7 – ko‘prikcha; 8 – so‘rish quvuri;*

Bu nasosning kamchiliklari sifatida FIK ning pastligi (0,25 – 0,5) va loyqa, qumli suyuqliklarni haydab berishda tezda ishdan chiqishini ko‘rsatsa bo‘ladi.

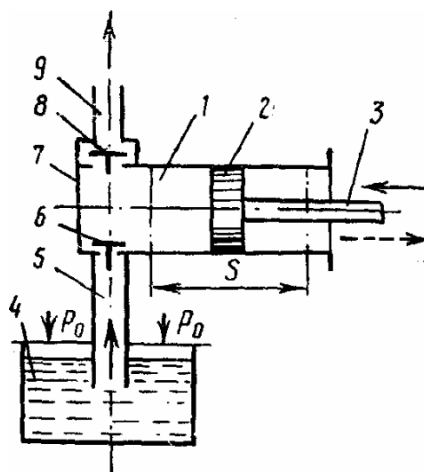
Uyurmaviy nasoslar 1 – 40 m<sup>3</sup>/soat ish unumdorligiga, 15 – 90 metr napor qiymatlariga ega bo‘lishi mumkin.

### **1.5.2. Porshenli nasoslar**

Porshenli nasoslar bilan har qanday qovushqoqlikdagi suyuqliklarni haydash mumkin. Porshenli nasoslardan oz miqdordagi suyuqliklarni yuqori bosimda haydashda va suyuqlik sarfi o‘zgarmas bo‘lib, bosim keskin o‘zgaradigan hollarda foydalanish qulay.

Porshen 1, silindr 2, shtok 3, ishchi kamera 7, so‘rish 6 va haydash 8 klapanlari porshenli nasosning asosiy qismlari hisoblanadi (1.30-rasm).

Shtok 3 vositasida krivoshipli mexanizm bilan birlashtirilgan porshen 2 silindr 1 ning ichida olga – orqaga harakat qiladi. Porshen bilan silindr orasidan suyuqlik sizib chiqmasligi uchun porshenning yon sirtiga metall yoki rezinadan ishlangan zichlash halqalari o‘rnatiladi, ular silindrning ichki devoriga zich yopishib turadi. Silindrda porshenning bir turish nuqtasidan ikkinchi turish nuqtasigacha siljish masofasi  $S$  porshen yo‘lining uzunligi deyiladi.



**1.30-rasm. Porshenli nasos sxemasi.**

So‘rish quvuri 5 so‘rish klapani 6 orqali pastki rezervuar 4 bilan, haydash quvuri 9 esa haydash klapani 8 orqali yuqori rezervuar bilan tutashtirilgan.

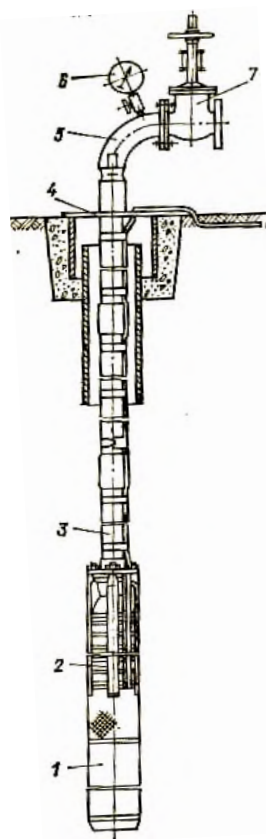
Oddiy porshenli nasos quyidagi prinsipda harakatlanadi: Nasos porsheni so‘rish jarayonida o‘ngga (orqaga) tomon harakat qiladi. Bunda ishchi kamerada bosim kamayib atmosfera bosimidan kichik bo‘lib qoladi. Pastki rezervuardagi suyuqlikning erkin sirti atmosfera bosimi ta‘siri ostida bo‘lganligi (bu bosim kameradagi bosimdan katta) uchun suyuqlik rezervuardan so‘rish quvuri bo‘ylab silindrga ko‘tariladi va so‘rish klapanini ochib nasosning ishchi kamerasini to‘ldiradi.

Porshenning o‘ngdan chapga (olga) tomon teskari harakatida kamerada bosim keskin oshib ketadi, bu esa so‘rish klapanining yopilishiga va haydash klapanining ochilishiga olib keladi. Natijada ishchi kameradagi suyuqlik haydash klapani orqali haydash quvuriga siqib chiqariladi.

Porshenli nasoslarning ish unumdorligi  $0,01 - 250 \text{ m}^3/\text{soat}$ , napori  $0,25 - 250 \text{ MPa}$  gacha bo‘lishi mumkin.

### 1.5.3. Quduq nasoslari

Quduqlardan suyuqlik ko‘tarishga mo‘ljallangan nasoslarning eng ko‘p tarqalgani cho‘kma ESV markali nasoslardir (1.31-rasm).



**1.31-rasm. ESV markali quduq nasos sxemasi:**

*1 – elektrodvigatel; 2 – nasos; 3 – bosim quvuri; 4 – tayanch plitasi; 5 – tirsak; 6 – manometr; 7 – qulfak.*

Bu nasoslar ish unumdorligi  $0,63 - 1200 \text{ m}^3/\text{soat}$ , nabori  $12 - 680$  metrgacha qiymatlarga ega bo‘lib, diametri  $100 - 486 \text{ mm}$  gacha bo‘lgan quduqlarga o‘rnatilishi mumkin. Respublikamizda “Suv mash” zavodi bunday nasoslarning  $16 - 255 \text{ m}^3/\text{soat}$  ish unumdorligi,  $30 - 160$  metr napor qiymatlariga ega bo‘lgan va  $200, 250, 300 \text{ mm}$  diametrli quduqlarga o‘rnatiladigan rusumlarini ishlab chiqarmoqda. Cho‘kma nasoslar markazdan qochma nasoslar bo‘lib, ularda yuqori bosim ishchi g‘ildiraklarni ketma-ket o‘rnatish hisobiga hosil qilinadi. Shu sababli bu nasoslarda ishchi g‘ildiraklar soni o‘ndan ham oshishi mumkin. Nasosning elektrodvigateli quduq tubiga, qurilmaning eng pastki qismiga joylashtiriladi. Aksariyat hollarda elektrodvigatel cho‘lg‘ami mahkam suv o‘tkazmaydigan polietilen izolyatsiyada



bo'lib, u uzoq vaqt suvda ishlashi mumkin. Ba'zi hollarda dvigatel statori suv kirishidan himoyalangan silindr ichida joylashadi va u maxsus moy bilan to'ldiriladi.

Cho'kma nasoslar quyidagicha markalanadi, masalan ESV 12 – 255 – 30, bunda E – elektrli, S – markazdan qochma, V – suvga mo'ljallangan, 12 – quduqning 25 marta kichraytirilgan diametri, mm, 255–ish unumdorligi, m<sup>3</sup>/soat, 30–napori, m.

## 1.6. Nasoslarni soni va markasini tanlash

### 1.6.1. Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini aniqlash

Nasos stansiyasining suv berish unumdorligi iste'molchi tomonidan qo'yiladigan talab va suv hajmiga qarab aniqlanadi.

Agar nasos stansiyasi ochiq sug'orish sistemasiga xizmat qilsa, unda uning suv berish unumdorligi ixchamlashtirilib keltirilgan gidromodul qiymatiga bog'liq ravishda aniqlanadi, ya'ni:

$$Q_i = \frac{\omega \cdot q_{ki}}{100\eta_c}; \quad m^3/s \quad (1.45)$$

bu yerda

$\omega$  - sug'orish maydoni (netto),

$q_{ki}$  – ixchamlashtirib keltirilgan gidromodul, l/sek

$\eta_{ss}$  – sug'orish sistemasi foydali ish koeffitsienti

$i$  – sug'orish davrlari.

Yuqoridagi formula asosida suv iste'mol qiymati hisoblab chiqilib, suv iste'mol grafigi quriladi.

Nasos stansiyasi suv berish unumdorligining hisobiy qiymatiga suv iste'moli grafigining maksimal ordinatasi mos keladi, oshirilgan suv berish qiymati undan 10 ... 30% miqdorda ko'p bo'ladi.

Agar nasos stansiyasi yomg'irilatib sug'oradigan mashinalarga suv bersa, unda uning suv berish unumdorligi bitta mashina sarf qiladigan suv miqdoriga va bir vaqtda ishlaydigan mashinalar soniga bog'liq ravishda aniqlanadi.

$$Q_i = q_m \cdot n, \quad m^3/s \quad (1.46)$$

bu yerda,

$q_m$  – yomg‘irlatib sug‘oruvchi mashinaning suv sarfi, m<sup>3</sup>/s;

$n$  – bir vaqtda ishlaydigan mashinalar soni;

$i$  – sug‘orish davrlari.

Nasos stansiyasining davrlarga mos keluvchi suv berish unumdorligi qiymatlari nasoslar markasi va sonini aniqlash uchun asos bo‘ladi.

### 1.6.2. Nasoslar sonini aniqlash

Nasos stansiyasidagi nasoslar soni odatda suv iste‘moli ehtiyojlarini to‘la qondirishga imkon beradigan va eng yaxshi iqtisodiy ko‘rsatkichlariga ega bo‘lgan variantni texnik-iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlash asosida aniqlanadi.

Agar suv iste‘moli grafigi teng pog‘onali grafik bo‘lsa, unda nasoslar sonini quyidagi formula bilan aniqlash maqsadga muvofiqdir:

$$N = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad (1.47)$$

$Q_{max}$  va  $Q_{min}$  – suv iste‘moli grafigining maksimal va minimal suv sarflari qiymati. Bunda bitta nasosning suv berish unumdorligi  $Q_n \approx Q_{min}$  bo‘ladi.

Lekin bu holda  $Q_{ns} = n \cdot Q_n$  bo‘lishini tekshirib ko‘rish lozim. Chunki agar bir nechta nasos bitta umumiy bosim quvuriga suv yetkazib bersa, unda  $Q_{ns} < Q_n \cdot n$  bo‘ladi, bunda  $n$  – umumiy bosim quvuriga suv beradigan nasoslar soni .

Agar suv iste‘moli grafigi notekis pog‘onali, ya‘ni qiymatlari bir-biridan nosimmetrik ravishda farq qilsa, yuqorida keltirilgan usul bilan nasoslar sonini aniqlab bo‘lmaydi.

Bunday hollarda nasoslar sonini ko‘paytirish yoki har xil suv berish unumdorligiga ega bo‘lgan nasoslarni tanlash yaxshi natija berish mumkin.

$$Q_n \approx 1/2 Q_{min} \text{ yoki } n_1 Q_n^I + n_2 Q_n^{II} = Q_{NS}$$

bu yerda

$Q_n^I, Q_n^{II}$  – har xil suv berish unumdorligiga ega bo‘lgan nasoslar.

$n_1, n_2$  – mos nasoslar soni.

Lekin bunday hollarda shunga e‘tibor berish lozimki, stansiyadagi nasoslar soni belgilangan miqdordan oshmasligi kerak. Masalan, nasos stansiyalarida asosiy

nasoslardan tashqari zaxira nasoslari ham oʻrnatiladi. Bu nasoslarning vazifasi ishdan chiqqan asosiy nasoslarni almashtirish, vegetatsiya davrida baʼzan yuzaga keladigan oshirilgan suv sarflari qiymatlarini taʼminlashdan iboratdir.

Sugʻorish sistemasidagi nasos stansiyalar uchun zaxira nasoslari soni har 1...8 ta nasos uchun 1 ta, baʼzi ichimlik va texnik suv taʼminoti nasos stansiyalarida har 2 – 3 nasosga 1 tadan qabul qilinadi.

### **1.6.3. Nasoslar markasini aniqlash**

Nasoslar markasini nasoslar soni va suv berish unumdorligini hisoblash bilan birgalikda bir nechta variantlarni taqqoslash yoʻli bilan aniqlash maqsadga muvofiqdir.

Nasoslarning ekspluatatsiya davrida buzilmasdan ishlashi muhim ahamiyatga egaligi, hamda ularning yirik energiya isteʼmolchilari ekanligi nasoslarni tanlashda aniqlovchi faktorlar hisoblanadi. Shu sababdan tanlanadigan nasoslar mustahkam ekspluatatsiya koʻrsatkichlariga ega boʻlishi va energiyani mumkin qadar kam isteʼmol qilishi lozim.

Shunday nasoslar markasi texnik-iqtisodiy hisoblar yordamida aniqlanadi. Bu hisoblarda taqqoslanayotgan nasoslarni oʻrnatish, quvurlarni, elektr jihozlarni joylashtirish stansiya binosini qurishga sarf boʻladigan kapital harajatlar va yillik ekspluatatsiya xarajatlari yigʻindisining keltirilgan qiymatlari koʻrib chiqiladi.

Bu qiymatlar minimumi boʻyicha eng iqtisodiy qulay variant aniqlanadi.

Nasoslar markasi maxsus yigʻma grafiklar yordamida hisoblangan koʻrsatkichlar  $H$  va  $Q_H$  boʻyicha topiladi.  $H$  va  $Q_H$  qiymatlari albatta nasoslar ishchi zonasiga toʻgʻri kelishi va yuqori foydali ish koeffitsiyentiga ega boʻlishi lozim.

### **1.7. Nasoslar uchun elektrodvigatel tanlash**

Nasoslarni harakatga keltirish uchun baʼzi hollarda ichki yonuv dvigatellari qoʻllansada, oʻzining ixchamligi, ishonchliligi va iqtisodiy jihatdan qulayligi tufayli elektr dvigatellari deyarli barcha nasos stansiyalarda foydalaniladi. Baʼzi bir yirik nasos agregatlardan tashqari, barcha nasoslar elektrodvigatel bilan birgalikda ishlab chiqariladi.

Agar birgalikda chiqarilgan nasoslar oʻrnatish talablariga javob bermasa yoki nasos koʻrsatkichlarni bir oz oʻzgartirishga toʻgʻri kelsa, yangi elektrodvigatel tanlanadi. Yangi elektrodvigatel aylanishlar soni nasos aylanishlar soniga toʻgʻri kelishi zarur. Uning quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_{dv} = N_N \cdot K_3, \quad \text{kVt} \quad (1.48)$$

bu yerda

$N_N$  – nasos quvvati, kVt

$K_3$  – qoʻshimcha quvvat uchun koeffitsienti,  $K_3 = 1,05 \dots 1,15$

Elektrodvigatellarni tanlashda quyidagi tavsiyalarga eʼtibor qilish kerak:

- quvvati 200 kVt gacha boʻlgan nasoslar uchun past volʼtli asinxron elektrodvigatellar tanlash kerak;
- quvvati 250 kVt dan oshgan nasoslar uchun yuqori volʼtli elektrodvigatellar tanlash zarur;
- quvvati 400 kVt dan oshgan nasoslar uchun sinxron elektrodvigatellar qoʻllash kerak;
- kataloglarda elektrodvigatellar quvvati 35<sup>0</sup>C harorat uchun beriladi, agar havo temperaturasi bu qiymatdan oshsa, unda dvigatel quvvatini quyidagi formulaga asosan hisoblash zarur:

$$N_{dv} = N_{kat} \cdot K_t, \quad \text{kVt} \quad (1.49)$$

bu yerda

$N_{kat}$  – elektrodvigatelning katalogda berilgan quvvati, kVt.

$K_T = 0,95/0,95$                        $t = 40^0\text{S}$  boʻlsa,

$K_T = 0,90/0,875$                      $t = 45^0\text{S}$  boʻlsa,

$K_T = 0,85/0,75$                       $t = 50^0\text{C}$  boʻlsa.

$K_T$  ning maxrajda berilgan qiymatlari sinxron elektrodvigatellar uchun koʻrsatilgan.

Nasos stansiyalarda oʻrnatiladigan elektrodvigatellar ikki turga: asinxron va sinxron elektrodvigatellarga boʻlinadi. Asinxron elektrodvigatellarda rotor aylanish chastotasi aylanayotgan magnit maydoni chastotasidan ozroq farq qiladi, shu sababli bu elektrodvigatellar asinxron elektrodvigatellar deyiladi. Qulayligi, arzonligi

jihatidan bu elektrodvigatellar kichik va oʻrta nasos stansiyalarning deyarli barchasida keng qoʻllanilmoqda.

Sinxron elektrodvigatellar oʻzgarmaydigan aylanish chastotasi bilan ishlaydi. Bu elektrodvigatellar asinxron elektrodvigatellarga qaraganda quyidagi afzalliklarga ega:

- sinxron elektrodvigatel bir va undan ham ortiqroq boʻlgan quvvat koeffitsiyenti ( $\cos\varphi$ ) bilan ishlashi mumkin, bu esa elektr energiyasini tejash imkonini beradi, dvigatel FIK ni oshiradi;
- tarmoqdagi kuchlanishning tebranishi sinxron elektrodvigatel ishiga kam taʼsir qiladi.

Sinxron elektrodvigatellarning asosiy kamchiligi ularni ishga tushirishda maxsus uygʻotuvchi moslamaning zarurligidir. Bu elektrodvigatellarning aylanish chastotasi quyidagiga asoslangan boʻlishi kerak:

$$n = 3000/p \quad (1.50)$$

bu yerda

$p$  – qutblar soni.

## **1.8. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari**

### **1.8.1. Mexanik jihozlar**

Nasos stansiyasining mexanik jihozlariga suv darvozlari qulfaklari, oqiziq tutuvchi panjaralar, panjara tozalovchi mashinalar, koʻtarish - tashish mexanizmlari va boshqalar kiradi.

Suv darvozalari asosan suv qabul qilish va suv chiqarish inshootlarida oʻrnatiladi.

Suv darvozalari asosiy, taʼmirlash, avariya darvoza turlariga boʻlinadi.

Oqiziq tutuvchi panjaralar asosan suv qabul qilish inshootlariga gorizontga nisbatan  $70^{\circ} - 80^{\circ}$  burchak ostida oʻrnatiladi. Boʻyi 2,5 m gacha boʻlgan panjaralar qoʻl bilan, balandligi 2,5 m dan oshgan va vertikal holdagi panjaralar mashina yordamida tozalanadi.

Panjara sterjenlari orasidagi masofani o'qiy nasoslar uchun 35...150 mm oraliqda  $v=0,05 \cdot D_{ig}$  formulasi bilan aniqlanadi. Markazdan qochma nasoslar uchun 30...100 mm oraliqda  $v=0,03 \cdot D_{ig}$  formulasi bilan aniqlanadi:  $D_{ig}$  – nasos ishchi g'ildiragi diametri, mm.

Qo'l bilan tozalanadigan panjaralarda sterjenlar orasidagi masofa 60 mm dan oshmasligi kerak.

Ko'tarish – tashish mexanizmlari o'rnatiladigan yuk og'irligi va bino o'lchamlariga bog'liq holda aniqlanadi. Nasos stansiya binosi ichida nasoslarni va elektrodvigatellarni o'rnatish uchun ko'tarish – tashish jihozlari o'rnatiladi. Agar yuk og'irligi 1 tonnagacha bo'lsa balkaga o'rnatilgan tal qo'llaniladi.

Yuk og'irligi 1 – 5 tonna bo'lsa osma kran qo'llaniladi.

Agar yuk og'irligi 5 – 50 tonna bo'lsa ko'priklar qo'llaniladi.

Mexanizmning yuk ko'tarish quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$G_{kr} \geq (G_H, G_{dv}) + 0,1(G_H, G_{dv}) \quad (1.51)$$

Formulaga ko'ra nasos yoki elektrodvigatellardan qaysi og'ir bo'lsa, shuning og'irligi bo'yicha mexanizm yuk ko'tarish quvvati aniqlanadi.

### 1.8.2 Vakuum-sistemalar

Pastki byefdagi suv sathi nasosga nisbatan pastda joylashgan bo'lsa, ularni suv bilan to'ldirish vakuum sistema, ejektorlar, ko'tarilgan so'rish quvurlari yordamida amalga oshiriladi. Agar nasoslar soni ko'p bo'lsa va so'rish balandligi katta bo'lsa (4 – 6 m) vakuum sistemalar qo'llaniladi. Agar nasoslar so'rish balandligi kichik bo'lsa (2...2,5m) ularni suv bilan to'ldirish uchun suv havo ejektorlarini yoki ko'tarilgan so'rish quvurlarini qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Doimo bitta yoki bir necha nasos ishlaydigan nasos stansiyalarda avto so'rish usulini qo'llash mumkin. Bu usulga ko'ra ishlayotgan nasos so'rish quvuri ishlamayotgan nasos so'rish quvuri bilan ulanadi va unda kerakli vakuum hosil qiladi.

Agar stansiyada vakuum nasos o'rnatilsa, uning suv berish unumdorligini quyidagi formula bilan aniqlaymiz:

$$Q_B = H_a \cdot W \cdot K/T \cdot (H_a - h_c), \quad \text{m}^3/\text{min} \quad (1.52)$$

bu yerda

$H_a$  – atmosfera bosimiga mos keluvchi suv nabori, m,

$W$  – so‘rish quvuri, nasos korpusi va bosim quvurining qulfakkacha bo‘lgan hajmi  $\text{m}^3$ ,

$K = 1,05 \dots 1,1$  koeffitsient,

$T = 7 \dots 10$  – asosiy nasoslarni ishga tushirish vaqti,

$h_s$  – nasosning geometrik so‘rish balandligi, m.

Hisoblangan  $Q$  qiymati bo‘yicha vakuum nasos markasini aniqlanadi.

### 1.8.3. Texnik suv, moy va siqilgan havo bilan ta‘minlash tizimlari

Nasos stansiyalarda toza texnik suv texnologik jihozlarni sovitish va moylash uchun ishlatiladi.

Nasos agregatlarining soni, suv berish unumdorligi va quvvatiga qarab stansiyalarda markazlashgan, guruhlashgan va blokli texnik suv ta‘minoti tizimlari (sistemalari) qo‘llaniladi. Markazlashgan tizim o‘rta va yirik nasos stansiyalarida nasoslar soni 5 tagacha bo‘lgan hollarda hamda suv ichimlik suv tarmog‘idan berilganda qo‘llaniladi. Guruhlashgan tizim nasoslar soni 5 dan oshganda qo‘llaniladi.

Blokli tizimni har bir agregat uchun alohida holda nasoslar suv berish unumdorligi  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  dan oshganda qo‘llash mumkin.

Texnik suv ta‘minoti uchun K, KM va D markali markazdan qochma nasoslar qo‘llaniladi. Nasoslar soni 2...3 ni tashkil qiladi.

Nasos stansiyalarda moylash va ishchi organlarda bosim hosil qilish uchun maxsus moy bilan ta‘minlash tizimi o‘rnatiladi. Bu tizim moy to‘ldirish qurilmasi, moy taqsimlash sistemasi va moy nasoslardan iborat. Moy tishli uzatmali moy nasoslar bilan haydab beriladi.

Ba‘zi bir nasos stansiyalarda siqilgan havo bilan ta‘minlash tizimi o‘rnatiladi. Siqilgan havo roslash tizimlari uchun, pnevmatik asboblari uchun, jihozlarni changdan tozalash uchun, ishchi g‘ildiraklar kameralaridan suvni siqib

chiqarish uchun va boshqa maqsadlarga ishlatiladi. Siqilgan havo 0,7 MPa gacha bosim hosil qiluvchi kompressorlar yordamida beriladi.

Nasos stansiya binolarida quvurlarning o'lgangan joylaridan, qulfak, teskari klapan va boshqa texnologik jihozlardan suv sizib chiqishi mumkin. Bu suvlarni chiqarib tashlash uchun maxsus drenaj va quritish sistemasi quriladi. Yer ustida joylashgan nasos stansiya binolarida yig'ilgan suv drenaj ariqchalari orqali o'z oqimi bilan pastki b'eyfaga chiqarib tashlanadi. Yer ostida joylashgan nasos stansiyalarda drenaj quduqlarida yig'ilgan suv nasoslar yordamida chiqarib tashlanadi. Quduqlar binoning eng chuqur joyiga o'rnatiladi. Uning hajmi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$V = \sum q / T_k, \text{ l/s} \quad (1.53)$$

bu yerda

$\sum q = q_1 + q_2$  - sizib chiqqan suv miqdori, l/s,

$T_k$  - quduqning to'lish vaqti, 600...1200 s,

$q_1$  - salniklardan sizib chiqqan suv miqdori, l/s ,

$q_1$  - vertikal tipdagi "0" va "V" markali nasoslar uchun katalogda ko'rsatilgan podshipniklarga moylash uchun beriladigan suv miqdoriga teng, gorizontalar nasoslar uchun  $q_1 = 0,05 \dots 0,1$  l/s ga teng (har bir sal'nik uchun).

$Q_2$  – binoning poydevori va devorlaridan, quvurlar ulangan joydan sizib chiqqan suv miqdori, l/s

$$q_2 = 1,5 + K \cdot W \quad (1.54)$$

bu yerda

$W$  – pastki byef maksimal suv sarfidan pastda joylashgan stansiya binosi hajmi, m.

$K$  – qurilish – montaj ishlari sifatini belgilovchi koeffitsient.

$K = 0,0005$  – yaxshi,  $K = 0,001$  – o'rtacha,  $K = 0,002$  – yomon.

Drenaj sistemasi uchun kamida ikkita K yoki D markali nasoslar tanlandi.

### 1-mavzu bo'yicha nazorat savollari

1. Nasos stansiyalarining asosiy sinfiy guruhlarini aytib bering.



2. Nasos stansiyalarining qanday naporlari bor va ular qanday aniqlanadi?
3. Nasoslarning asosiy ko'rsatkichlariga nimalar kiradi?
4. O'qiy nasoslarning ishlash prinsipini aytib bering.
5. Ishchi g'ildirakning oqim harakatiga ta'siri darajasi nimalarga bog'liq?
6. Potensial energiyaning oshishida ishchi g'ildirakda qanday tezliklar o'zgaradi?
7. Ishchi g'ildirakdagi oqimning aylanma tezligi nimalarga bog'liq?
8. Nasoslarda kavitatsiya qanday yuzaga keladi?
9. Nasoslarning chegaralangan so'rish balandligi qanday aniqlanadi?
10. Nasoslarning xarakteristikalarini deb nimalarga aytiladi?
11. Nasos ishchi nuqtasi qanday topiladi?
12. Quvurlar tizimi napor xarakteristikasi qachon o'zgaradi?
13. Nasos valining aylanishlar sonini qanday o'zgartirish mumkin?
14. Nasoslarning parallel ishiga zarurat qachon tug'iladi?
15. Nasoslar ketma-ket ulanganda qanday talablarni bajarish zarur?
16. Porshenli nasoslar qanday nasoslar turkumiga kiradi?
17. Nasos stansiyasining suv berish unumdorligini qanday aniqlanadi?
18. Nasos stansiyasining yordamchi jihozlari tarkibiga nimalar kiradi?

## 2-MAVZU. GIDROELEKTROSTANSIYALARNING ASOSIY PARAMETRLARI VA BINOLARI

### REJA

#### 2.1. GESning asosiy parametrlari.

#### 2.2. Hidroelektr stansiyasi binolari.

#### 2.1. GESning asosiy parametrlari

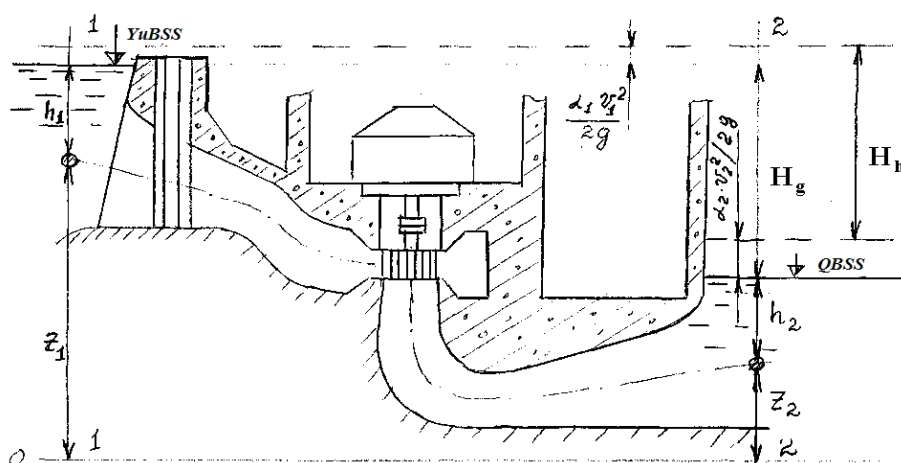
GESning asosiy parametrlari sifatida uning naporini, suv sarfini, quvvatini va energiyasini ko'rsatish mumkin.

Yuqori byefdagi (suv omborining to'g'on oldidagi qismi) suv sathi va quyi byefdagi (to'g'on ortidagi suv manbai yuzasi) suv sathi qiymatlarining farqi geometrik yoki statik napor deb ataladi.

$$H_g = \nabla Y_{UBSS} - \nabla Q_{BSS} \quad (2.1)$$

GESning to'la naporu yuqori byefdan quvurlarga suv kiradigan kesimdagi (1-1) va quyi byefdagi so'rish quvuridan chiqish kesimidagi (2-2) suv oqimining solishtirma energiyalari farqi bilan aniqlanadi.

$$H_T = E_{1-1} - E_{2-2} \quad (2.2)$$



2.1-rasm. GES naporini aniqlash sxemasi.

1 kg suyuqlik massasiga mos keluvchi solishtirma energiyani joul hisobida  $E$  deb belgilasak, unda 1 l suyuqlik og'irligiga to'g'ri keladigan energiya  $E = E/g$ , m ga teng bo'ladi, unda:

$$H_T = \frac{E_{1-1}}{g} - \frac{E_{2-2}}{g}; \quad (2.3)$$

Agar solishtirma energiyani Bernulli tenglamasi orqali ifodalasak, 1-1 va 2-2 kesimlari uchun quyidagi bog‘lanishga ega bo‘lamiz.

$$\begin{aligned} H_g = E_{1-1} - E_{2-2} &= Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} - Z_2 - \frac{P_2}{\rho g} - \frac{\alpha v_2^2}{2g} = \\ &= (Z_1 + h_1) - (Z_2 - h_2) - \frac{\alpha(v_1^2 - v_2^2)}{2g} \end{aligned} \quad (2.4)$$

bu yerda

$Z_1, Z_2$  – 1-1 va 2-2 kesimlari og‘irlik markazlarining ( $M_1$  va  $M_2$  nuqtalar) 0-0 taqqoslash tekisligiga nisbatan joylashish balandligi, m.

$\frac{P_1}{\rho g}, \frac{P_2}{\rho g}$  – yuqori va quyi byeflari suv sathlaridan og‘irlik markazlarigacha bo‘lgan chuqurlik (pyezometrik balandlik), m.

$P_1, P_2$  – 1-1 va 2-2 kesimlar og‘irlik markaziga mos keluvchi suv bosimlari.

$\rho$  – suv zichligi,  $\text{kg/m}^3$ .

$g$  – erkin tushish tezlanish,  $\text{m/sek}^2$ .

$\frac{\alpha v_1^2}{2g}, \frac{\alpha v_2^2}{2g}$  – 1-1 va 2-2 kesimlaridagi oqimning solishtirma kinetik energiyasi.

$v_1, v_2$  – 1-1 va 2-2 kesimlaridagi suvning o‘rtacha tezligi m/s.

$\alpha$  – Koriolis koeffitsiyenti.

Yuqoridagi keltirilgan bog‘lanishdagi  $Z_1+h_1$  va  $Z_2+h_2$  yig‘indilarni quyidagicha yozishimiz mumkin.

$Z_1+h_1 = \nabla YUBSS$  – yuqori byef suv sathi, m.

$Z_2+h_2 = \nabla QBSS$  – quyi byef suv sathi, m.

Unda (2.4) boglanishni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$H_h = \nabla YUBSS - \nabla QBSS - \frac{\alpha(v_1^2 - v_2^2)}{2g} = H_T - \frac{\alpha(v_1^2 - v_2^2)}{2g}; \quad (2.5)$$

Gidroturbina qurilmasining napori yoki hisobiy napor quyidagi bog‘lanish bilan aniqlanadi:

$$H_h = \nabla YUBSS - \nabla QBSS - \frac{\alpha(v_1^2 - v_2^2)}{2g} - \sum \Delta h \quad (2.6)$$

bu yerda

$\sum \Delta h$ - yuqori b'eyfdan turbinagacha bo'lgan suv yo'lida yo'qolgan napor qiymati, m.

$\sum \Delta h$  ning tarkibiga turbina quvuriga kirishdagi, oqiziq ushlar panjarasidagi, quvur uzunligi bo'yicha yo'qolgan naporlar kiradi.  $\sum \Delta h$  kattaligi  $H_g$  ning taxminan 2 - 5%ni tashkil qiladi.

**GES suv sarfi  $Q$ ,  $m^3/s$ .** Bu qiymat manbaning suv sarfiga, suv omboridagi suv hajmiga, energetika tizimining iste'moliga bog'liq bo'ladi. Agar GES foydalanilayotgan gidrotexnik inshootlarda qurilgan bo'lsa, unda GES suv sarfi inshootning suv berish grafigiga mos holda aniqlanadi. GESdagi maksimal suv sarfi uning barcha turbinalarining suv o'tkazish qobiliyati bilan aniqlanadi. Bu qiymat GES turiga qarab katta diapazonda o'zgaradi. Masalan: Samara GESida 22 ta turbina o'rnatilgan bo'lib ularning har biri  $675 m^3/s$  suvni o'tkazadi. GESning maksimal suv sarfi  $15000 m^3/s$ ni tashkil qiladi.

**GES quvvati.** Bu ko'rsatkich GESning energetik potensialini aniqlaydigan ko'rsatkichlaridan biridir. Ma'lumki, quvvat vaqt birligida bajarilgan ish miqdori bilan aniqlanadi. Demak, GESda bu vaqt birligi ichida ishlab chiqarilgan elektr energiya miqdori. Uning o'lchov birligi - vatt (Vt), kilovatt (kVt) megavatt (MVt), gigavatt (GVt) va teravatt (TVt) qilib qabul qilingan.

Agar hosil qilingan napor  $H$  m, inshootlar, turbina o'tkazishi mumkin bo'lgan suv sarfi  $Q$ ,  $m^3/s$  aniq bo'lsa, unda suv oqimining potensial quvvati quyidagicha aniqlanadi, kVt.

$$N_0 = N_n = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 9,81 \cdot Q \cdot H \quad (2.7)$$

Lekin bu quvvat qiymatining barchasi elektr energiyani ishlab chiqarishga sarf bo'lmaydi. Bu quvvatning bir qismi GESda gidravlik va mexanik qarshilikni yengishga sarf bo'ladi. Shuning uchun turbina vali quvvati:

$$N_T = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T \quad (2.8)$$

bu yerda

$\eta_T$  – turbina foydali ish koeffitsienti (FIK)

Ishchi g'ildirak diametri 1 m atrofida bo'lgan turbinalar uchun FIK maksimal qiymati 0,91 ga, yirik turbinalar uchun 0,93 – 0,96 ga teng.

Gidroagregat quvvati generatordagi energiya yo‘qolishni ham hisobga oladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{ga} = N_0 \cdot \eta_{ga} = 9,81 Q \cdot H \cdot \eta_T \cdot \eta_G \quad (2.9)$$

bu yerda,

$\eta_G$  – generator FIK.

$\eta_{ga}$  – gidroagregat FIK.

GESning nominal quvvati undagi generatorlarning nominal (pasportda ko‘rsatilgan) quvvatlari yig‘indisiga teng, kvv.

$$N_{GES} = N_{GEN} \cdot n, \quad (2.10)$$

bu yerda

$N_{GEN}$  – generator nominal quvvati, kvv.

$n$  – GESda o‘rnatilgan generatorlar soni.

GESda ishlab chiqariladigan energiya miqdori kilovatt – soat bilan o‘lchanadi.

$$E = N_{ga} \cdot t = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{ga} \cdot t \quad (2.11)$$

bu yerda

$t$  – hisobga olinadigan vaqt, soat.

Suv omboridan yoki gidrotexnik inshootdan GES orqali yil davomida berilgan suv hajmi  $W$ , m<sup>3</sup> deb qabul qilinsa, unda GESning yillik ishlab chiqarilgan energiyasi

$$E_{yil} = \frac{W \cdot H_{O'R} \cdot \eta_{GA}}{367,2}; \text{ kvv} \cdot \text{soat}. \quad (2.12)$$

bu yerda

$H_{O'R}$  – GESning yil bo‘yicha o‘rtacha napori, m.

## 2.2. Gidroelektr stansiyasi binolari

GESlarning eng murakkab inshootlaridan biri uning binosidir. GES binosi unda asosiy va yordamchi jihozlarni o‘rnatish uchun xizmat qiladi.

GES binolari uch xil turda bo‘lishi mumkin, ya‘ni *o‘zanda joylashgan, to‘g‘onli va derivatsiyali.*

Bino turi birinchi navbatda napor hosil qilish sxemasiga va uning qiymatiga hamda unda oʻrnatiladigan jihozlar turiga bogʻliqdir. Bino turlarining tavsiflari 2.1-jadvalda keltirilgan.

GES binosi ikki qismdan iborat: pastki qism va yuqori qism.

Pastki qismda gidromashina suv oqish trakti joylashgan boʻlib, bu qism asosan monolit betondan quriladigan konstruktiv elementlardan iborat.

Yuqori qismda mashinalar zali, montaj maydonchasi, boshqaruv pulti va koʻplab maxsus xonalar joylashadi. Bu qismda taʼmirlash ishlarni bajaradigan jihozlar, jumladan koʻtarish-tashish mexanizmlari ham joylashgan.

2.1-jadval

<b>№</b>	<b>GES binolari turlari</b>	<b>Turbina turi</b>	<b>Napor, m</b>	<b>Agregatlar oʻqi</b>
1	Oʻzanda joylashgan N=5–40 m (daryo yoki kanal oʻzanida joylashgan)	Kapsulali	5 – 25	<b>Gorizontal</b>
		Parrakli	5 – 40	
		Parrakli–buriluvchi	5 – 40	
		Radial–oʻqiy	30 – 40	
2	Toʻgʻonli, N = 30 – 250 m Daryo oʻzanida, suv omborida toʻgʻon ortida joylashadi.	Parrakli–buriluvchi	30 – 90	<b>Vertikal</b>
		Diagonal	50 – 170	
		Radial – oʻqiy	30 – 250	
3	Derivatsiyali, N=10–1800 m (kanalda yoki bosim quvuri trassasida)	Parrakli–buriluvchi	10 – 90	<b>Vertikal (kam hollarda gorizontal)</b>
		Diagonal	50 – 170	
		Radial - oʻqiy	30 – 700	<b>Vertikal, gorizontal</b>
		Choʻmichli	400–1800	

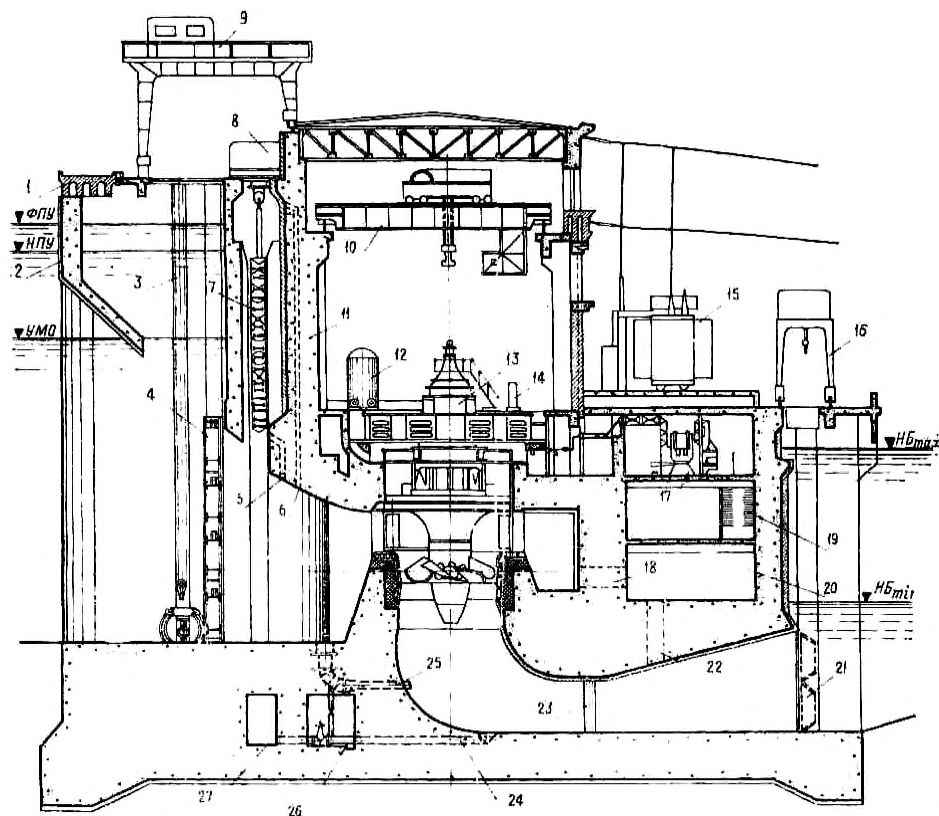
### 2.2.1. Oʻzanda joylashgan GES binosi

Bir turdagi GES binolari daryo yoki derivatsiya kanallari oʻzanida joylashgan boʻlib, yuqori bʼyefdan beriladigan suv bosimini oʻziga qabul qiladi. Bu binoda asosan past naporli gidroagregatlar oʻrnatiladi.

Oʻzan GESi binosi suv oqish trakti suv qabul qilish qismi, shaklli beton turbina kamerasi va egilgan soʻrish quvuridan iborat.

Bino oʻlchamlari asosan turbina kamerasi va soʻrish quvuri oʻlchamlariga mos holda aniqlanadi.

Agar bitta agregatga mos keladigan bino qismini bitta blok deb oladigan bo'lsak, unda shu blokning oqim bo'ylab uzunligi (turbina kamerasiga kirish qismidan so'rish quvurining chiqish qismigacha bo'lgan masofa)  $D_1$  (6,3 – 6,6) , eni  $D_1$  (2,6 – 3,2) ga teng bo'ladi. Poydevor plitasining quyi byef suv sathiga nisbatan joylashishi so'rish balandligi qiymatiga bog'liq. Parrakli-buriluvchi vertikal agregatlar uchun bu qiymat  $D_1$  (2,3 – 2,5) ni tashkil qiladi (2.2-rasm).



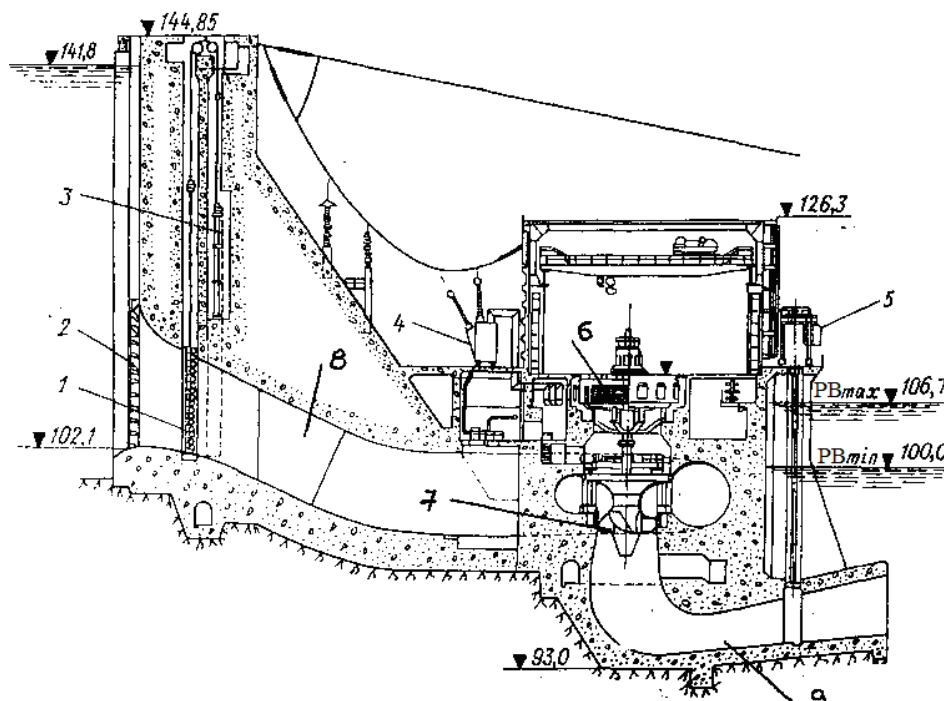
**2.2-rasm. O'zanda joylashgan GES binosi:**

1 – ko'prik; 2 - balka; 3 - panjara tozalaydigan greyfer; 4 - oqiziq ushlovchi panjara; 5 - turbina kamerasini suv bilan to'ldirish baypasi; 6 - havo berish teshigi; 7 - suv darvozasi; 8 - darvoza lebedkasi; 9 - yuk krani; 10 – ko'prik kran; 11 - bosim devori; 12 - bosimli moy qurilmasi; 13 - gidrogenerator; 14 - boshqaruv kolonkasi; 15 - transformator; 16 - yuk krani; 17- elektr ta'minlash qurilmalari; 18 - spiral kameraga kirish teshigi; 19 - kabel yo'lakchalari; 20 - nasoslar xonasi; 21 - suv darvozasi; 22 - so'rish quvuriga kirish teshigi; 23 - so'rish quvurining oraliq devori; 24 - so'rish quvuridan suvni olib tashlash quvuri; 25 - spiral kameradan suvni olib tashlash quvuri; 26 - qulfaklar galereyasi; 27- nasoslar galereyasi.

### 2.2.2. To'g'onli GES binolari

Bunday turdagi binolar to'g'on ortida joylashgan bo'lib, o'ziga suv bosimini qabul qilmaydi. To'g'onli GES binolarida asosan o'rta naporli gidroagregatlar o'rnatiladi (2.3-rasm).

Yuqori byefdan berilayotgan suv kalta bosim quvurlari orqali agregatga yetkazib beriladi. Bosim quvurlari to'g'onning ichida ham, ustida ham joylashishi mumkin.



2.3-rasm. To'g'onli GES binosi.

1 – suv darvozasi; 2 – oqiziq ushlash panjarasi; 3 – gidropodyomnik; 4 – transformator; 5 – kran; 6 – gidrogenerator; 7 – PB turbina; 8 – turbina quvuri; 9 – so'rish quvuri.

### 2.2.3. Derivatsiya GESi binosi

Derivatsiya GESi binosi odatda reaktiv, ba'zi hollarda aktiv yuqori naporli gidroagregatlar bilan jihozlanadi. Bunday turdagi binoning o'lchamlari boshqa turdagi binolar o'lchamlariga qaraganda anchagina kichik.

Buning asosiy sababi katta naporlarda turbina diametri, generator o'lchamlari kichik bo'ladi (2.4-rasm).

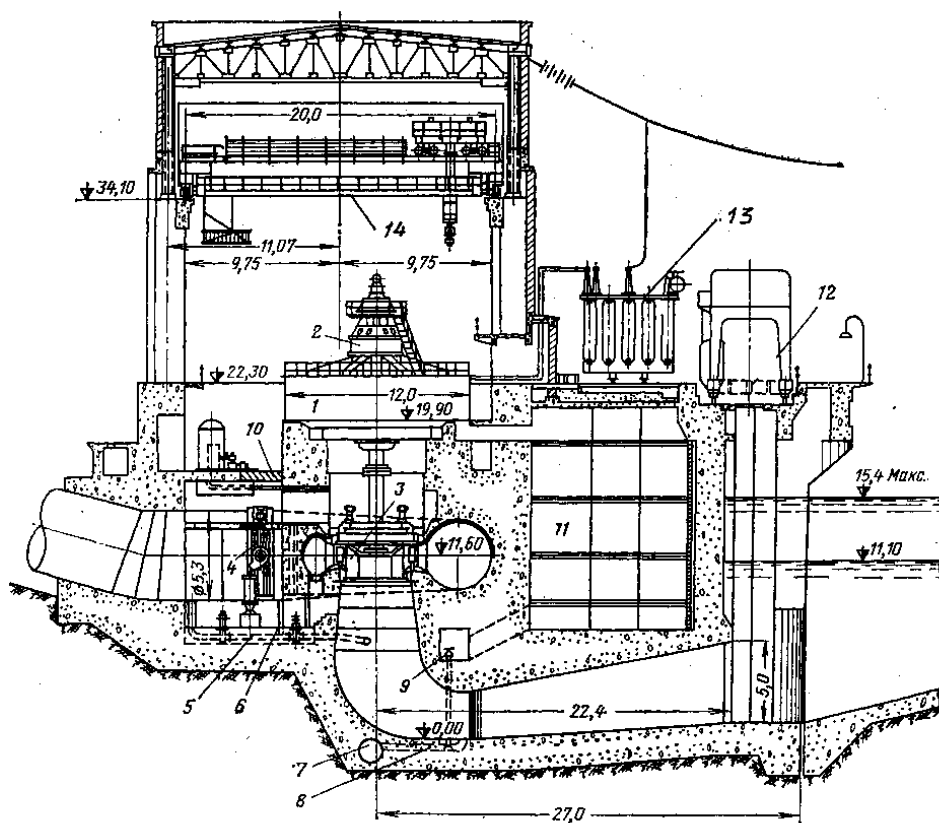


Derivatsiya GESida turbina quvurlari (bosim quvurlari) katta uzunlikka ega, bu esa o‘z navbatida turbina oldidagi quvurlarda qulfaklar o‘rnatilishini taqozo etadi. Qulfaklar maxsus xonalarda yoki mashinalar zali doirasida o‘rnatilishi mumkin.

Agar qulfak mashinalar zalida o‘rnatilsa, unda gidroagregat quyi byef tomonga siljiydi.

Ta‘mirlash ishlari boshlanishidan oldin qulfak yopiladi va kamera bilan so‘rish quvuridagi suv chiqarib tashlanadi.

Gidroagregat ta‘mirdan keyin ishga tushirilishidan oldin suv bilan to‘ldirilishi shart. Bu ishlar maxsus baypas quvurlari yordamida bajariladi.



**2.4-rasm. Derivatsiya GES i binosi:**

*1- gidrogenerator; 2 - podpyatnik; 3 - radial o‘qiy turbina; 4 - diskli qulfak; 5 - turbina quvuridan suvni olib tashlash quvuri; 6 - spiral kameradan suvni olib tashlash quvuri; 7 - suv chiqarib tashlash kollektori; 8 - so‘rish quvuridan suvni olib tashlash quvuri; 9 - suv olib tashlash quvuri qulfagi; 10 - lyuk; 11 - texnologik xonalar; 12 - yuk krani; 13 - transformator; 14 – ko‘prik kran.*

#### **2.2.4. GES binosi hisoblari va loyihalashning asosiy masalalari**

GES binosini loyihalashning asosiy bosqichi gidroagregat blokini joylashtirish va uning o'lchamlari (gabaritlarini) aniqlashdir. Gidroagregat blokini joylashtirishda turbinaga nisbatan generator holati, generator osti tayanch elementlari turlari, turbina shaxtasi o'lchamlari, blokning gorizontal va vertikal o'lchamlari hisobga olinadi.

Bizga ma'lumki, GES binosi ikki qismdan pastki va yuqori qismlardan iborat. GES gidroagregat bloki o'lchamlarni aniqlashni ham shu ikki qismga bo'lib amalga oshiramiz.

### A. Stansiya binosining pastki qismi

Binoning pastki qismida agregatning suv oqish trakti joylashgan. Suv oqish trakti turbina kamerasi va so'rish quvuridan tashkil topgan. Shu qismning vertikal o'lchamlari quyi byefning hisobiy sathi va so'rish balandliklariga qarab aniqlanadi.

$$\nabla I.G'. = \nabla QBSS + H_s \quad (2.13)$$

bu yerda

$\nabla I.G'.$  – ishchi g'ildirak sathi, m

$\nabla QBSS$  – quyi byef suv sathi, m

$H_s$  – so'rish balandligi, m

Undan keyin so'rish quvurining, turbina kamerasi, turbina shaxtasi, gidrogenerator o'lchamlarini bilgan holda bino pastki qismi balandligini aniqlash mumkin (2.5-rasm).

$$H_{i.g'} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5, m \quad (2.14)$$

bu yerda

$h_1$  – poydevor plitasi qalinligi, m;

$h_2$  – so'rish quvuri balandligi, m;

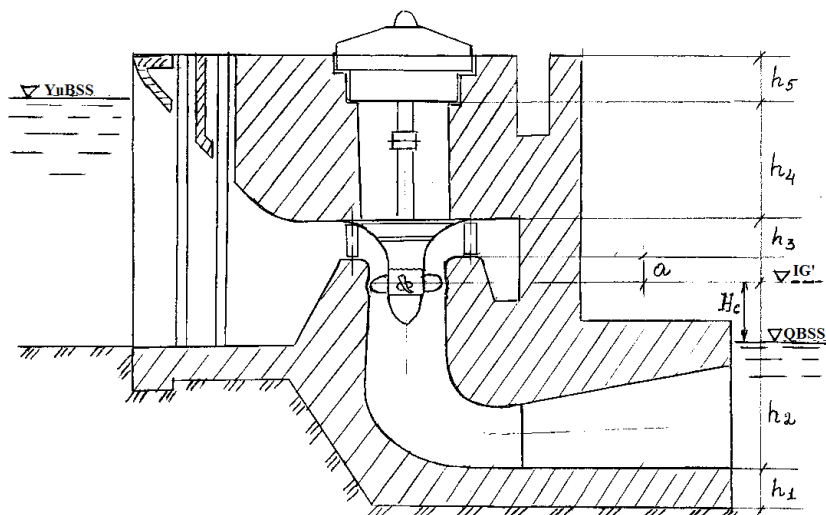
$h_3$  – yo'naltiruvchi apparat balandligi, m;

$h_4$  – turbina shaxtasi balandligi, m;

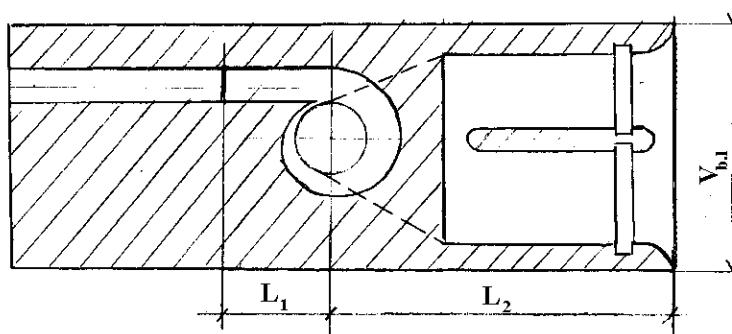
$h_5$  – gidrogenerator o'lchami, m;

Bino pastki qismi o'lchamlari birinchi navbatda spiral kamera va so'rish quvurining o'lchamlari bilan aniqlanadi. Bu o'lchamlar standart holatda zavodlar tomonidan beriladi.

Pastki qism gorizontal o'lchamlarini 2.6-rasm bo'yicha aniqlash mumkin.



2.5-rasm. Binoning pastki qismi vertikal o'lchamlari.



2.6-rasm. Binoning pastki qismi gorizontal o'lchamlari.

O'zanda joylashgan GES binolarida, ba'zan to'g'onli GESlarda tavr shakldagi kesimli beton spirallar qo'llaniladi.

$$V_{b.l.} = (2,9 \dots 3,1) D_1 \text{ m.} \quad (2.15)$$

Yuqori naporli GESlarda qamrab olish burchagi  $345^0 - 360^0$  bo'lgan metall spiral kameralar qo'llaniladi. Bunday kameralarda  $V_{b.l.} = (4 - 4,5) D_1$ , yuqori qiymatli naporlarda  $V_{b.l.} = (3 - 3,5) D_1$ .

$L_2$  – so'rish quvuri uzunligi  $N \leq 230$  m bo'lganda  $L_2 = (4 - 5) D_1$ ,  $N \geq 230$  m da  $L_2 = (5 - 6) D_1$ .

## B. GES binosi yuqori qismi

GES binosining yuqori qismi aksariyat yig‘ma temir-beton konstruksiyalardan quriladi. Bu konstruksiyalar pastki qismga bog‘langan kolonnalar, kran osti balkalari, tom fermalari va plitalardan iborat.

Binoning uzunligi  $L_b$  quyidagicha aniqlanadi:

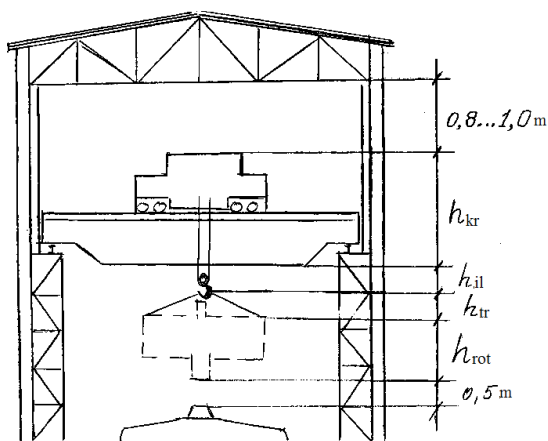
$$L_b = n \cdot V_{b.l} + L_{mm} \quad (2.16)$$

bu yerda,

$n$  – agregatlar soni;

$V_{b.l}$  – blok eni, m;

$L_{mm}$  – montaj maydonchasi uzunligi, m.



### 2.7-rasm. Bino yuqori qismi o‘lchamlari.

$h_{pot}$  – rotor o‘lchami;  $h_{tp}$  – rotor mahkamlanadigan tros o‘lchami,  $h_{tp} = 0,5 - 1,0$  m;  $h_{il}$  – ilgak balandligi,  $h_{il} = 1,0 - 1,5$  m;  $h_{kp}$  – kran balandligi.

Montaj maydonchasi o‘lchamlari bitta agregatni transport vositasidan tushirish yoki unga joylashtirish imkoniyati nuqtai-nazaridan aniqlanadi.

Montaj maydonchasi eni  $V_{m.m} = V_b$ , ya`ni mashinalar zali eniga teng bo‘ladi.

Montaj maydonchasi uzunligi agregatlar soni 4 – 5 ta bo‘lganda  $L_{m.m} = (1,0 - 1,2) V_{b.l}$ .

Agar agregatlar soni 10 dan ortiq bo‘lsa  $L_{m.m} = (1,5 - 2) V_{b.l}$  qabul qilinadi.

Ko‘p hollarda montaj maydonchasi uzunligi  $L_{m.m} = 1,5 V_b$  dan oshmaydi.

Mashinalar zalining eni  $V_b$  generatorning tashqi o‘lchamlariga bog‘liq holda aniqlanadi:

$$V_b = D_{\text{gen}} + 5 \text{ m.}$$

Mashinalar zali balandligi quyidagicha aniqlanadi.

$$H_{\text{m.3}} = h_{\text{pot}} + h_{\text{tp}} + h_{\text{il}} + h_{\text{kp}} + (0.8 - 0.1) + 0.5 \text{ m.}$$

Agar ishchi g'ildirak o'lchami rotor o'lchamidan katta bo'lsa, unda  $h_{\text{pot}}$  o'rniga ishchi g'ildirak balandligi qabul qilinadi.

## 2-mavzu bo'yicha nazorat savollari

1. GESning asosiy parametrlariga nimalar kiradi?
2. GES quvvati va ishlab chiqariladigan elektr energiya miqdori qanday aniqlanadi?
3. GES binosi turlarini aytib bering.
4. Qanday holda GES binosi o'zanda joylashadi?
5. To'g'onli GES binosida qanday turbinalar o'rnatiladi?
6. Nima uchun cho'michli turbina o'rnatilgan binolar katta naporlarga mo'ljallanadi?
7. GES mashinalar zali o'lchamlari qanday aniqlanadi?
8. Ishchi g'ildirakning o'rnatish sathi qanday aniqlanadi?
9. Montaj maydonchasi o'lchamlari qanday aniqlanadi?
10. Bino yuqori qismida mashinalar zali uzunligi qanday aniqlanadi?

### **3-MAVZU. GIDROTURBINALAR XARAKTERISTIKALARI, TUZILISHI, SINFYI GURUHLARI VA ASOSIY PARAMETRLARI**

#### **REJA**

**3.1. Hidravlik turbinalarning tuzilishi, sinfiy guruhleri va asosiy parametrlari**

**3.2. GESning energetik jihozlari, ularning tarkibi turlari va parametrlari**

**3.3. GESning yordamchi jihozlari va ularning turlari**

#### **3.1. Hidravlik turbinalarning tuzilishi, sinfiy guruhleri va asosiy parametrlari**

##### **3.1.1. Hidravlik turbinalarning sinfiy guruhleri**

Gidravlik turbinalarda suv oqimining energiyasidan foydalanish usuli ulardagi ishchi g'ildirakdan suvning oqib o'tish turi va ishchi organlar konstruksiyalari bo'yicha sinflarga bo'lish mumkin ( 3.1-jadval).

Aktiv turbinalar suvdan tashqarida joylashgan bo'lib faqat oqimning kinetik energiyasi hisobiga aylanadi. Eng yirik cho'michli turbinalardan biri Norvegiyada Si-Sima GESida o'rnatilgan. Ularning napori 250 – 1770 m ni tashkil qiladi. Uning quvvati 350 Mvt, napori 885 m, turbina suv sarfi 40,5 m<sup>3</sup>/s.

Cho'michli turbinalar napori qiymatlari katta bo'lgan turbinalardan hisoblanadi. Reaktiv turbinalarda suv oqimining ham potensial, ham kinetik energiyasidan foydalaniladi. Bunday turbinalar suv ichida joylashadi va ularning ishchi g'ildiraklaridagi energiya o'zgarishi ko'p jihatdan potensial energiya oshishi hisobiga amalga oshiriladi. Agar oqim parraklar tizimidan ishchi g'ildirak o'qiga parallel holda oqib o'tsa, bunday turbinalar o'qiy turbinalar deb ataladi.

Oqim meridional tezligining radial yo'nalishidan o'qiy yo'nalishga burilgan joyida parraklari o'rnatilgan turbinalar radial-o'qiy turbinlar deb ataladi.

Agar oqim meridional tezliklari g'ildirak o'qiga nisbatan burchak ostida yo'naltirilgan bo'lsa bunday turbinalar diagonal turbinalar deyiladi.

Reaktiv turbinalar parraklari o'z o'qi atrofida ma'lum burchakka burilishi mumkin, bunday turbinalar parraklari buriluvchi turbinalar deyiladi. Agar turbinalarning parraklari burilmasa unda ular propeller turbinalar deyiladi.

O'qiy turbinalar 80 – 90 metrgacha, diagonal turbinalar 135 metrgacha, radial o'qiy turbinalar 700 metrgacha bo'lgan napor qiymatlarida ishlatilishi mumkin. Bu turbinalar ishchi g'ildiraklari diametrlari 10 – 12 metrgacha bo'lishi mumkin.

3.1-jadval

Turbina turi	Turbina tizimi		Turbina markasi	Napor, m	Ishchi g'ildirak diametri, m
	Asosiy belgisi	Qo'shimcha belgisi			
Reaktiv	O'qiy	Gorizontal	PLGK 7, 15, 20, 25		
		Vertikal parrakli va parrakli-burilmali	PL 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80	3-95	1,8 – 12
	Diagonal	Vertikal parrakli va parrakli - burilma	PLD 50, 70, 90, 115, 140, 170	40-170	1,8 – 9
	Radial-o'qiy	Vertikal radikal - o'qiy	RO 45, 75, 115, 140, 170, 230, 310, 400, 500, 600	30-800	1,25 – 10
Aktiv	Cho'michli	Vertikal	K 400, 600, 1000, 1500	250-2000	1,12 – 5,5

### 3.1.2. Hidroturbinalar tuzilishi

Gidroturbinalarning geometrik tuzilishi ko'p jihatdan GESning gidroagregatlar qismining tuzilishiga bog'liq. Gidroagregatlar vertikal, gorizontal va burchak ostida joylashishi mumkin. Vertikal gidroagregatlar hozirgi vaqtda respublikamizdagi GESlarning barchasida o'rnatilgan.

Ish prinsipi nuqtai-nazaridan gidroturbinalarni ikki turga bo'lish mumkin

a) aktiv turbinalar, bu turdagi turbinalarda oqimning faqat kinetik energiyasidan foydalaniladi (3.2-rasm).

Yuqori b'eyfdan 1 quvur 2 orqali berilayotgan suv oqimi soplo 3 orqali chiqib ishchi g'ildirakning cho'michlariga 7 kelib tushadi va g'ildirakni aylantiradi.

Kelib tushayotgan suv oqimining miqdorini rostdlash yoki kerak bo'lganda suv yo'lini to'liq to'sish uchun soplning ichidagi rostlovchi ignadan foydalaniladi. Zarurat tug'ilganda suv oqimining yo'nalishini tez o'zgartirish uchun buruvchi moslamadan foydalaniladi. Aktiv turbinalarda ishchi g'ildirak gorizontaal yoki vertikal holda joylashishi mumkin.

b) reaktiv turbinalarning mexanik harakati oqimning kinetik va potensial energiyalari hisobiga yuzaga keladi .

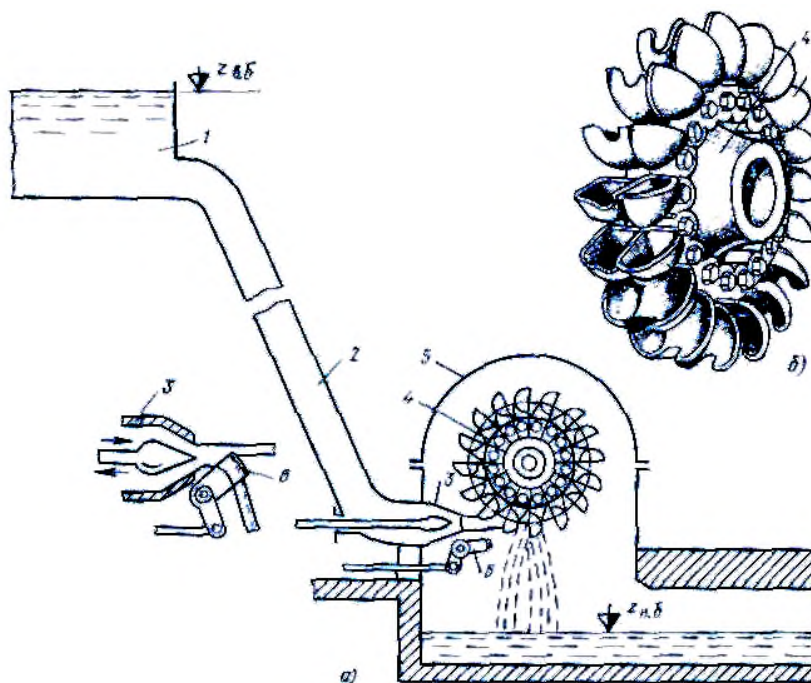
Reaktiv turbinalar konstruksiyasi jihatdan uch turga bo'linadi: o'qiy, radial-o'qiy va diagonal turbinalar.

O'qiy turbinalar ikki xil bo'ladi:

- a) vertikal parrakli va parrakli-burilma.
- b) gorizontaal kapsulali.

Radial-o'qiy turbinalar ham ikki xil ko'rinishga ega:

- a) vertikal o'qiy;
- b) gorizontaal o'qiy.



**3.2-rasm. a) Aktiv cho'michli turbina qurilmasining sxemasi; b) ishchi g'ildirak:**

*1 – yuqori byef; 2 – turbina quvuri; 3 – soplo; 4 – ishchi g'ildirak; 5 – kojux; 6 – buruvchi moslama; 7 – cho'michlar.*



Reaktiv turbinaning asosiy qismlari sifatida suv beriladigan qism - turbina kamerasi, yo'naltiruvchi apparat, ishchi g'ildirak va so'rish quvurini ko'rsatish mumkin.

Turbina ishchi g'ildiragi rotor bilan val yordamida birlashtiriladi. Val ikki qismdan: generator vali va turbina validan iborat. Bu qismlar bir-biri bilan flanes yordamida qattiq mahkamlanadi.

Gidroturbinalarning radial-o'qiy, propeller va parrakli-buriluvchi kabi turlarini ko'rib chiqamiz.

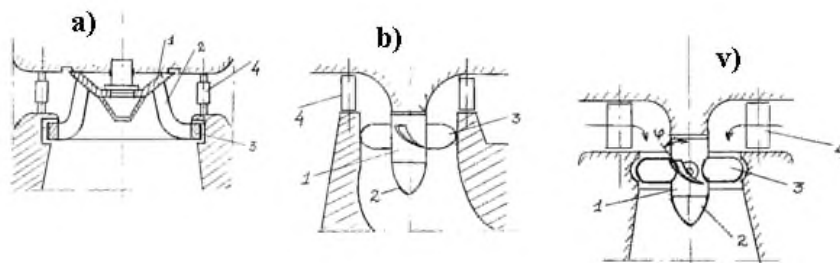
Radial-o'qiy turbinalarda suv oqimi ishchi g'ildirakka kirishda radial yo'nalishda harakatlanadi. Bunday turbinaning ishchi g'ildiragi stupitsa 1 va obod 3 aylanasi bo'ylab bir xil masofada joylashgan parraklardan 2 iborat (rasm 3.3a). Ushbu uchala element bitta umumiy yaxlit konstruksiyani tashkil qiladi. Parraklar soni 9 tadan 21 tagacha bo'lishi mumkin. Turbina nabori parraklar soniga qarab oshib boradi. Ishchi g'ildirak oldida yo'naltiruvchi apparat 4 o'rnatilgan. Uning asosiy vazifasi turbina suv sarfini o'zgartirish va parraklarga suv oqimini to'g'ri yo'naltirib berishdan iboratdir.

Propeller turbinalar ishchi g'ildirak 1 va undagi vtulka 2, hamda  $\varphi$  burchak ostida o'rnatilgan parraklardan 3 iborat (3.3-rasm, b). Suv oqimi parraklarga o'q bo'ylab yo'naltirilganligi uchun bunday turbinalar o'qiy turbinalar deyiladi. Bu turbinalarda ham yuqorida keltirilgan vazifalarni bajarish uchun yo'naltiruvchi apparat 4 o'rnatilgan. Parraklar soni 3 tadan 8 tagacha.

Parraklari buriluvchi turbinalar propeller turbinalardan parraklarining 3 o'z o'qi atrofida burilishi bilan farq qiladi (3.3-rasm, v). Turbina quvvatini yo'naltiruvchi apparat 4 ochilish darajasi va parrak burilish burchagi  $\varphi$  ga bog'liq ravishda o'zgartirish mumkin.

Vertikal gidroturbinalarda ularning vali qat'iy vertikal holatda bo'lishi kerak. Buning uchun u ikki turdagi podshipniklar bilan ushlab turiladi. Birinchi turdagi podshipniklar yo'naltiruvchi podshipniklar bo'lib, aylanayotgan valning radial yo'nalishida qimirlashining oldini oladi.

Ikkinchi turdagi podshipniklar podpyatnik deb ataladi va u oqimning gidrodinamik hamda turbinaning aylanayotgan qismining o'qiy yo'nalishidagi bosimini qabul qiladi.



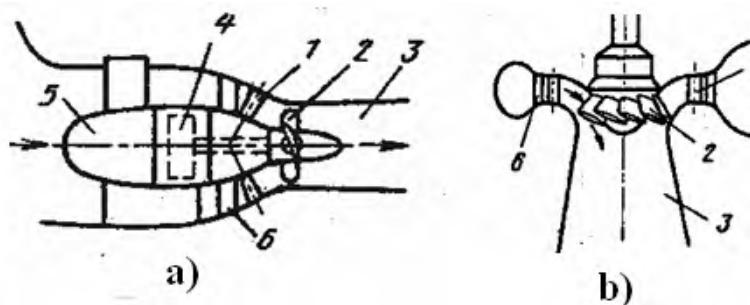
**3.3-rasm. Reaktiv turbinalar.**

a) radial-o'qiy;                      b) propeller;                      v) parrakli-buriluvchi.

Gidrogenerator turiga qarab podpyatnikning joylashgan o'рни belgilanadi. O'sma generatorlarda podpyatnik va yuqori yo'naltiruvchi podshipnik yuqori krestovinaga tayanadi.

Soyabonli (zontik) generatorlarda podpyatnik rotor tagida joylashadi va pastki krestovinaga tayanadi.

Gorizontall kapsulali turbinalar ham o'qiy turbinalar qatoriga kiradi. Bu turbinalarda gidrogenerator 4 maxsus kapsula (kojux) 5 ichiga, kapsula esa suv oqimining o'rtasiga joylashadi (3.4-rasm, a). Diagonal turbinalar o'qiy turbinalarning yuqori napor qiymatlarida ishlashini ta'minlashga mo'ljallangan (3.4 rasm, b).



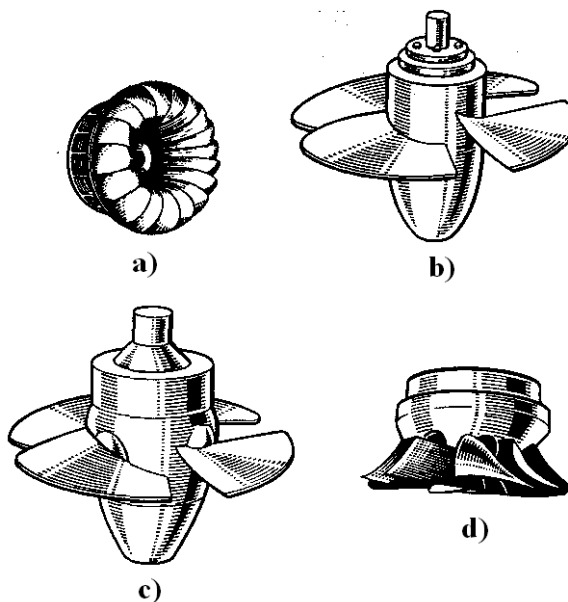
**3.4-rasm. Gorizontall kapsulali (a) va diagonal (b) turbina:**

1 – yo'naltiruvchi apparat; 2 – ishchi g'ildirak; 3 – so'rish quvuri; 4 – generator;  
5 – kapsula (kojux); 6 – turbina statori.

Bu turbinalarning ishchi g'ildiragi vtulkalarida parraklar 2 ma'lum burchak ostida joylashadi. Parraklar soni 14 tagacha yetishi mumkin. Suv oqimining parraklarga burchak ostida kelishi va chiqishda suv oqish kesimining keskin kengayib ketmasligi bu turbinalar FIK ning boshqa o'qiy turbinalardan 1,5 – 2 % yuqori bo'lishiga olib keladi. Shu bilan birga diagonal turbinalarning tuzilishi

murakkab bo'lganligi va kavitatsiya ko'rsatkichlarining nisbatan pastligi tufayli bu turbinalar ko'p tarqalmagan.

Gidravlik turbinalarning eng asosiy elementi ishchi g'ildirakdir. Ishchi g'ildiraklar har xil turlari 3.5-rasmda keltirilgan.



### 3.5-rasm. Reaktiv turbinalarning ishchi g'ildiraklari:

a) radial – o'qiy; b) propeller; c) parrakli – buriluvchi; d) diagonal.

### 3.1.3. Hidravlik turbinalarning asosiy parametrlari

Gidravlik turbinalarning asosiy parametri sifatida uning naporini  $N$ , m suv sarfini  $Q$ ,  $m^3/s$ , quvvatini  $N$ , kVt, ishchi g'ildirak aylanish chastotasi  $n$ , ob/min; ishchi g'ildirak nominal diametri  $D_1$ , m; foydali ish koeffitsienti  $\eta_T$  % va so'rish balandligini  $N_s$ , m ni keltirish mumkin.

Gidroturbina napori quyidagi turlarda bo'lishi mumkin:

- a) maksimal napor  $H_{max}$ ;
- b) hisobiy napor  $H_h$ ;
- v) minimal napor  $H_{min}$ ;
- g) o'rta vazn napor  $H_{o't.v.}$ ;
- d) ishga tushirish napori  $H_{i.t.}$

Hisobiy napor qiymati turbina va generatorning me'yoriy quvvati ta'minlanadigan minimal napordir. Bu qiymat bo'yicha turbina diametri tanlanadi.

Minimal naporda turbinaning uzoq vaqt ishlashi kafolatlanadi.

O'rta vazn nabori turbinaning har xil, tez o'zgaruvchan naporlarda ishlashi to'g'ri kelganda hisobga olinadi.

$$H_{O'R.Vaz} = \frac{\sum N_i \cdot H_i \cdot \Delta t_i}{\sum N_i \cdot \Delta t_i}; \quad \text{m} \quad (3.1)$$

Ishga tushirish nabori birinchi agregatning foydalanishga topshirilishida hisobga olinadi.

Gidroturbina suv sarfi ishchi g'ildirakka yo'naltiruvchi apparat yoki soplodan vaqt birligi ichida berilayotgan suv miqdori bilan aniqlanadi.

Gidroturbinalar geometrik o'lchamlari va massasini belgilovchi asosiy parametrlardan biri g'ildirakning nominal diametri hisoblanadi. O'qiy turbinalar uchun bu diametr ishchi g'ildirak kamerasing eng katta diametridir. Radial o'qiy turbinalar uchun  $D_1$  ishchi g'ildirak kirish qismining diametri hisoblanadi. Diagonal turbinalarda  $D_1$  parraklar o'qi bilan ishchi g'ildirak kamerasi diametri kesishga joy diametridir. Cho'michli turbinalar uchun  $D_1$  g'ildirak aylanmasining oqim o'qi bo'yicha diametridir.

Ishchi g'ildirak me'yoriy diametrini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$D_1 = \sqrt{\frac{Q}{Q_h^1 \cdot \sqrt{H_h}}}; \quad \text{m} \quad (3.2)$$

bu yerda

$Q_{h1}^1$  – keltirilgan hisobiy suv sarfi,  $\text{m}^3/\text{s}$

$H_h$  – hisobiy napor, m.

$Q$  – turbinaning maksimal suv sarfi,  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Turbina quvvati quyidagi bog'lanish orqali aniqlanadi.

$$N_t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_h \cdot \eta_T, \quad \text{kVt} \quad (3.3)$$

bu yerda

$\rho$  – suv zichligi,

$g$  – erkin tushish tezligi

$Q$  – turbinadan o'tayotgan suv sarfi,  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$H_h$  – turbina hisobiy nabori, m

$\eta_T$  – turbina FIK, bu qiymat tajribalar yo‘li bilan aniqlanadi.

$$\eta_T = \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_x \quad (3.4)$$

$\eta_g$  – turbinaga kirish qismidan boshlab so‘rish quvuridan chiqishgacha bo‘lgan masofadagi gidravlik napor yo‘qolish qiymatini hisobga oluvchi FIK;

$\eta_m$  – mexanik qarshiliklarni hisobga oluvchi FIK;

$\eta_x$  – suv hajmining yo‘q olishini hisobga oluvchi FIK.

Hozirgi zamon turbinalarda FIK qiymatlari 94% (o‘qiy turbinalar uchun) va 95,8% (radial-o‘qiy turbinalar uchun) gacha yetib boradi.

Gidravlik turbinaning aylanish chastotasi uning ishchi g‘ildiragi diametri va naporiga bog‘liq.

$$n = \frac{n'_h \cdot \sqrt{H_h}}{D_1}; \quad \text{ayl/min} \quad (3.5)$$

bu yerda

$n$  – turbina aylanish chastotasi, ayl/min

$n'_h$  – aylanish chastotasining hisobiy keltirilgan qiymati, ayl/min.

So‘rish balandligi  $H_s$  gidravlik turbinalarning quyi b‘yef sathiga nisbatan joylashish balandligini bildiradi.

### 3.2.4. Hidroturbinalar xarakteristikalari

Gidroelektrostansiyalarni loyihalashda, ularni ishlatish samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi tadbirlarni qo‘llashda turbinalar haqida to‘liq ma‘lumotga ega bo‘lish lozim. Bu ma‘lumotlar grafik holdagi deyarli barcha rejimlarga mos bo‘lgan barcha kerakli parametrlarni aks ettirgan xarakteristikalarda beriladi.

Gidroturbinaning asosiy parametrlari  $Q$ ,  $N$  va  $\eta$  asosan uning geometrik, kinematik, gidravlik faktorlari bilan belgilanadi. Masalan, turbina suv sarfi bilan uni belgilovchi bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan parametrlar orasidagi funksional bog‘lanishni shunday ifodalash mumkin:

$$Q = f(D_1 a_0, H, N) \quad (3.6)$$

Xuddi shuningdek  $N$  va  $\eta$  uchun mos bog‘lanishni keltirish mumkin:

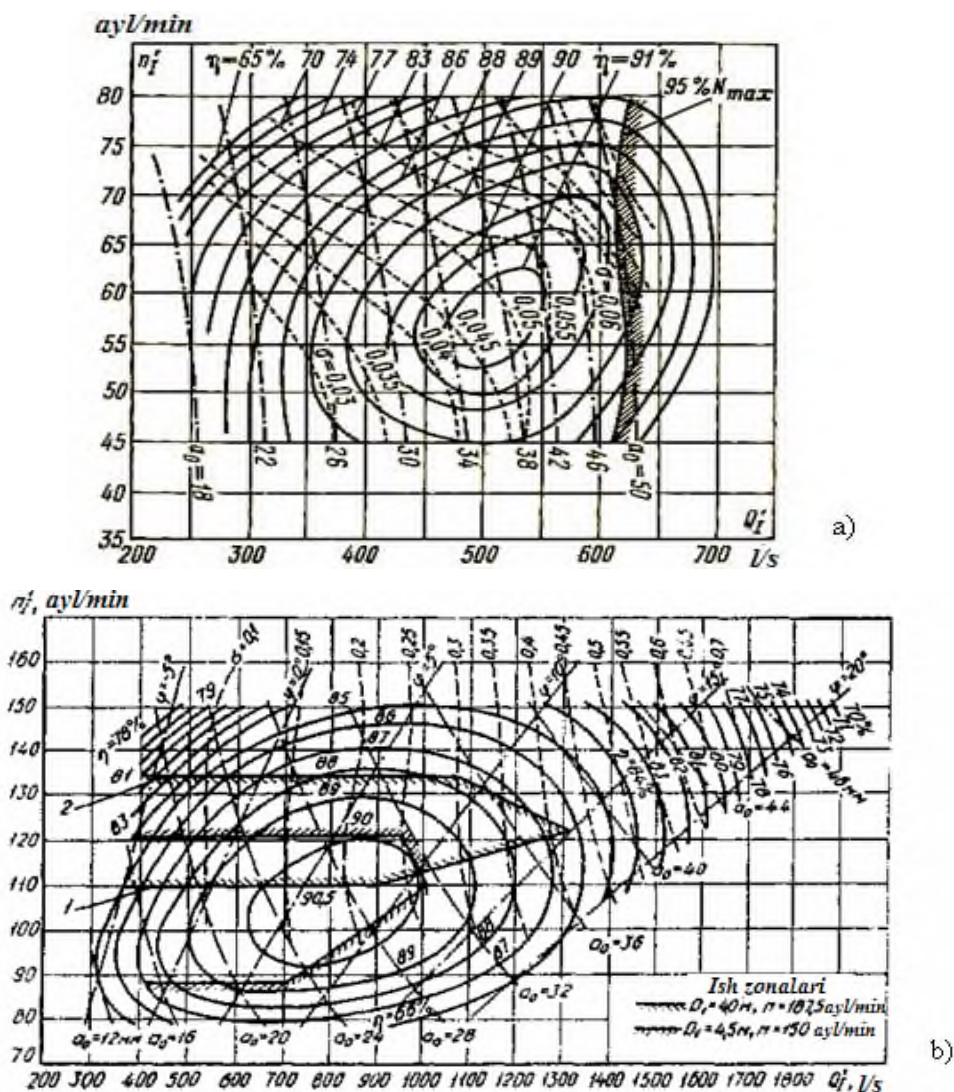
$$N=f(D_1, a_0, H, n) \quad (3.7)$$

$$\eta=f(D_1, a_0, H, n) \quad (3.8)$$

Buriluvchi parrakli turbinalar uchun asosiy ko'rsatkichlarni belgilovchi to'rtta parametr yoniga yana bitta, ya'ni parraklarning buralishi (o'rnatilishi) burchagi  $\varphi$  ham qo'shiladi.

$$Q, N, \eta = f(D_1, a_0, H, n, \varphi) \quad (3.9)$$

(3.6), (3.7) va (3.8) bog'lanishlarning grafik holda tasvirlanishi turbina xarakteristikalari deyiladi.



1 -  $D_1 = 4,5$  m;  $n = 150$  ayl/min;  $N = -1,2$  m; 2 -  $D_1 = 4$  m;  $n = 150$  ayl/min;  $N = -6,7$  m.

### 3.6-rasm. Turbinalar bosh universal xarakteristikalari:

a) radial - o'qiy turbina; b) parrakli - burilma turbina.

Lekin bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan to‘rtta yoki beshta o‘zgaruvchi qiymatning funksional grafigini qurish mumkin emas.

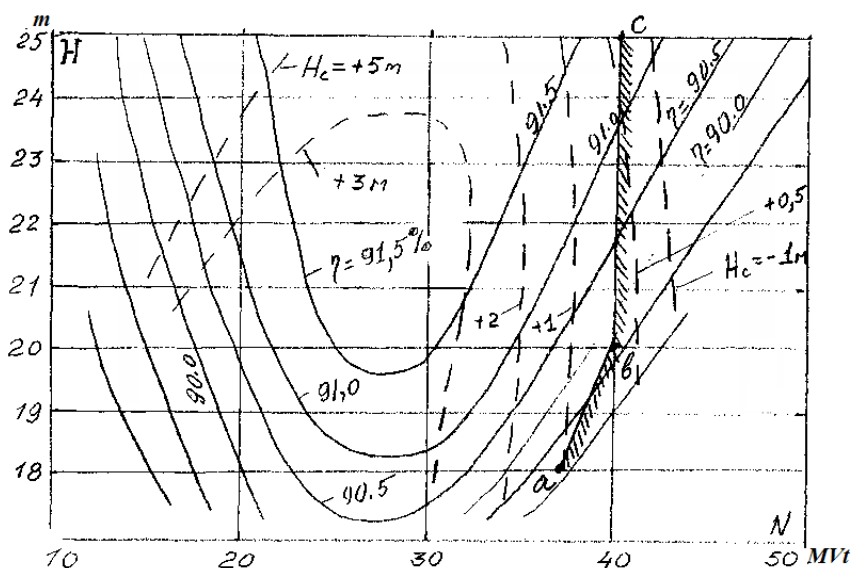
Shu sababli xarakteristikalarini qurishda o‘zgaruvchan parametrlarning bir qismi o‘zgarmas qilib qabul qilinadi.

Gidroturbina xarakteristikalari uch xil ko‘rinishda bo‘lishi mumkin: bosh universal xarakteristika, ekspluatatsiya xarakteristikasi va ishchi xarakteristika.

Bosh universal xarakteristika gidroturbinalar uchun eng ko‘p qo‘llaniladigan xarakteristika hisoblanadi. Bu xarakteristika  $D_1=1,0$  m va  $H = 1,0$  m qiymatlari uchun keltirilgan aylanishlar soni va suv sarfi  $n^1_1$  va  $Q^1_1$  koordinatalarida model turbina tadqiqotlari natijalari asosida quriladi (3.6-rasm).

Ochilish darajasining  $a_0$  teng qiymatlari chizig‘i aks ettiriladi. Bosh universal xarakteristikada radial o‘qiy turbinalar uchun quvvatning 5 % lik zaxira chizig‘i, parrakli buriluvchi turbinalar uchun parraklarning burilish burchagi  $\varphi$  beriladi.

Gidroturbinaning ekspluatatsiya xarakteristikasi ishchi g‘ildirak diametri  $D_1$  va aylanishlar sonining  $n$  doimiy qiymatlari asosida ko‘rilgan  $\eta = f(H, N)$  grafiklaridan iborat (3.7-rasm).

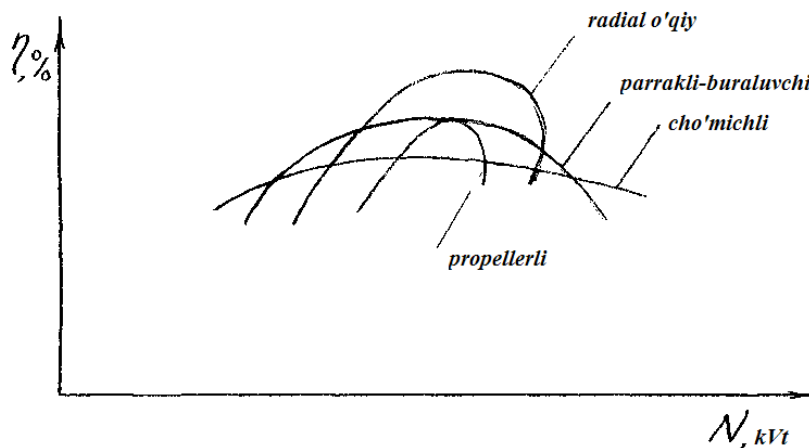


**3.7-rasm. Turbinaning ekspluatatsiya xarakteristikasi.**

Ekspluatatsiya xarakteristikasi H va N koordinatalarida FIKning va so‘rish balandligining  $H_s$  teng qiymatlari chizig‘i aks ettiriladi. Ekspluatatsiya xarakteristikasi gidroturbinaning asosiy texnik hujjati bo‘lib, uning energetik va kavitasion sifatlarini har xil napor va quvvat qiymatlarida belgilab beradi. Bu

xarakteristika bosh universal xarakteristika asosida quriladi va unda generator quvvati bo'yicha chegara chizigi  $bs$ , hamda turbina quvvati bo'yicha  $ab$  chizig'i ko'rsatiladi.

Turbinaning ishchi xarakteristikalari sifatida o'zgarmas napor qiymatidagi bog'lanishlar  $\eta = f(N)$ ,  $\eta = f(Q)$  tushuniladi (3.8-rasm)



**3.8-rasm. Turbinaning ishchi xarakteristikasi.**

Ishchi xarakteristikani qurish uchun bosh universal xarakteristikani  $n^1_1 = \text{const}$  bo'yicha qirqib zarur egri chiziqlarni qurish mumkin.

Ishchi xarakteristikalari to'liq ma'lumotga ega emas, lekin ular oddiy ko'rinishda bo'lib, turbinalarning ba'zi bir xossalari taqqoslash uchun xizmat qiladi.

### 3.3.1. Gidroturbinalarda suv oqim harakati

Gidroturbinalar suv oqish qismida oqim energiyasining ishchi g'ildirak mexanik energiyasiga aylanishi uning parraklar tizimi bilan oqim o'rtasidagi o'zaro ta'sir natijasida yuzaga keladi.

Ishchi g'ildirak parraklar bo'shlig'idagi oqim harakati o'ziga xos murakkablikka ega va asosan ikki harakatdan iborat: nisbiy va ko'chma harakat.

Nisbiy harakat – oqim zarrachalarining ishchi g'ildiragiga nisbatan harakati, ko'chma (ba'zan uni aylanma harakat deb ataladi.) harakat – ishchi g'ildirak va uning parraklarining  $s$  burchak tezlik bilan  $z$  o'q atrofida aylanish harakatiga aytiladi. Ikkala harakat yig'indisi mutlaq harakat deb ataladi.

$$\vec{V} = \vec{U} + \vec{\omega} \quad (3.10)$$



bu yerda,

$\vec{U}$  – ko‘chma (aylanma) harakat vektori.

$\vec{\omega}$  - nisbiy harakat vektori.

Bunday holda uchta harakat orasidagi o‘zaro munosabat tezliklar uchburchagi yoki paralellogrami bilan belgilanadi.

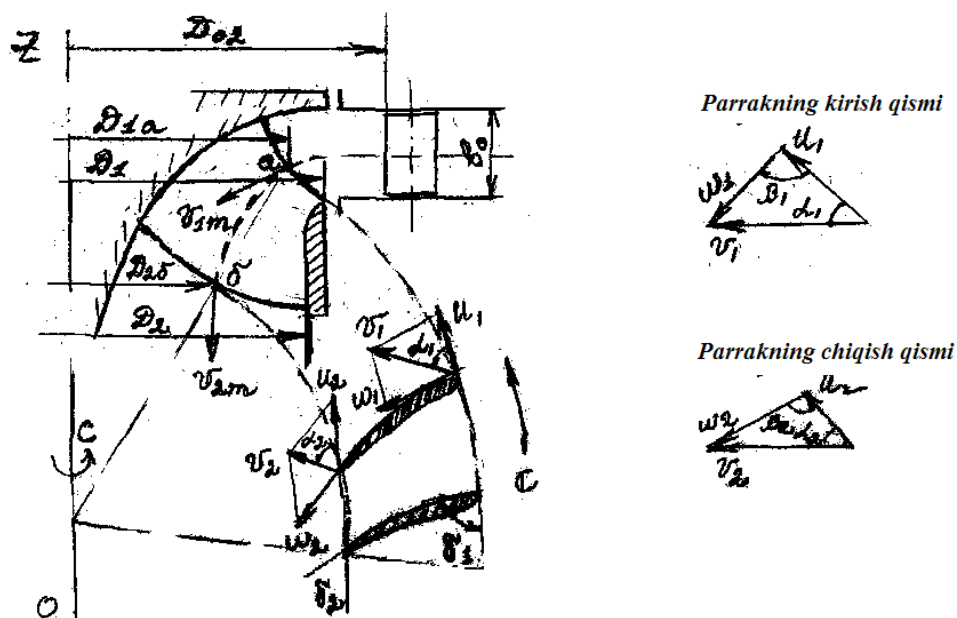
Turbinaning ish rejimi (demak uning ishchi g‘ildiragidagi oqim harakati) uning suv sarfi  $Q$  va val aylanishlar soni  $n$  bilan belgilanadi. Ishchi g‘ildirakning aniq o‘lchamlari va berilgan  $n$  asosida tezliklar paralellogrammlari va uchburchaklarini aniqlash mumkin.

Ko‘chma (aylanma) harakat tezligi parrakning kirish qismida quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_{1a} \cdot n}{60}; \quad (3.11)$$

bu yerda,

$n$  - g‘ildirak aylanishlar soni, ayl/min.



**3.9-rasm. Radial-o‘qiy turbinaning ishchi g‘ildiragida tezliklar uchburchagi va paralellogrammlarini qurish.**

Parrakning kirish qismida mutloq harakat tezligi quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi.

$$v_1 = v + v_{1M} \quad (3.12)$$

bu yerda,

$v_{1m}$  – mutlaq tezlik vektorining meridian tekislikka bo‘lgan proeksiyasi – meridian tuzuvchi tezlik deyiladi.

$v_{1u}$  – aylanma tuzuvchi tezlik.

$v_{1m}$  – qiymatini taxminan quyidagicha aniqlash mumkin.

$$v_{1m} = \frac{Q}{\pi \cdot D_{1A} b_A}; \quad (3.13)$$

bu yerda

$b_A$  – parraklarga kirish qismi balandligi.

$v_{1m}$  qiymati yo‘naltiruvchi apparatdan oqimning chiqish sharoitiga bog‘liq va quyidagicha aniqlanadi.

$$v_{1m} = v_{0H} \cdot \frac{D_{02}}{D_{1\alpha}}; \quad (3.14)$$

bu yerda

$v_{0H}$  - yo‘naltiruvchi apparatdan chiqishdagi aylanma tezlik.

$$v_{0H} = v_0 \cdot \cos \alpha_0 \quad (3.15)$$

bunda,

$$v_0 = \frac{Q}{\pi \cdot D_{02} \cdot b_0 \cdot \sin \alpha_0}; \quad (3.16)$$

bu yerda

$b_0$  – yo‘naltiruvchi apparat balandligi

$\alpha_0$  - yo‘naltiruvchi apparatning chiqish burchagi

(3.11) va (3.12)lar bo‘yicha tezliklar parallelogrammi yoki uchburchagini qurib  $\omega_1$  qiymatini aniqlash mumkin.

Ishchi g‘ildirak parraklaridan chiqish qismida tezliklar qiymatlari quyidagicha aniqlanadi:

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_2 b \cdot n}{60};$$
$$\omega_2 = \frac{v_{2m}}{\sin \beta_2}; \quad (3.17)$$

Gidroturbinalarda  $\beta_2 = \delta_2$  deb qabul qilish mumkin, chunki nisbiy tezlik yo‘nalishi parraklarga berilgan o‘rinma yo‘nalishiga mos keladi.

O'qiy turbinalarda oqim silindrik shaklga o'xshash bo'ladi, bu holda,  $D_{1a} = D_{2v} = D_h$  - hisbiy diametr.

$$D_x = \sqrt{0,5(D_1^2 + d_{BT}^2)}; \quad (3.18)$$

O'qiy turbinalarda aylanma tezlik parrakning hamma joyida bir xil, ya'ni

$$U_1 = U_2 = U = \pi \cdot D_h \cdot n / 60 \quad (3.19)$$

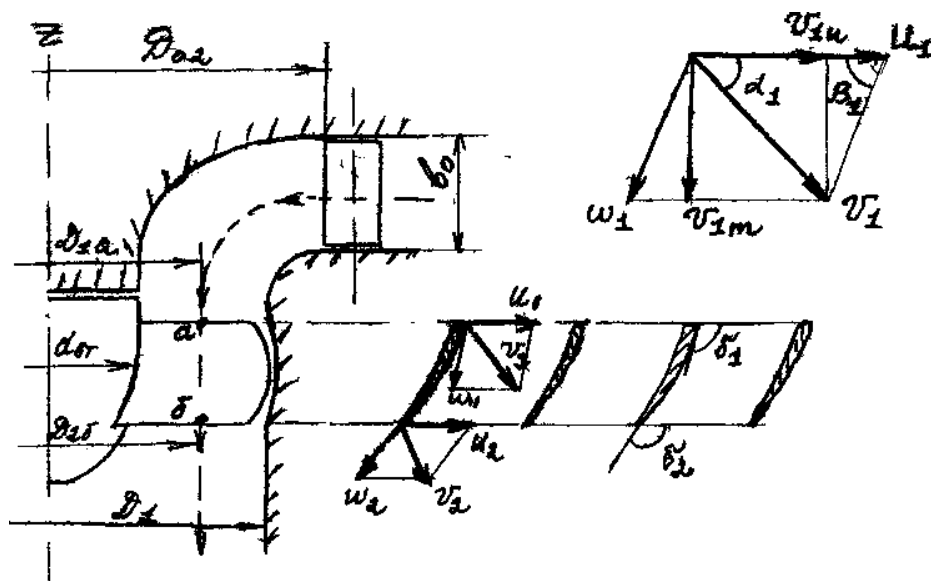
(3.13)dan ko'rinib turibdiki, o'qiy turbinalarda,

$$v_{1m} = v_{2m} = v_m = \frac{4Q}{\pi(D_1^2 - d_{BT}^2)}; \quad (3.20)$$

bu yerda,

$D_1$  - ishchi g'ildirak diametri

$d_{vt}$  - vtulka diametri.



**3.9-rasm. O'qiy turbina ishchi g'ildiragida tezliklar uchburchagi va parallelogrammi.**

Parraklarga kirishdagi mutlaq tezlik quyidagi vektor yig'indisi bilan aniqlanadi:

$$v_1 = v_{1m} + v_{1n}$$

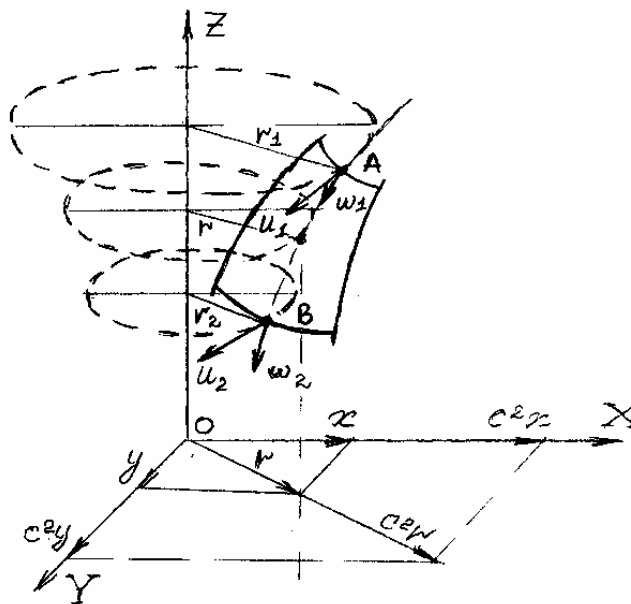
$v_{1n}$  qiymatlari (3.14) formulasi bilan aniqlanadi. Parraklardan chiqishdagi mutlaq tezlik qiymati  $v_2 = U_2 + v_{2m}$  formulasi bilan hisoblanadi, bunda  $v_{2m}$  qiymati (3.17) asosida aniqlanadi.

### 3.3.2. Hidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi

Gidravlik turbinalarning asosiy tenglamasi uning napori va ishchi g'ildirakdagi oqimining kinetik parametrlari o'zgarishini ifodalaydi.

Asosiy tenglamani Bernulli tenglamasidan foydalanilgan holda keltirib chiqaramiz. Buning uchun ishchi g'ildirak kanallaridan oqayotgan suyuqlikka ta'sir qilayotgan massa kuchlari bilan bog'lanishda bo'lgan potensial funksiyani ( $P$  ni) aniqlaymiz. 3.10-rasmda  $n$  aylanishlar chastotasi bilan aylanayotgan gidroturbina ishchi g'ildiragidagi oqim harakati tasvirlangan.

Ishchi g'ildirak parragi kirish qismidagi A nuqtadan chiqish qismidagi B nuqtaga harakat qilayotgan elementar oqimchani qarab chiqamiz. Oqimchadagi nisbiy tezlikni  $\omega$  deb belgilaymiz. G'ildirak OZ o'qi atrofida S doimiy burchak tezlik bilan aylanadi. Bunday holda suyuqlikka quyidagi massa kuchlari ta'sir qiladi: og'irlik kuchi, aylanma harakat inersiya kuchi, inersiyaning koriolis kuchi.



3.10-rasm. Hidroturbina asosiy tenglamasiga oid.

Massa birligiga nisbatan olingan og'irlik kuchi quyidagi proyeksiyalarga ega bo'ladi.

$$F_x = F_y = 0; \quad F_z = -g. \quad (3.21)$$

Massa birligiga nisbatan olingan inersiya kuchi  $s^2 r$  qiymatga teng. Uning proyeksiyalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$F_x=c^2x; F_u=s^2u; F_z=0; \quad (3.22)$$

Bizga ma'lumki, potensialga ega bo'lgan massa kuchlari I.S.Gromeka tenglamasi bo'yicha quyidagicha ifodalanishi mumkin.

$$-Dp = F_x dx + F_u dy - F_z dz; \quad (3.23)$$

Bu tenglamani (3.2) dan foydalanib shunday ko'rinishda yozamiz:

$$-dP = s^2x \cdot dx + c^2y \cdot dy - g \cdot dz; \quad (3.24)$$

Tenglamani integrallab quyidagi holga keltiramiz:

$$P = -s^2(x^2 + u^2)/2 + g \cdot z + C \quad (3.25)$$

3.10-rasmdan ko'rinib turibdiki,  $r^2 = x^2 + y^2$ ,

Unda

$$P = g \cdot z - C^2 \vartheta^2 / 2 + C \quad (3.26)$$

Koriolis kuchi vektori oqim harakati nisbiy tezligi vektoriga perpendikulyar bo'lganligi uchun uning proyeksiyasi nolga teng.

Potensialga ega bo'lgan massa kuchlari ta'sir qilayotgan, siqilmaydigan, yopishqoq bo'lmagan suyuqlikning harakati uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi [5]:

$$P + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} = const \quad (3.27)$$

Unda biz qarab chiqayotgan oqim harakati uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$gZ + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} - \frac{c \cdot r^2}{2} = const$$

Bizga ma'lumki, aylana tezlik qiymati  $s \cdot r = u$  ga teng.

Unda

$$gZ + \frac{P}{\rho} + \frac{\omega^2}{2} - \frac{u^2}{2} = const$$

Bunday holda A va B nuqtalari joylashgan kesimlar uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{\omega_1^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{u_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B} \quad (3.28)$$

Bu formulani shunday ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{n_1^2 - n_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B}; \quad (3.29)$$

bu yerda

$\sum \Delta h_{A-B}$  A va B nuqtalari orasidagi suv yo'lida napor yo'qolish qiymati.

Yuqoridagi tenglama nisbiy tezlik o'zgarishi tufayli yuzaga keladigan energiya o'zgarishini ifodalaydi. Bundan tashqari bizga ma'lumki, mutloq tezlik o'zgarishini hisobga oluvchi tenglama yuqoridagi kesimlar uchun quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$E_1 - E_2 = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 - \frac{v_2^2}{2g}; \quad (3.30)$$

(3.2) bo'yicha ma'lumki  $E_1 - E_2 = H_T$

Unda

$$H_T = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}; \quad (3.31)$$

(3.29)dan foydalanib, bu tenglamani quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin.

$$H_T = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \frac{n_1^2 - n_2^2}{2g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + \sum \Delta h_{A-B} \quad (3.32)$$

bu yerda

$N_T$  – ishchi g'ildirakdagi solishtirma energiyalar farqi yoki turbinaning haqiqiy nabori.

Agar,  $H_T - \sum \Delta h_{A-B} = H_T \cdot \eta_r$  – deb qabul qilsak, unda

$$H_T \cdot \eta_r = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + \frac{n_1^2 - n_2^2}{2g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g}; \quad (3.33)$$

Bizga ma'lumki, tezliklar uchburchagi bo'yicha

$$\omega^2 = n^2 + v^2 - 2u \cdot v \cdot \cos \alpha \quad (3.34)$$

Bu holda (3.33) quyidagi ko'rinishga keladi.

$$H_T \cdot \eta_r = \frac{1}{g} (u_1 \cdot v_1 \cdot \cos \alpha_1 - u_2 \cdot v_2 \cdot \cos \alpha_2) \quad (3.35)$$

Bu tenglama Eyler tenglamasi deb nom olgan. Tenglama gidroturbina naborining ishchi g'ildirakka kirish va undan chiqishdagi tezliklar uchburchagiga bog'liq ekanligini ko'rsatadi.

Demak, ishchi g'ildirak shakli va o'lchamlari turbina nabori qiymatini belgilaydi. O'qiy turbinalarda  $u_1 = u_2$  chunki  $r_1 = r_2$ , demak bu turbinalar nabori faqat mutloq va nisbiy tezliklar qiymatlari bilan aniqlanadi.

Bundan xulosa qilish mumkinki, o'qiy turbinalarda napor katta bo'lishi mumkin emas, chunki mutloq va nisbiy tezliklar oshishi napor yuqolishining oshishiga olib keladi. Aylana tezliklar  $u_1$  va  $u_2$  orasidagi farqning oshishi  $H$  ning katta bo'lishiga asos bo'ladi.

Shu sababli yuqori naporli gidroturbinalarda  $D_1/D_2$  qiymati oshib boradi.

### **3.3.3. Gidroturbinalarni modellashtirish. O'xshashlik mezonlari**

Hozirgi zamon turbinalari yirik o'lchamlarga ega, masalan ularning ishchi g'ildiragi diametrlari 10 - 12 metrgacha yetadi. Gidroturbinalar o'lchamlarini aniqlash uchun nazariy tadqiqotlar va hisoblar natijalari yetarli emas. Shu sababli gidroenergetik mashinalarni loyihalashda modellardagi tajribaviy tadqiqotlar haqiqiy gidromashinaning o'lchamlarini aniqlash uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Buni amalga oshirish uchun o'xshashlik nazariyasiga asoslangan modellashtirilgan qonuniyatlaridan foydalaniladi.

Modellashtirish usullari gidroturbinalarda sodir bo'ladigan deyarli barcha jarayonlarni o'rganishga imkon beradi. Modellarda olingan natijalarni tabiiy holatdagi gidroturbinalarga ko'chirish uchun uchta shartni bajarish talab qilinadi.

Bu shartlar suyuqlik oqimida sodir bo'ladigan mexanik jarayonlar o'xshashligi nazariyasidan kelib chiqadi va quyidagicha ifodalanadi:

#### *1) Geometrik o'xshashlik sharti.*

Bu shartni bajarish uchun turbina suv oqish qismning barcha elementlarining geometrik o'lchamlari uning modelining shunday o'lchamlariga proporsional bo'lishi talab qilinadi. Bunda ikkala taqqoslanayotgan turbinalar suv oqish qismining g'adir-budirlik koeffitsiyenti teng bo'lishi zarur. Geometrik o'xshashlik miqyosi (ko'lami) sifatida haqiqiy (tabiiy) turbina ishchi g'ildiragi diametrining model turbina ishchi g'ildiragi diametriga nisbatan qabul qilinadi:

$$\lambda = \frac{D_1^x}{D_1^m}; \quad (3.36)$$

2) *Kinematik o'xshashlik sharti.*

Bu shartning bajarilish talabi shundan iboratki, turbina va uning modeli suv oqish traktining mos nuqtalardagi bir xil nomdagi tezliklar vektori bitta yo'nalishga va proporsional qiymatlarga ega, ya'ni shu nuqtalarda tezliklar taqsimoti bir xil bo'lishi kerak. Shunday rejimlar izogonal rejimlar deb ataladi.

3) *Dinamik o'xshashlik sharti.*

Bu shartning bajarilishi uchun geometrik o'xshash bo'lgan turbina va modeldagi izogonal rejimlarda mos nuqtalarga ta'sir qilayotgan barcha kuchlarning proporsional qiymatlarga ega bo'lishi talab qilinadi. Buning uchun quyidagi mezoniy sonlar teng bo'lishi kerak.

a) ishqalanish kuchlari uchun Reynol'ds soni

$$Re = \vartheta \cdot D_1 / \gamma \quad (3.37)$$

bu yerda,

$\vartheta$  - mos nuqtalardagi oqim tezligi, m/s

$D_1$  – ishchi g'ildirak diametri, m;

$\gamma$  - suvning kinematik yopishqoqlik koeffitsienti.

b) og'irlik kuchi uchun Frud soni

$$Fr = \vartheta^2 / g \cdot D_1 \quad (3.38)$$

v) bosim kuchi uchun Eyler soni

$$Eu = \Delta P / \rho \cdot \vartheta^2 \quad (3.39)$$

bu yerda,

$\Delta P$  - bosimning o'zgarish qiymati.

g) inersiya kuchi uchun Struxal soni

$$St = \vartheta / n \cdot D_1 \quad (3.40)$$

Demak, amalda bu sonlarning barchasining tengligini ta'minlash mumkin emas. Shu sababli ko'rilayotgan gidrodinamik hodisa uchun qanday kuchlar belgilovchi ekanligini aniqlab, kerakli mezoniy sonlar tengligi sharti bajariladi.

Yuqorida keltirilgan sonlarning gidroturbinalar uchun qanday ifodalanishini ko'rib chiqamiz.



Reynolds soni teng bo'lishi uchun oqimda ishqalanish va inersiya kuchlarining proporsionalligi ta'minlanishi kerak. Agar bunda gidroturbina naporini hisobga olsak,

$$\text{Re} = \frac{D_1 \cdot \sqrt{H}}{\gamma} \quad (3.41)$$

Demak, Re ni hisobga olish H ni aniqlashda napor yo'qolish qiymatlarini modellashtirish muhim ahamiyatga ega.

Frud sonlarining tengligi og'irlik va inersiya kuchlarining proporsionalligi bilan ta'minlanadi. Bunga amal qilish aktiv turbinalarda og'irlik kuchi asosiy hisoblangan yuzasi oqimlarini tadqiq qilishda bajariladi.

$$\text{Fr} = \frac{H}{D_1 \cdot g}; \quad (3.42)$$

Struxal soni asosan gidroturbinalardagi noturg'un rejimlarni, o'tkinchi jarayonlarni tadqiq qilishda asosiy hisoblanadi. Struxal sonlarini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\text{St} = \frac{\sqrt{H \cdot g}}{n \cdot D_1}; \quad (3.43)$$

Eyler sonlarining tengligini ta'minlash uchun bosim va inersiya kuchlarining proporsionalligiga erishish kerak.

Agar Re va St sonlarining tengligi gidroturbina va uning modelidagi oqimlarda ta'minlansa, unda Eu tengligi ham ta'minlanadi.

Eyler sonini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\text{Eu} = \frac{g \cdot H \cdot D_1^2}{Q^2} \quad (3.44)$$

### **3.3.4. O'xshashlik tenglamalari. Gidroturbinaning ko'rsatkichlarini qayta hisoblash formulalari**

Gidroturbinalar o'lchamlarining o'zgarishi ularning asosiy tavsifiy ko'rsatkichlariga qanday ta'sir qilishini o'xshashlik tenglamalari yordamida qiyoslash mumkin.

O'xshashlik tenglamalari geometrik, kinematik, gidrodinamik o'xshashlik shartlarining bajarilishi natijasida kelib chiqadi.

Ishchi g'ildiragi diametrlari  $D_1^1$  va  $D_1^{11}$  bo'lgan gidroturbinalar ish rejimlari o'xshash bo'lganda ularning asosiy parametrlari  $n$ ,  $Q$  va  $N$  o'rtasidagi bog'lanish qanday bo'lishini ko'rib chiqamiz.

Geometrik o'xshash turbinalarning izogonal rejimlarida tezlik parallelogrami va uchburchaklari o'xshash bo'ladi, ya'ni (3.9 va 3.10 – rasmlar).

$$\frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{v_1^1}{v_1^{11}} = \frac{\omega_1^1}{\omega_1^{11}} = \frac{u_2^1}{u_2^{11}} = \frac{v_2^1}{v_2^{11}} = \frac{\omega_2^1}{\omega_2^{11}}; \quad (3.45)$$

$$\alpha_1^1 = \alpha_2^1; \quad \alpha_2^1 = \alpha_2^{11}; \quad \beta_1^1 = \beta_1^{11}; \quad \beta_2^1 = \beta_2^{11}; \quad \delta_1^1 = \delta_1^{11}; \quad \delta_2^1 = \delta_2^{11}; \quad (3.46)$$

Bunda harflardagi  $^1$  va  $^{11}$  belgilar taqqoslanayotgan turbinalarning mos belgilaridir. Bizga ma'lumki (3.11) formula bo'yicha yozishimiz mumkin.

$$\frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{\pi \cdot D_1^1 \cdot n_1^1}{\pi \cdot D_1^{11} \cdot n_1^{11}} = \frac{D_1^1 \cdot n_1^1}{D_1^{11} \cdot n_1^{11}}; \quad (3.47)$$

Mutloq tezliklar nisbatini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$\mathfrak{G} = \mathfrak{G}_{1m} / \sin \alpha_1 \quad (3.48)$$

Bunda  $\mathfrak{G}_{1m}$  ni (3.13) bo'yicha aniqlash mumkin. Unda quyidagi belgilanishga ega bo'lamiz:

$$\frac{v_1^1}{v_1^{11}} = \frac{v_{1m}^1 / \sin \alpha_1^1}{v_{1m}^{11} / \sin \alpha_1^{11}} = \frac{v_{1m}^1}{v_{1m}^{11}} = \frac{Q^1 / \pi \cdot D_1^1 \cdot b_1^1}{Q^{11} / \pi \cdot D_1^{11} \cdot b_1^{11}} = Q^1 \cdot D_1^1 \cdot b_1^1 / Q^{11} \cdot D_1^{11} \cdot b_1^{11}; \quad (3.49)$$

Gidroturbinalar geometrik o'xshash bo'lganligi uchun

$$b_1^1 / b_1^{11} = D_1^1 / D_1^{11}$$

U holda (3.13) ni shunday yozishimiz mumkin:

$$\frac{v_1^1}{v_1^{11}} = \frac{Q^1 (D_1^1)^2}{Q^{11} (D_1^{11})^2}; \quad (3.50)$$

(3.45) dan foydalanib tezliklar nisbatini quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin.

$$\frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{v_1^1}{v_1^{11}} = \frac{D_1^1 \cdot n_1^1}{D_1^{11} \cdot n_1^{11}} = \frac{Q^1 (D_1^1)^2}{Q^{11} (D_1^{11})^2};$$

yoki

$$\frac{Q^1}{n_1^1 (D_1^1)^3} = \frac{Q^{11}}{n_1^{11} (D_1^{11})^3}; \quad (3.51)$$

Bu bog'lanishni umumlashtirib quyidagi holga keltiramiz:

$$\frac{Q}{n \cdot D_1^3} = \text{const} \quad (3.52)$$

Endi gidroturbinalar naporlari orasidagi o'zgarishni ko'rib chiqamiz. Buning uchun (3.46) da berilgan Eyler formulasidan foydalanamiz.

Taqqoslanayotgan gidroturbinalar uchun bu formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$H^1 \cdot \eta_r^1 = \frac{1}{g} (u_1^1 \cdot v_1^1 \cdot \cos \alpha_1^1 - u_2^1 v_2^1 \cdot \cos \alpha_2^1) \quad (3.53)$$

$$H^{11} \cdot \eta_r^{11} = \frac{1}{g} (u_1^{11} \cdot v_1^{11} \cdot \cos \alpha_1^{11} - u_2^{11} \cdot v_2^{11} \cdot \cos \alpha_2^{11}) \quad (3.54)$$

(3.45), (3.46) va (3.47) bo'yicha yozishimiz mumkin:

$$\alpha_1^1 = \alpha_1^{11}; \alpha_2^{11} = \alpha_2^1; \frac{u_1^1}{u_1^{11}} = \frac{v_1^1}{v_1^{11}} = \frac{u_2^1}{u_2^{11}} = \frac{v_2^1}{v_2^{11}} = \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}};$$

Demak,  $\cos \alpha_1^1 = \cos \alpha_1^{11}; \cos \alpha_2^1 = \cos \alpha_2^{11};$

Bunday holda tezliklar qiymati

$$u_1^1 = u_1^{11} \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}}; \quad u_2^1 = u_2^{11} \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}}; \quad v_1^1 = v_1^{11} \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}};$$

Olingan qiymatlarni (3.53) ning o'ng tomoniga joy-joyiga qo'yamiz.

$$H^1 \cdot \eta_r^1 = \frac{1}{g} \left( \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} \right)^2 (u_1^{11} \cdot v_1^{11} \cdot \cos \alpha_1^1 - u_2^{11} \cdot v_2^{11} \cdot \cos \alpha_2^{11}) \quad (3.55)$$

(3.55) ni (3.54)ga bo'lamiz:

$$\frac{H^1 \eta_r^1}{H^{11} \eta_r^{11}} = \left( \frac{D_1^1 \cdot n^1}{D_1^{11} \cdot n^{11}} \right)^2 \quad (3.56)$$

Demak, aylanishlar chastotasi nisbatlarini oladigan bo'lsak,

$$\frac{n^1}{n^{11}} = \frac{D_1^{11}}{D_1^1} \sqrt{\frac{H^1 \cdot \eta_r^1}{H^{11} \cdot \eta_r^{11}}} \quad (3.57)$$

(3.52) va (3.57) lardan foydalanib  $Q^1/Q^{11}$  ni aniqlash mumkin.

$$\frac{Q^1}{Q^{11}} = \left( \frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{H^1 \cdot \eta_r^1}{H^{11} \cdot \eta_r^{11}}} \quad (3.58)$$

Gidroturbinalar quvvatlari nisbatini  $N = 9.81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$  formulasi va (3.58) dan foydalanib quyidagicha qilib yozish mumkin:

$$\frac{N^1}{N^{11}} = \left( \frac{D_1^1}{D_1^{11}} \right)^2 \cdot \sqrt{\left( \frac{H^1 \cdot \eta_r^1}{H^{11} \cdot \eta_r^{11}} \right)^3} \quad (3.59)$$

(3.57), (3.58) va (3.59) formulalari o'xshashlik tenglamalari deb ataladi va o'xshash turbinalarning parametrlarini aniqlashda keng qo'llaniladi.

Lekin bu tenglamalardan shu holatda foydalanish bir muncha noqulayroq, shu sababli turbinalarni tavsiflash uchun ixchamlashtirilgan, umumiy standart sharoitga keltirilgan ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Standart sharoit sifatida  $N = 1\text{m}$  va  $D_1=1\text{m}$  qabul qilinadi. Demak, gidroturbinaning boshqa ko'rsatkichlari  $Q$  va  $n$  shu holatga nisbatan keltirilgan deb hisoblanadi ya'ni  $n_1$  – keltirilgan aylanishlar chastotasi,  $Q_1$  – keltirilgan suv sarfi (3.57) va (3.58) dan foydalanib, hamda FIK qiymatlari o'zgarmaydi deb faraz qilsak,

$$\frac{n_1^1}{n^{11}} = \frac{D_1^{11}}{1} \sqrt{\frac{1}{H^{11}}},$$

$$\frac{Q_1^1}{Q^{11}} = \left(\frac{1}{D_1^{11}}\right)^2 \sqrt{\frac{1}{H^{11}}}, \quad (3.60)$$

ko'rinishdagi formulalarga ega bo'lamiz. Bunda  $N^{11}$ ,  $n^{11}$ ,  $D_1^{11}$  va  $Q^{11}$  ko'rsatkichlarini umumiy holda  $H$ ,  $n$ ,  $D_1$  va  $Q$  ko'rinishda yozsak, unda yuqoridagi formulalar quyidagi holga keladi.

$$n_1^1 = \frac{n \cdot D_1}{\sqrt{H}} \quad (3.61)$$

$$Q_1^1 = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}} \quad (3.62)$$

Gidroturbina quvvati uchun keltirilgan ko'rsatkichni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$N_1^1 = \frac{N}{D_1^2 \cdot \sqrt{H^3}}; \quad (3.63)$$

Keltirilgan ko'rsatkichlarning qiymatlari o'xshash rejimlarda bir xil bo'ladi, ularning o'lchov birligi  $(\text{m}/\text{sek}^2)^{1/2}$  bo'lsada, shartli ravishda ularning o'lchov birliklari aylanishlar soni uchun ayl/ min, suv sarfi uchun  $\text{m}^3/\text{s}$ , quvvati uchun kVt qilib qabul qilingan.

Gidroturbina samaradorligini ko'rsatuvchi parametrlardan biri tezkorlik koeffitsientidir. Tezkorlik koeffitsienti turbinalarning tavsifiy ko'rsatkichi bo'lib, napor, quvvat va aylanishlar soniga bog'liq.

Tezkorlik koeffitsienti 1 kVt quvvatga ega bo'lgan turbinaning 1m napor qiymatidagi aylanishlar sonidir.

$$n_s = 1,167 \cdot n \frac{\sqrt{N}}{H \cdot \sqrt{H}}; \quad (3.64)$$

bu yerda

N – gidroturbina quvvati, kVt,

N – napor, m

Tezkorlik koeffitsienti maksimal quvvat rejimlari uchun hisoblanadi. Har xil turdagi turbinalar uchun tezkorlik koeffitsienti quyidagi qiymatlarga ega bo'ladi:

O'qiy parrakli – buraluvchi	- 400 – 1000
Diagonal parrakli – buraluvchi	- 200 – 450
Radial – o'qiy	- 50 – 450
Cho'michli	- 20 – 50

### **3.2. GESning energetik jihozlari, ularning tarkibi turlari va parametrlari**

Gidroenergetik qurilmalarning elektr qismi gidroturbina yoki nasos bilan bog'langan elektr mashina, transformator va taqsimlash tizimidan iborat. Qurilmaning elektr sxemasiga ko'ra uning hamma elektr uskunalari yopiq xona yoki ochiq havoda o'rnatilishi mumkin.

GES elektr sxemasining birlamchi zanjirida qulay ulanish shakllari qo'llaniladi. Bunga sabab, iste'molchini mukammal va ishonchli ravishda elektr energiya bilan ta'minlash zarur. Masalan, nasos stansiyalar uchun elektr energiya bilan ta'minlovchi sxema mukammal bo'lib, kerakli quvvatni nasos agregatiga ta'minlab beradi. Gidroenergetik qurilmaning elektr mashinalari uchta rejimda ishlashi mumkin:

A) GES larda – generator rejimida.

B) nasos stansiyalarda – dvigatel rejimida.

V) gidroakkumulyasion stansiyalarda – generator, dvigatel, sinxron kompensator va aylanuvchi zaxira rejimida.

GES elektr qismi gidrogenerator, transformator va taqsimlash qurilmalaridan tashkil topadi.

### **3.2.1 Gidrogeneratorlar, ularning ko'rsatkichlari, turlari va tuzilishi.**

Gidrogenerator turbinaning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib berish uchun xizmat qiladi. Gidrogenerator qutbli tizimga ega bo'lgan rotordan va bir xil taqsimlangan sterjenli cho'lg'amdan iborat statordan tashkil topadi.

Rotor o'z o'qi atrofida aylanganda qutblar magnit maydonini yuzaga keltiradi va bu maydon stator sterjenlari cho'lg'amini kesib o'tadi, natijada unda elektr yurituvchi kuch paydo bo'ladi. Gidrogenerator elektr tarmog'iga ulanganda stator cho'lg'ami bo'ylab tok oqa boshlaydi va bu generatorda kuchlanishni yuzaga keltiradi.

Rossiyada ishlab chiqariladigan generatorlarning markalanishi quyidagicha qabul qilingan:

$SV\frac{1130}{250} - 48$ , bunda SV – sinxron vertikal: 1130 – stator o'zagi (serdechnigi) diametri, sm; 250 – stator serdechnigi uzunligi, sm; 48 – qutblar soni.

Bundan tashqari gidrogeneratorning quyidagi markalari ham qo'llaniladi.

VGS – vertikal generator sinxron;

SVF – ko'proq sovutiladigan vertikal sinxron;

SVO – vertikal sinxron teskari aylanadigan;

SGK – sinxron gorizontal kapsulali.

Gidrogeneratorning aylanish tezligiga ko'ra quyidagi turlari mavjud:

A) 100 ayl/min gacha bo'lgan sekin yurar gidrogeneratorlar.

B) 100 – 200 ayl/min gacha bo'lgan o'rtacha tezlikli gidrogeneratorlar.

V) 200 ayl/min dan ortiq bo'lgan tez yurar gidrogeneratorlar.

Tez yurar gidrogeneratorlar yuqori bosimli qurilmalarda qo'llaniladi va konstruktiv jihatdan vertikal yoki gorizontal qilib bajarilishi mumkin.

Gidrogeneratorning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi:

**1. Gidrogenerator to'liq quvvati, kV.A.(MV.A).**

$$S = \frac{N}{\cos \phi}; \quad (3.65)$$

bu yerda,

$N$  – gidroturbina quvvati, kVt;

$\eta_{\text{gen}}$  – gidrogenerator f.i.k.;

$\eta_{\text{gen}} = 90 - 98,5\%$ .

Ba`zan yirik mashinalarning gabarit o`lchamlarini kamaytirish uchun  $\cos\phi = 0,85 - 0,95$  ga teng qilib olinadi. Kapsulali gidroagregatlar uchun  $\cos\phi = 0,98 - 1,0$ .

### **2. Gidrogenerator aktiv quvvati kVt, MVt**

$$R = S \cdot \cos\phi \quad (3.66)$$

**3. Gidrogenerator reaktiv quvvati, kvar, Mvar. (var –reaktiv quvvat o`lchov birligi, volt –amper reaktiv).**

$$Q = S \cdot \sin\phi. \quad (3.67)$$

To`liq quvvatni tarmoqdagi kuchlanish va tok kuchi orqali ham aniqlash mumkin.

$$S = I \cdot U\sqrt{3} \quad (3.68)$$

bu yerda,

$U$  – kuchlanish, V, kV

$I$  – statordagi tok kuchi, A, kA

Generatordagi kuchlanish standart qiymatlarga ega.  $U=3,15; 6,3; 10,5; 21\text{kV}$

Agar generator quvvati 50MVt dan oshsa, unda  $U = 13,8; 15,75; 18; 20\text{kV}$

bo`lishi mumkin.

### **4. Me`yoriy aylanish chastotasi, ayl/min**

$$n_0 \frac{P}{2} = 60 \cdot f \quad (3.69)$$

bu yerda,

$P$  – qutblar soni (generator rotorining)

$f$  – tarmoqdagi tok chastotasi,  $f = 50\text{gs}$ .

Bunday holda  $n_0 = 6000/R$  bo`lishi mumkin. Qutblar soni juft bo`ladi,  $n_0 > 24$  bo`lganda 4 karra sonlarga ega bo`ladi.

Gidrogenerator asosan ikki qismdan iborat; qo'zg'almas qism – stator, aylanadigan qism – rotor.

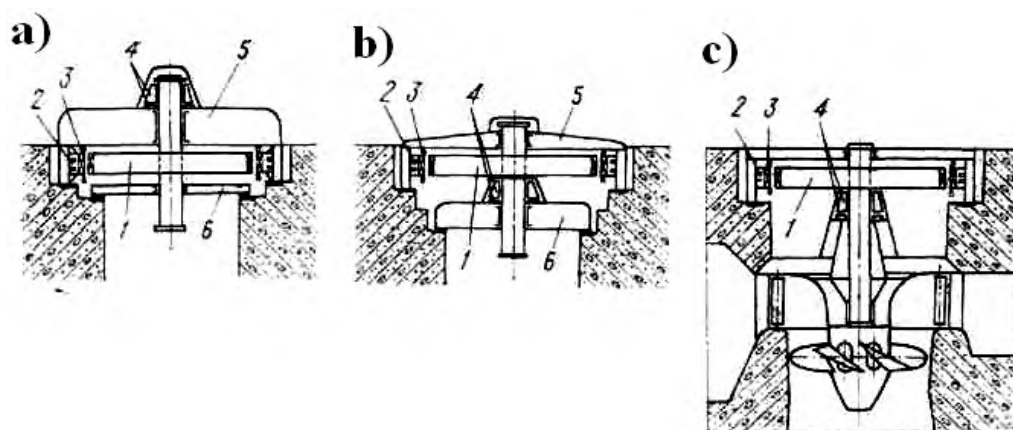
Gidrogenerator o'qining joylashuviga qarab vertikal, gorizontal va egilgan bo'lishi mumkin.

Vertikal gidrogeneratorlar tayanch podshipnik (podpyatnik) joylashishiga qarab ikki turga bo'linadi:

- a) osma generatorlar;
- b) soyabonli generatorlar.

Osma generatorlarda tayanch podshipnik generator ustida joylashadi va bu generatorlar aylanish chastotasi  $n_0 > 150$  ayl/min ga, rotori diametri  $D < 10$  m ga teng bo'ladi. Soyabonli generatorlarda esa tayanch podshipnik generator ostida joylashadi, ularning aylanish chastotasi  $n_0 < 150$  ayl/min, rotori diametri  $D < 10$  m ga teng bo'ladi.

Hozirgi vaqtda eng katta generator Braziliyadagi Itaypu GES ida o'rnatilgan bo'lib, uning quvvati 824 MV.A ga teng. Markaziy Osiyodagi Rogun GESida quvvati 666 MV.A ga teng generatorlar o'rnatilgan.



**3.12-rasm. Vertikal gidrogenerator sxemasi:**

*a) osma turdagi; b) soyabonli generator; v) turbina qopqogida tayanchi bo'lgan soyabonli generator.*

*1 – rotor; 2 – stator; 3 – stator cho'lg'ami; 4 – podpyatnik; 5 – yuqori krestovina;  
6 – pastki kretovina.*

### **3.2.2. Transformatorlar, ularning turlari va asosiy parametrlari**



GESlardagi ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining kuchlanishini o'zgartirish uchun kuchaytiruvchi va kamaytiruvchi transformatorlar qo'llaniladi.

Transformator ikki cho'lg'amli yoki uch chulg'amli bo'lishi mumkin, ikki cho'lg'amli transformatorlarda umumiy serdechnikda ikkita cho'lg'am joylashadi: past kuchlanishli va yuqori kuchlanishli. Uch cho'lg'amli transformatorlarda umumiy serdechnikda uch cho'lg'am joylashadi: bitta past kuchlanishli, bitta o'rta kuchlanishli, bitta yuqori kuchlanishli.

Transformatorlar uch fazali yoki bir fazali bo'lishi mumkin. Bir fazali transformatorlardan uch fazali transformatorlar uchta bir fazali transformatorlar guruhidan arzon va kam joy talab qiladi.

Transformatorlar nominal quvvati quyidagicha:

$N_{trans} = 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600$  va shunday, kV.A.

### 3.2.3. Elektr ulash sxemalari

Ishlab chiqarilgan elektr uzatish energiyasi iste'molchilarga elektr uzatish liniyalari orqali yetkazib beriladi.

O'zgaruvchan tok liniyasi 500,750 va 1150 kV va o'zgarmas tok liniyasi 400,750,1100, kV kuchlanish bilan ishlaydi va magistral liniyalar hisoblanadi.

Umuman liniyalar kuchlanishini 3.2 jadval orqali tanlangani ma'qul.

3.2-jadval

Kuchlanish kV	Liniya uzunligi km.	Bir zanjirga beriladigan eng katta quvvat MVt
110	50 – 150	25 – 50
220	150 – 250	100 – 200
330	200 – 300	300 – 400
500	800 – 1200	700 – 1000
750 – 1150	1200 – 2000	1800 – 2200

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, liniya qancha uzun bo'lsa shuncha kuchlanish va beriladigan quvvat qiymati katta bo'ladi. Buning sababi shundan iboratki, energiya uzoq masofalarga berilganda uning katta miqdori yo'qoladi. Bu yo'qolishni kamaytirish uchun elektr liniyalarda katta kuchlanishda energiya uzatish maqsadga muvofiqdir.

Shu sababli GES larda generatorlarni yuqori kuchlanish hosil qiluvchi transformatorlarga va elektr liniyasiga ulashning zamonaviy va samarali usullari qoʻllaniladi (3.13-rasm).

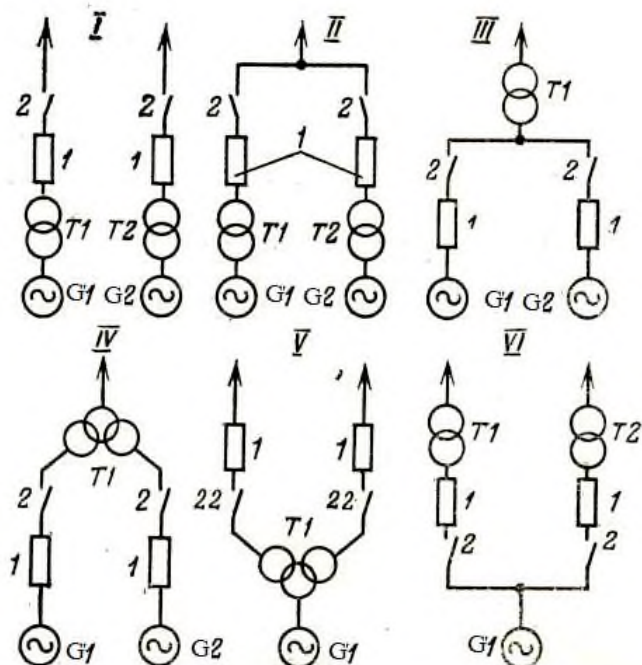
I – variantda har bir generator oʻzining ikki choʻlgʻamli, uch fazali kuchlanishni oshiruvchi transformatori bilan ulangan va shu sababli bu sxema blokli sxema deyiladi. Bu sxema koʻp agregatli stansiyalarda, agar isteʼmolchi boshqa manbalarga ham ulangan boʻlsa qoʻllaniladi.

II , III , IV – variantlarda ikkita generator bitta liniyaga ulanadi, bu albatta xarajatlarni ancha kamaytiradi. II – sxemada bir xil quvvatga ega boʻlgan ikkita transformator qoʻllangan boʻlsa, III – sxemada quvvati ikki agregat quvvatiga teng boʻlgan bitta transformator oʻrnatiladi. IV – sxemada ham bitta boʻlaklangan choʻlgʻamlarga ega boʻlgan transformator oʻrnatiladi, natijada energiyani isteʼmolchiga uzatish ishonchliligi oshadi, zahiradagi transformator narxi pasayadi. III va IV sxemalarning kamchiligi shundan iboratki, transformatorni reviziya qilish vaqtida birdaniga ikki generatorni toʻxtatishga toʻgʻri keladi.

V – variantda choʻlgʻamlari boʻlaklangan bitta transformator yordamida ikkita liniyani energiya bilan taʼminlash sxemasi berilgan, VI – variantda esa teskarisi bitta generatorning ikkita uch fazali transformator bilan ikkita liniyaga xizmat koʻrsatish sxemasi berilgan. Har bir variant isteʼmolchilar toifasi, ularda energiya isteʼmoli xarakteri, ularning joylashishi va energiya yuklanish grafigiga mos ravishda tanlanadi.

### **3.3. GESning yordamchi jihozlari va ularning turlari**

GESning yordamchi jihozlariga koʻtarish – tashish mexanizmlari, yogʻ xoʻjaligi, texnik suv taʼminoti, GESning siqilgan havo bilan taʼminlash xoʻjaligi, suvni chiqarib tashlash tizimi (sistemi) va boshqalar kiradi.



**3.13-rasm. Bosh transformatorlarni generatorlarga ulash sxemalari:**

*G1, G2 – generatorlar; T1, T2 – transformatorlar;*

*1 – o‘chirgich; 2 – ajratkich.*

### 3.3.1. Ko‘tarish – tashish mexanizmlari

GESning gidroturbina va elektrik jihozlarini montaj qilish, suv darvozalarni, qulfaklarni ko‘tarish – tushirish, hamda ta‘mirlash ishlarini bajarish uchun ko‘tarish – tashish mexanizmlari qo‘llaniladi.

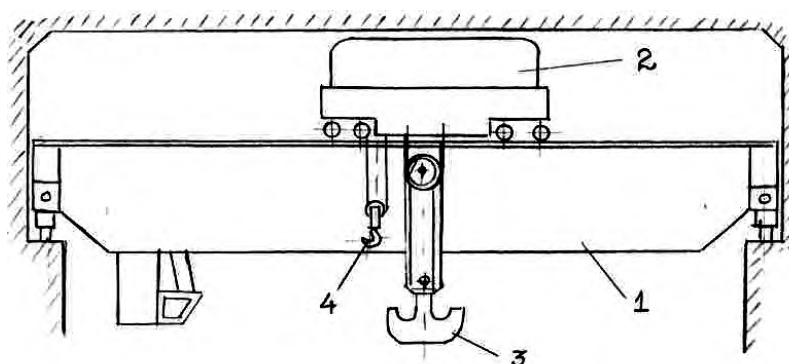
Ko‘tarish - tashish mexanizmlariga osma, ko‘prik va yerda yuruvchi kranlar kiradi.

Osma kranlar kichik stansiyalarda o‘rnatiladi. Bu kranlarning yuk ko‘tarish qobiliyati 5 t gacha bo‘lib, stansiya binosi shipiga mahkamlagan relslar bo‘ylab harakatlanadi. Ko‘prik kranlar GES binosi ichkari qismining ikki yonida o‘rnatilgan kolonnalarga yotqizilgan balkalar ustidagi relslarda harakatlanuvchi fermalardan iborat (3.14-rasm).

Ko‘tariladigan buyumlarni bino bo‘yicha ko‘ndalang yo‘nalishda harakatlantirish uchun ko‘prik kran 1 ustiga telejka 2 o‘rnatiladi. Telejka ikki ilgak: asosiy 3 va yordamchi ilgaklar 4 bilan ta‘minlanadi. Asosiy ilgak og‘ir jihozlarni, yordamchi ilgak yengil jihozlarni ko‘tarishga mo‘ljallangan.

Seriya holda chiqariladigan ko‘prik kranlar yuk ko‘tarish qobiliyati 15/3 tonnadan 250/30 tonnagacha, ularning ko‘tarish balandligi 16 – 32 m (maxrajda yordamchi ilgak yuk ko‘tarish balandligi). Kichik GESlarda yuk ko‘tarish qobiliyati 3 – 10 t bo‘lgan osma kranlar ham qo‘llaniladi.

Yerda yuruvchi kranlar ko‘proq suv darvozalari ikki yonida o‘rnatilgan rel’slarda harakatlanuvchi to‘rt tayanchli mexanizmlardan iborat:



3.14-rasm. Ko‘prik kran sxemasi.

### 3.3.2. Yog‘ bilan ta‘minlash xo‘jaligi

GES yog‘ xo‘jaligi gidroturbina jihozlarini moylash, asosiy transformatorlarni izolyatsiya yog‘lari bilan ta‘minlash uchun xizmat qiladi. Bu yog‘lar turbina va transformator yog‘lari ham deb ataladi.

Bu ikkala turdagi yog‘ni aralashtirish mumkin emas, shuning uchun ular har xil idishlarda saqlanadi. Moylash yog‘larining miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin.

$$Q_m = K \frac{N \cdot \sqrt{D_1}}{H}; \text{ kg} \quad (3.70)$$

bu yerda,

$N$  – gidroturbina me‘yoriy quvvati, kVt

$D_1$  – turbina ishchi g‘ildiragi diametri, m

$H$  – maksimal napor, m

$K$  – koeffitsient, radial – o‘qiy turbinalar uchun 0,45 – 0,25, parrakli turbinalar uchun 0,9 – 1,1, cho‘michli turbina uchun 1,35 – 1,8.

Agregat moylash sistemasidagi yog‘ miqdori rostlash sistemasidagi yog‘ miqdorining 25 – 35 % ini tashkil qiladi.

Transformatorlarga beriladigan yog' miqdori uning har 1000 kv.A quvvatiga 3 kg dan qilib beriladi.

Rostlash tizimida yog' ishlash muddati 12 – 15 min.soat tashkil qilsa, moylash sistemasida 500 – 1000 soatga teng bo'ladi.

### 3.3.3. Texnik suv ta`minoti

Texnik suv gidrogenerator sovutgichi uchun, tayanch podshipnigi vannasini, kompressorlarni sovutish uchun, pastki turbina podshipnigini moylash uchun beriladi.

Shundan, beriladigan suvning aksariyat qismi gidrogeneratorni sovutish uchun sarf bo'ladi.

Generatorni sovutish uchun beriladigan suv miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = \frac{0.36 \cdot P(1 - \eta_{\text{ГЕН}})}{\Delta t}; \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.71)$$

bu yerda,

P – gidrogenerator me`yoriy quvvati, kVt

$\eta_{\text{GEN}}$  – generator f.i.k.

$\Delta t$  – sovutish suvi temperaturasi farqi.

$\Delta t$  agar texnik suv ta`minoti sistemasiga kirishidagi suv temperaturasi 20<sup>0</sup>C ga teng bo'lsa, 10<sup>0</sup>C ga teng qilib olinadi, agar 25<sup>0</sup>C dan katta bo'lsa 50<sup>0</sup>C ga teng bo'ladi.

Generatorning 1 kVt quvvatiga taxminan 0,06 – 0,07 l/s texnik suv zarur. Unga beriladigan texnik suv umumiy suv miqdorining 60 – 65 % ini, podpyatnik va podshipniklarni sovutishga 10 – 20 %, transformatorlarga 15% ini tashkil qiladi. Umumiy suv sarfi katta GESlarda 4 – 10 m<sup>3</sup>/s gacha bo'lishi mumkin. Sovutgichlarga beriladigan suv bosimi 0,03 – 0,08 MPa dan kam bo'lmasligi kerak.

### 3.3.4. Siqilgan havo bilan ta`minlash xo`jaligi

Siqilgan havo asosan agregatlar rostlash sistemasini, tormozlash sistemasini, kameradan suvni siqib chiqarish sistemasini ta`minlash va boshqa maqsadlarda ishlatiladi. Bunda beriladigan havo bosimi 6 MPa gacha bo'lishi mumkin. Uning

miqdori har 1000 kVt oʻrnatilgan quvvatga 13 m<sup>3</sup>/min (atmosfera bosimida boʻlishi mumkin).

### **3-mavzu boʻyicha nazorat savollari**

1. GESning asosiy parametrlariga nimalar kiradi?
2. GES quvvati va ishlab chiqariladigan elektr energiya miqdori qanday aniqlanadi?
3. Eyler tenglamasi orqali turbina naporini qanday ifodalash mumkin?
4. Nima uchun yuqori napor qiymatlarida  $D_1/D_2$  qiymati oshadi?
5. Nima uchun turbinalarni modellashtirish zarur?
6. Turbinalar tezkorlik koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
7. GESning elektroenergetik jihozlariga nimalar kiradi?
8. Uzoq masofalarga energiya uzatilganda nima uchun liniyada kuchlanish yuqori boʻlishi kerak?
9. Bosh transformatorlarni generatorlarga ulashning qanday sxemalari bor?
10. GESning yordamchi jihozlari va ularning vazifalarini aytib bering.

## **4-MAVZU. GIDROAKKUMULYATSIYA ELEKTR STANSIYALARI VA KICHIK GESLAR REJA**

### **4.1. Hidroakkumulyatsiya stansiyalarining turlari**

### **4.2. GAESning asosiy parametrlari**

### **4.3. Kichik quvvatli GES, ularning turlari, jihozlari va binosining tuzilishi**

#### **4.1. Hidroakkumulyatsiya stansiyalarining turlari**

**GAESning vazifasi va sinfiy guruhlari.** GAESning asosiy vazifasi oʻrnatilgan nasoslar yordamida suv energiyasini toʻplab, undan zarur boʻlganda elektr energiyani ishlab chiqarish uchun foydalanishdir.

Nima uchun elektr energiyasi ishlab chiqarishning shunday usulidan foydalanishga zaruriyat tugʻilmoqda?

Maʼlumki, elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun hozirgi paytda aksariyat issiqlik elektr stansiyalaridan (chet ellarda atom elektr stansiyalar ham) foydalanmoqda. Respublikamizda issiqlik elektr stansiyalari (IES) yordamida barcha energiyaning 85% ishlab chiqarilmoqda. IESlar ish rejmining oʻziga xos xususiyatlardan biri ularning nominal (oʻrnatilgan) quvvatining kechalari talab qilinadigan minimal quvvatdan anchagina farq qilishidir. Shu sababli kechasi IES quvvatini 25 – 50 % gacha kamaytirish, baʼzi agregatlarni toʻliq toʻxtatishga toʻgʻri keladi. Buning koʻpgina salbiy tomonlari bor, masalan, agregatlarni tez-tez toʻxtatish va ishga tushirish, ularning quvvatini oʻzgartirish jihozlarning nosoz holatga kelishi, belgilangan muddatdan oldin ishdan chiqishiga olib keladi.

Masalan, [12] da keltirilgan manbalarga qaraganda IES quvvatining 20% ga oʻzgarishi jihozlar xizmat vaqtining 15 – 20 % ga qisqarishiga olib keladi.

Shu sababli, GAESlardan kechasi energiya isteʼmoli kam boʻlganda isteʼmolchi, kunduzgi energiya tigʻiz boʻlgan soatlarda ishlab chiqaruvchi sifatida foydalanish katta samara beradi.

GAESlar shu vazifani bajaruvchi boshqa qurilmalarga (gaz turbinali, bugʻ gaz turbinali) qaraganda ancha arzon, samarali va istiqbolli ekanligi bilan ajralib turadi.

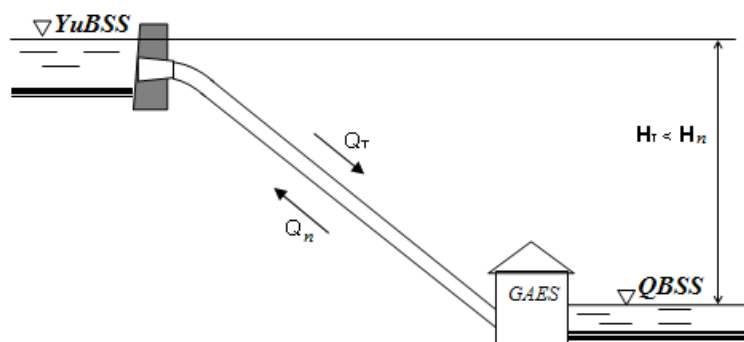
Baʼzi hollarda, GAES nafaqat sutkalik energiya taqsimotida, balki haftalik energiyani akkumulyatsiya qilishda ham qatnashishi mumkin.

Bunda ikki dam olish kunlarida (energiya isteʼmoli kam boʻlgan kunlar) suv energiyasi toʻplanadi, qolgan besh kunda unda elektr energiyani ishlab chiqarish uchun foydalaniladi.

GAESning quyidagi sinfiy guruhlar mavjud:

- Napor qiymati boʻyicha – past naporli ( $H \leq 100$  m) yuqori naporli ( $N \geq 700$  m), oʻrta naporli ( $H = 100 - 700$  m)
- Qurilma turi boʻyicha – sof GAES, GES – GAES, GES – NS.
- Quvurlar yoʻlida GAES binosining joylashish sxemasi boʻyicha – boshda joylashgan, oraliqda joylashgan, oxirida joylashgan.
- Suv toʻplanadigan omborlar soni boʻyicha - bir omborli, ikki omborli, uch omborli.
- GAES binosi turi boʻyicha – yer ustida joylashgan, yer ostida joylashgan, yarim yer ostida joylashgan.
- Agregatlar sxemasi boʻyicha – ikki mashinali, uch mashinali va toʻrt mashinali.

Koʻrinib turibdiki, GAES larda napor qiymati boshqa gidroenergetik qurilmalarga nisbatan anchagina katta. Masalan, Avstriyada joylashgan Reyssek-Kreysek GES-GAESning nabori 1772 metrni tashkil qiladi.



**4.1-rasm. Sof GAES sxemasi.**

GAESlarning asosiy sxemalari. Yuqorida taʼkidlangandek qurilmalar turi boʻyicha GAES sof, GES-GAES, GES-NS kabi sxemalarga ega boʻlishi mumkin.

Sof GAES yoki buni oddiy akkumulyatsiyalash ham deb ataladi (4.1-rasm).



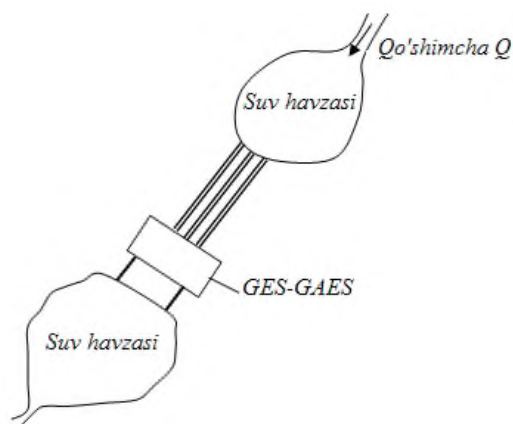
Bu sxema eng keng tarqalgan sxema bo'lib, qurilmada suv aylanish unda o'rnatilgan nasoslar yordamida yuqori havzaga haydab berilishi va undan turbinalar orqali quyi havzaga berilishi orqali amalga oshiriladi.

Bu sxemaning o'ziga xos xususiyatlardan biri yuqori havzaga boshqa manbadan suv berilmasligidir. Bug'lanish, fil'trasiyaga sarf bo'ladigan kichikroq suv hajmi quyi b'yefda to'ldiriladi.

GES-GAES sxemasi bo'yicha GAES binosida odatdagi agregatlarda tashqari GES rejimida qo'shimcha energiya ishlab chiqaradigan turbinalar o'rnatiladi. Bu turbinalar yuqori suv havzasiga oqib keladigan qo'shimcha suv miqdori hisobiga ishlaydi (4.2-rasm).

GES-NS sxemasida an'anaviy ikki suv havzasidan tashqari uchinchi suv havzasi ham energiya ishlab chiqarishda qatnashadi. Buning uchun yuqori suv havzasidan ma'lum miqdordagi suv NS yordamida yanada yuqorida joylashgan uchinchi havzaga beriladi. Natijada quyi havza oldida joylashgan GES uchun qo'shimcha oshirilgan napor  $H$  hosil qilinadi (4.3-rasm).

GAESning asosiy parametrlari sifatida uning naporini, quvvatini, sutkalik ishlab chiqarilgan elektr energiya miqdori foydali ish koeffitsientini ko'rsatish mumkin.



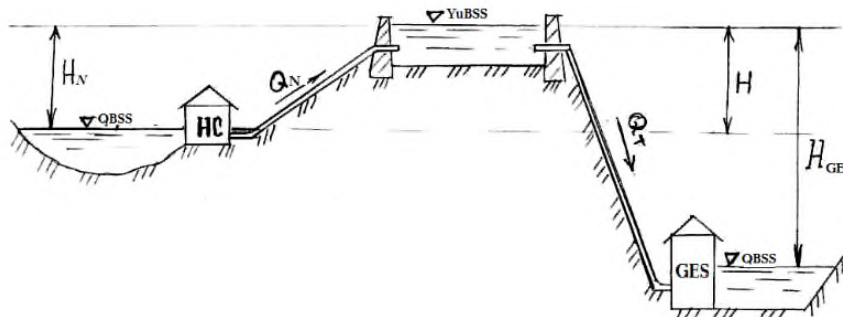
4.2-rasm. GES – GAES sxemasi.

#### 4.2. GAESning asosiy parametrlari

**GAES nabori.** Yuqori b'yef suv sathi bilan quyi b'yef suv sathi orasidagi farq geometrik napor deb ataladi. GAESning to'la nabori uning geometrik napor deb

ataladi. GAES ning to‘la nabori uning geometrik nabori bilan quvurlaridagi nabor yo‘qolish qiymatiga bog‘liq. To‘la nabor qiymati nasos rejimida turbina rejimidagi qiymatga qaraganda katta, ya‘ni  $H_N \geq H_{tur}$ .

Buning sababi nasos stansiya va GAES to‘la naborini aniqlash formulalaridan bilib olish mumkin,  $H_N = H^G + \sum \Delta h_k$  va  $H_{TUR} = H^G - \sum \Delta h_k$ .



4.3-rasm. GES-NS sxemasi.

**GAES quvvati.** Quvvat qiymati agregatdan o‘tayotgan suv sarfi va nabor qiymatiga bog‘liq. Kechasi T vaqt ichida  $Q_N$  suv sarfi bilan nasos agregatlari ishlaydi va  $N_{N,R}$  quvvati iste‘mol qiladi. Kunduz kuni tig‘iz paytlarda turbina  $N_{T,R}$  quvvatga ega bo‘ladi.

$$N_{N,RP} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_N \cdot H_N}{\eta_{NR}}; \quad \text{Vt} \quad (4.1)$$

bu yerda

$\eta_{N,R}$  – nasos rejimdagi GAES FIK.

GAES da ta‘kidlanganidek  $Q_N = (0,75 \dots 0,8) Q_T$ , nabor qiymatlari esa yuqorida ko‘rsatilganidek.  $H_N \geq H_T$

Shu sababli ikkala rejimda quvvat qiymatlari har xil bo‘ladi.

$$N_{TR} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_T \cdot H_T}{\eta_{TR}}; \quad (4.2)$$

bu yerda

$\eta_{T,R}$  – turbina rejimidagi FIK.

GAESning sutkalik ishlab chiqaradigan energiyasi miqdori quyidagi tartibda aniqlanadi:

$$E_{T,R} = N_T \cdot T_T = \frac{V \cdot H_T \cdot \eta_{TP}}{367}; \quad \text{kVt. soat} \quad (4.3)$$

bu yerda

$V$  – yuqori havzadagi turbina rejimida ishlatiladigan suv hajmi,  $m^3$ .

$N_T$  – turbina o‘rtacha napori, m.

$\eta_{T,R}$  – turbina rejimdagi FIK.

$N_T$  – GAESning turbina rejimidagi o‘rnatilgan quvvati, kVt.

$T_T$  – GAESning elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun bir sutkada sarflangan vaqti, soat, [12] da  $\eta_{T,R} = 0,86...0,87$  ga  $T_T = 3...5$  soatga tengligi ko‘rsatib o‘tiladi.

GAES foydali ish koeffitsiyenti. GAES FIK ishlab chiqariladigan va iste‘mol qilinadigan elektr energiyalari qiymatlariga bog‘liq holda aniqlanadi.

$$\eta = \frac{\partial_{TR}}{\partial_{NR}}; \quad (4.4)$$

bu yerda

$E_{N,R}$  – nasos rejimidagi iste‘mol qilinadigan elektr energiyasi, [kVt. Soat]

$$E_{N,R} = N_H \cdot T_N = \frac{V \cdot H_N}{367 \cdot \eta_{N,R}}; \quad (4.5)$$

bu yerda

$N_H$  – GAESning nasos rejimidagi o‘rnatilgan quvvati, kVt

$T_n$  – GAESning nasos rejimida bir sutkada ishlagan vaqti, soat

Hozirgi zamon yirik GAESlarida FIK qiymati 75 - 78% ni tashkil qiladi GAES FIK ko‘pgina boshqa faktorlarga ham bog‘liq, shu sababli uning qiymatini umumiy holda quyidagicha topish mumkin:

$$\eta_{GAES} = \eta_T \cdot \eta_N \cdot \eta_{GEN} \cdot \eta_{ED} \cdot \eta_{Sh.Z} \cdot \eta_K \cdot \eta_{YU.V.L.} \quad (4.6)$$

bu yerda

$\eta_T$  – turbina FIK;

$\eta_N$  – nasos FIK;

$\eta_{GER}$  – generator FIK.

$\eta_{EL}$  – elektrodvigatel FIK;

$\eta_{T,Z}$  – shaxsiy zaruriyatlar FIK;

$\eta_K$  – quvurlar FIK;

$\eta_{YU.V.L.}$  – yuqori vol‘tli liniya FIK.

### 4.3. Kichik quvvatli GES, ularning turlari, jihozlari va binosining tuzilishi

Jahonning ko'pgina mamlakatlarida keyingi paytda kichik quvvatli GESlarga e'tibor kuchayib ketdi. Buning asosiy sabablari sifatida quyidagilarni keltirsa bo'ladi:

- elektr stansiyalardan uzoqda joylashgan, borish qiyin bo'lgan joylarda lokal, mahalliy energiya ta'minotini yo'lga qo'yishning afzalligi;
- kichik quvvatli GES larni qurishning nisbatan yengilligi, arzonligi;
- kichik quvvatli GES larni faoliyat ko'rsatayotgan gidrotexnik inshootlarga kam xarajat sarf qilib o'rnatish mumkinligi;
- energiya resurslari bozorida markazlashgan holda beriladigan energiya bahosining oshib borishi.

Respublikamizda ham kichik quvvatli GES larni barpo qilishga keyingi yillarda e'tibor berilmoqda, hozirgi kunda kichik gidroenergetik resurslar va ularni o'zlashtirish bo'yicha hukumatning bir qator dastur va qarorlari qabul qilingan.

Kichik quvvatli GESlar quyidagi turlarga bo'linadi:

- a) mikro GES lar. Ularning quvvati 0,1 MVt gacha;
- b) mini GES lar. Ularning quvvati 0,1 – 2 MVt;
- v) kichik GES lar. Ularning quvvati 10 MVt gacha (bu quvvat qiymatlari bir agregat uchun berilgan).

Kichik GESlar napor bo'yicha ham turlarga bo'linadi:

- a) past naporli  $H = 20$  metrgacha;
- b) o'rta naporli  $H = 20 - 100$  m;
- v) yuqori naporli  $H > 100$  m.

Hozirgi paytda kichik GESlarda o'rnatilayotgan turbinalar quyidagi ko'rsatkichlarga ega:

Napor – 2 – 400 m

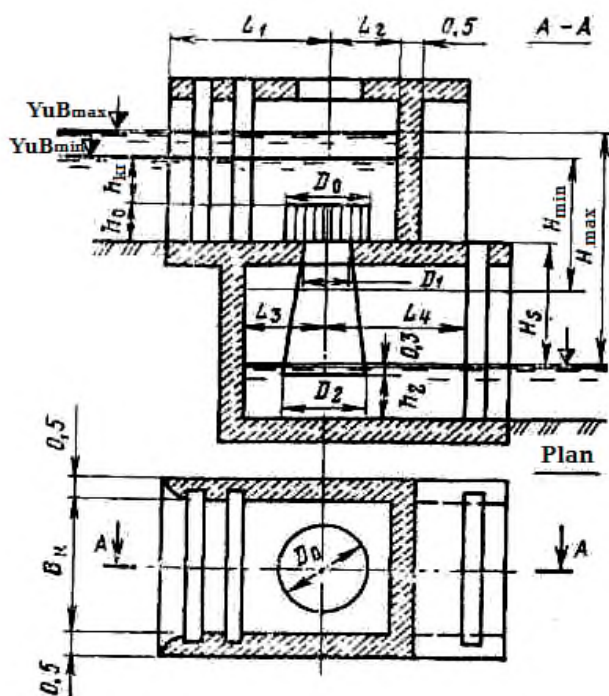
Quvvati – 10 – 8000 kVt

Ishchi g'ildirak diametri –  $D_1 = 0,2 - 2,0$  m

Kichik GESlarni foydalanilayotgan irrigatsiya inshootlariga o‘rnatish ancha qulay. Chunki kichik GESlar binolari murakkab emas, katta qurilish ishlarini talab qilmaydi.

O‘zanda joylashgan GES binolari uchun ishchi g‘ildirak diametri  $D_1 = 0,5\text{m}$  bo‘lgan radial-o‘qiy turbinali binoni tavsiya qilish mumkin (4.4-rasm).

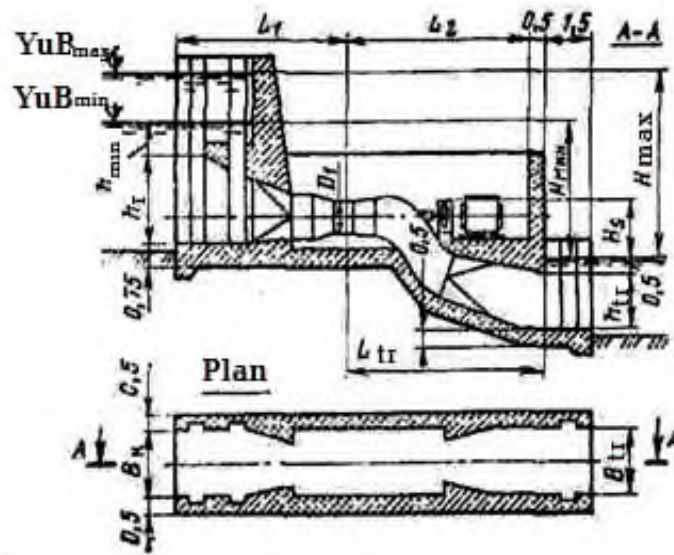
Shunday turbinani  $H = 2 - 4\text{ m}$  bo‘lgan hollarda qabul qilish maqsadga muvofiqdir. Bu konstruksiyada turbina kamerasi ochiq, so‘rish quvuri esa to‘g‘ri o‘qiy konussimon shaklga ega, turbina esa vertikal holatda joylashgan. Napor qiymati  $2 - 6\text{ m}$  bo‘lgan inshootlarda ham diametri  $D_1 = 1\text{ m}$  bo‘lgan ochiq turbina kamerasiga va konussimon to‘g‘ri so‘rish quvuriga ega bo‘lgan vertikal agregatlarni qo‘llasa bo‘ladi, shu bilan bir qatorda S shakldagi so‘rish quvuriga ega bo‘lgan gorizontal o‘qiy agregatlarni tanlash maqsadga muvofiqdir (4.5-rasm).



**4.4-rasm. O‘zanda joylashgan kichik GES binosi:**

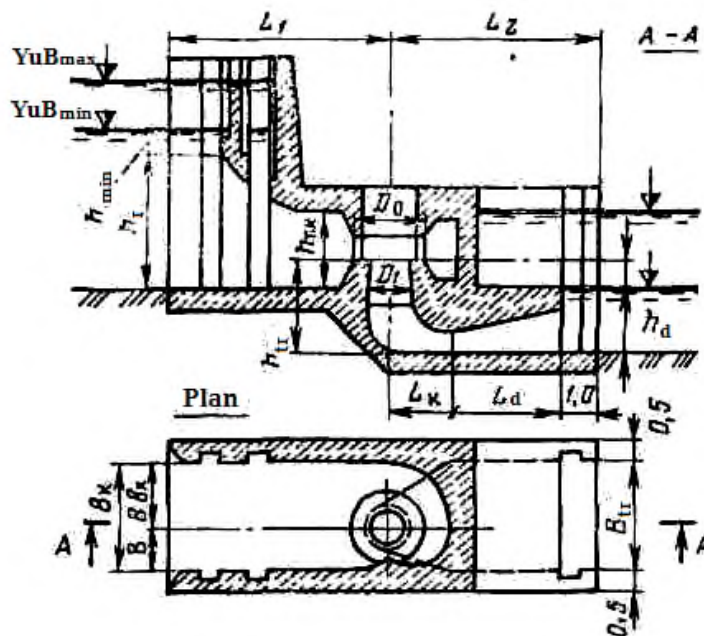
$$L_1 = (3,5 - 4,0)D_1; \quad L_2 = 1,5 \cdot D_1; \quad L_3 = (1,5 - 2,0)D_1; \quad L_4 = (3,5 - 4,0) D_1; \quad h_{kp} = 1,2 \cdot D_1; \quad h_0 = 0,9 \cdot D_1; \quad h_2 = D_1; \quad D_0 = 1,8 \cdot D_1; \quad B_k = 3 \cdot D_1.$$

Ishchi g‘ildirak diametri  $D_1 = 1,0\text{ m}$  ga teng turbinalarni bundan tashqari napor qiymati  $6 - 10\text{ m}$  ga teng bo‘lgan spiral turbina kamerali, egilgan so‘rish quvurli va vertikal agregatli GES binolarida o‘rnatish mumkin (4.6-rasm).



4.5-rasm. Gorizontali turbinali o‘zanda joylashgan kichik GES binosi:

$$L_1 = (5 - 6) D_1; L_2 = (6 - 7) D_1; L_{tr} = (6 - 6,5) D_1; h_{min} = D_1; h_p = (2,5 - 3,0) D_1; h_{tr} = (1,5 - 2,0) D_1; B_k = B_{tr} = 2 D_1.$$



4.6-rasm. O‘zanda joylashgan kichik GES binosi:

$$L_1 = (5 - 6) D_1; L_2 = (5 - 6) D_1; L_k = (1,5 - 1,8) D_1; L_d = (2,5 - 3,0) D_1; h_{min} = 0,75 D_1; h_p = 3 \cdot D_1; h_{tk} = (1,8 - 2,0) D_1; h_{tr} = (2,0 - 2,5) D_1; h_d = (1,2 - 1,4) D_1; B_k = B_{tr} = (2,8 - 3,0) \cdot D_1; B_{vx} = 1,7 \cdot D_1.$$

Ishchi g‘ildirak diametri 2,0 – 3,0 metr, napor qiymati 4 – 12 m bo‘lganda beton kam sarf bo‘lishi jihatidan shubhasiz eng yaxshi variantlardan biri gorizontali to‘g‘ri o‘qiy va kapsulali agregatlar bilan jihozlangan GES binolaridir. Lekin bu

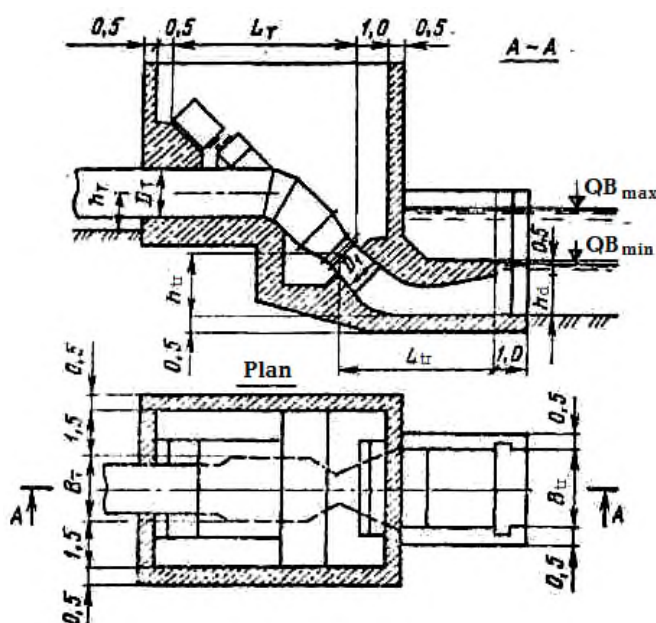
binolarda metall ko'p sarf bo'lishini, agregatlarni ishlatish ancha murakkabligini hisobga olib, ushbu sharoitlar uchun 4.5-rasmdagi variant tavsiya etiladi.

Napor qiymatlari 10 – 15 m ni tashkil qilsa, birinchi navbatda 4.6-rasmda keltirilgan variantni ko'rib chiqish o'rinlidir.

Katta naporlarda o'rnatiladigan turbinalar o'lchamlari kichrayadi. 10 – 30 m naporlarda ishchi g'ildirak diametri  $D_1 = 0,5$  m bo'lgan o'qiy vertikal va burchak ostida joylashgan turbinalarni kojuxli frontal suv berish kamerasi va egilgan so'rish quvuri bilan o'rnatish maqsadga muvofiqdir (4.7-rasm) .

Naporning shu qiymatlariga, ya'ni  $H = 10 - 30$  m ga xuddi shunday, lekin ishchi g'ildiragi diametri  $D_1 = 1,5$  m bo'lganda o'qiy gidroturbinalar ham to'g'ri keladi. To'g'onli GESlar uchun napor diapazoni 50 – 150 m bo'lganda diametri  $D_1=0,5$  m bo'lgan gorizonta radial – o'qiy turbinalarni qo'llash talablarga javob beradi (4.8-rasm).

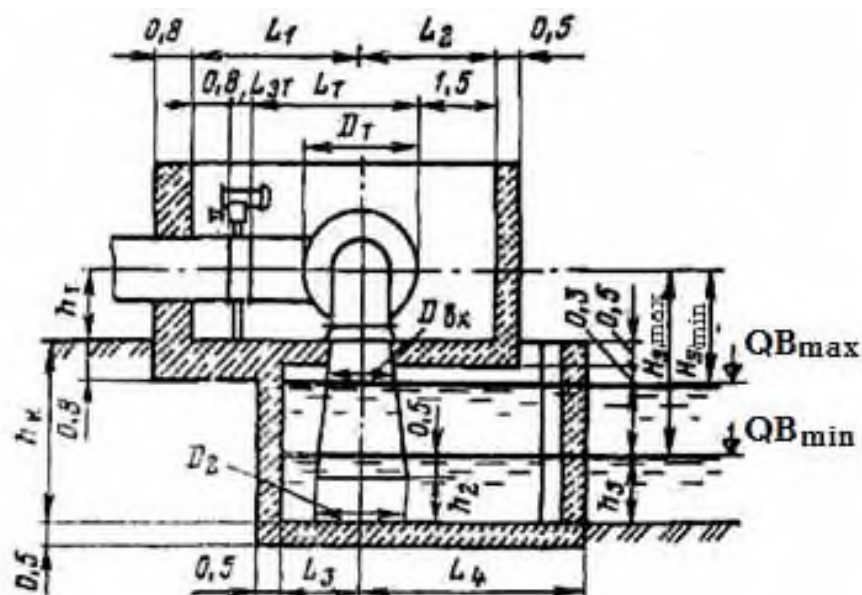
Bu holda turbina metall kojuxli kameraga va to'g'ri o'qiy konussimon so'rish quvuriga ega bo'ladi.



**4.7-rasm. Egilgan o'qiy turbinali kichik GES binosi:**

$$L_t = 6,0 \cdot D_1; \quad L_{tr} = 5 \cdot D_1; \quad h_{tr} = 2 \cdot D_1; \quad h_d = (1,2-1,4) D_1; \quad B_T = 2 \cdot D_1; \quad B_{TP} = (2,5 - 3,0) D_1.$$

Napor yanada yuqori qiymatlarga ega bo'lsa, ya'ni  $H=100 - 400$  m ga teng bo'lganda ham GES binosida gorizonta radial-o'qiy ( $D_1 = 0,5$  m) turbinalarni qo'llash o'rinlidir.

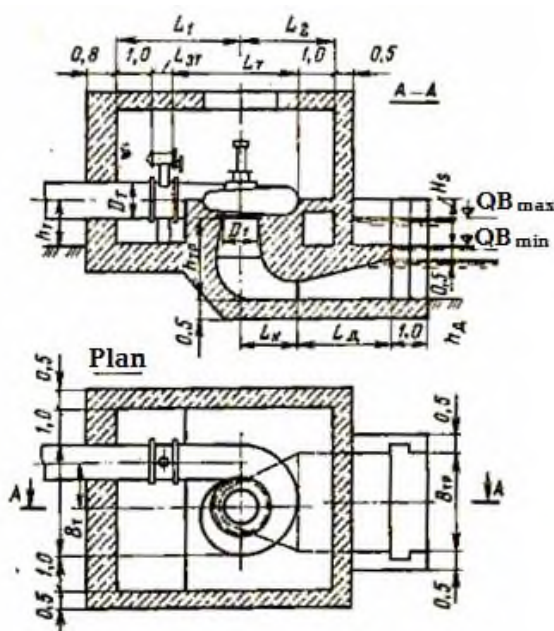


**4.8-rasm. To‘g‘onli kichik GES binosi:**

$$L_1 = (3,5 - 4,0) D_1; \quad L_2 = 3 \cdot D_1; \quad L_T = (3,5 - 4,0) D_1; \quad D_T = 2,5 \cdot D_1; \quad D_{ox} = 1,4 \cdot D_1;$$

Pastki kamera o‘lchamlari 4.4-rasmdagi o‘lchamlar kabi olinadi.

Bunda turbina metall spiral kamera va konussimon gorizontol so‘rish quvuri bilan jihozlanadi (4.9-rasm).

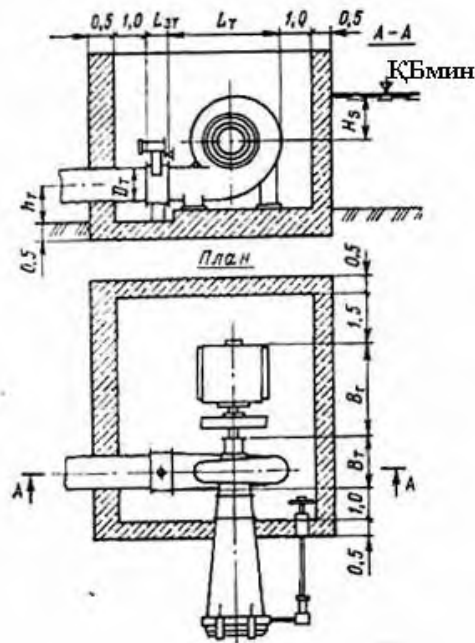


**4.9-rasm. Gorizontol radial-o‘qiy turbinali kichik GES binosi:**

$$L_t = 3,5 \cdot D_1; \quad B_t = 1,5 \cdot D_1$$

Har qanday napor qiymatlarida vertikal radial-o‘qiy turbina, metall spiral kamera va tirsaksimon so‘rish quvuri bilan jihozlangan GES binosini qo‘llash maqsadga muvofiqdir (4.10-rasm).





#### 4.10-rasm. Vertikal radial-o'qiy turbinali kichik GES binosi:

$$L_1 = (3,5 - 4,0)D_1; \quad L_2 = (2,5 - 3,0)D_1; \quad L_T = 3,5 \cdot D_1; \quad L_n = (1,5 - 2,0)D_1; \quad L_d = (2,5 - 3,0)D_1; \quad h_{TR} = (2,0 - 2,5)D_1; \quad h_d = (2,5 - 3,0)D_1; \quad B_T = (3,0 - 3,5)D_1; \quad B_{TR} = 3 \cdot D_1.$$

#### 4-mavzu bo'yicha nazorat savollari

1. GAESning asosiy vazifasini aytib bering.
2. GAESning qanday turlari bor?
3. GAESning asosiy sxemalarini ko'rsating.
4. GAESning asosiy parametrlari nimalardan iborat?
5. Qanday GESlar kichik quvvatli GESlar deyiladi?
6. Kichik quvvatli GESlar qanday turlarga bo'linadi?
7. Napor qiymati 10 – 30 m bo'lganda qanday GES jihozlari va binosini qo'llash maqsadga muvofiqdir?
8. Kichik GESlarda o'rnatiladigan agregatlar ishchi g'ildiragi diametri qanchagacha bo'lishi mumkin?

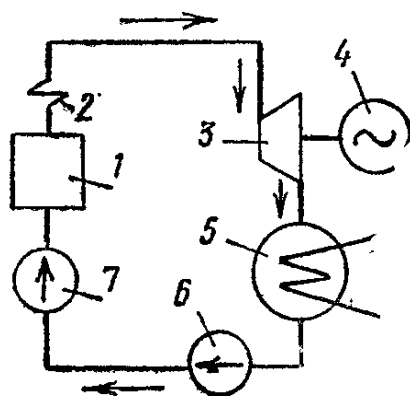
## 5- MAVZU. BUG‘ TURBINALARI REJA

1. Bug‘ - kuch qurilmasining nazariy sikli
2. Regenerativ siklli bug‘ – kuch qurilmasi
3. Binar siklli bug‘ – kuch qurilmasi
4. Teplofikatsion bug‘-kuch qurilmasi
5. Bug‘ turbinasi

### 5.1. Bug‘ - kuch qurilmasining nazariy sikli

Hozirgi vaqtda elektr energiyasining asosiy qismi (80% ga yaqini) bug‘ - kuch qurilmalarida ishlab chiqariladi, ularda ish jismi sifatida suyuq va bug‘ holatdagi suv ishlatiladi. Yoqilg‘ining yonishida hosil bo‘ladigan issiqlikni mexanikaviy ishga aylantiradigan qurilmalar yig‘indisi bug‘-kuch qurilmasi deyiladi.

Bug‘-kuch qurilmalari qozon agregati, bug‘ turbinasi, kondensator, nasos, elektr generator va boshqa yordamchi uskunalardan tashkil topgan. Bug‘-kuch qurilmalarida ishlatiladigan ish jismi – suv bug‘i parametrlarining o‘zgarishini qarab chiqamiz. Bug‘-kuch qurilmalarining nazariy sikli Renkin sikli hisoblanadi (5.1-rasm). Bunday siklni XIX asrning 50 – yillarida shotlandiyalik muhandis va fizik U.Renkin hamda R.Klauziuslar qariyb bir vaqtda taklif etdilar; odatda bu siklni Renkin sikli deb ataydilar.



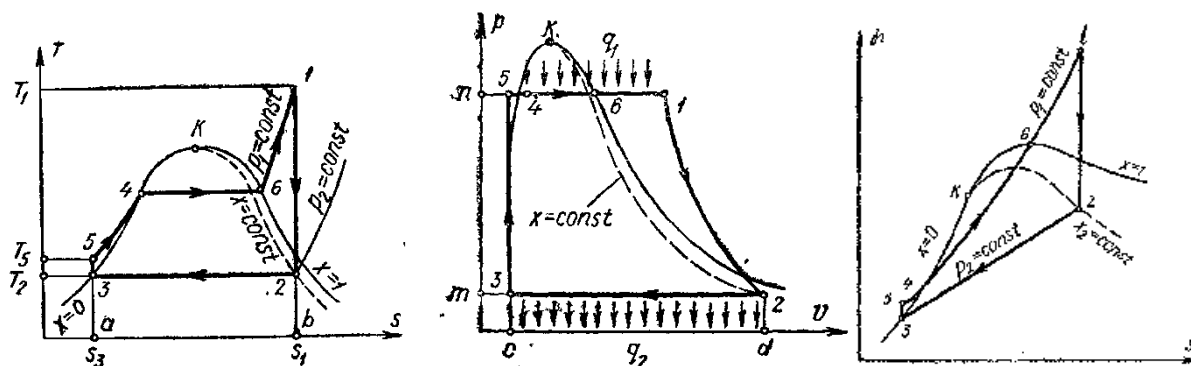
### 5.1-rasm. Bug‘-kuch qurilmasining elementar sxemasi

Bug‘ qozoni 1ga issiqlik keltiriladi. Qozondagi suv isiydi va to‘yingan nam bug‘ga aylanadi. Bug‘ bug‘ qizdirgich 2 ga o‘tadi va yerda belgilangan temperaturagacha qiziydi. Yuqori bosim va temperaturadagi qizdirilgan bug‘ turbina

3 ga yuboriladi, bu yerda u kengayib ish bajaradi. Mexanik ish generator 4 ning valiga uzatiladi. Ishlab bo‘lgan bug‘ esa turbinadan kondensator 5 ga o‘tib u yerda kondensatlanadi. So‘ngra kondensat nasosi 6 bilan ta‘minlash nasosi 7 kondensatning bosimini berilgan qiymatgacha oshirib, keyingi sikl uchun qozonga uzatib beradi.

Renkin sikli to‘rtta – ikkita izobarik va ikkita adiabatik jarayondan tarkib topadi. 2 – rasmda Renkin siklining  $Pv$ ,  $Ts$  va  $hs$  diagrammalari tasvirlangan.

Bu diagrammalarda ordinatadagi 1 va 2 nuqtalar orasidagi masofa turbina bajargan ishga, 2 va 3 nuqtalar orasida ish bajarib bo‘lgan bug‘, o‘zidagi qoldiq issiqlikni kondensator – sovitgichga berib kondensatsiyalanadi, 3 va 5 nuqtalar orasida kondensat nasosda siqiladi, 1 va 5 nuqtalar orasidagi masofa siklda bajarilgan issiqlik  $q_1$  ga mos keladi.



5.2 – rasm. Renkin siklining  $Pv$ ,  $Ts$  va  $hs$  diagrammasi

Siklda ish jismiga, beriladigan issiqlik miqdori ( $q_1$ )  $Ts$  diagrammada a–3-5-4-6-1-v-s yuza bilan tasvirlanadi. Sikldan olinadigan issiqlik ( $q_2$ ) a – 3-2-v-a yuzaga, sikl ishi esa  $Pv$  diagrammada 3-5-4-6-1-2-3 yuzaga ekvivalent.

Renkin siklida issiqlik berish va olish jarayonlari izobaralar bo‘yicha amalga oshirilishi, izobarik jarayonda esa berilgan (olingan) issiqlik miqdori ish jismining jarayon boshi va oxiridagi entalpiyalari ayirmasiga teng bo‘lishi tufayli, Renkin sikliga tadbiquan quyidagilarni yozish mumkin:

$$q_1 = h_1 - h_5 \quad (5.1)$$

va

$$q_2 = h_2 - h_3 \quad (5.2)$$

Bu yerda  $h_1$  o'ta qizigan suv bug'ining qozondan chiqishdagi entalpiyasi ( $p_1$  bosim va  $T_1$  temperaturada);  $h_5$  – suvning qozonga kirishdagi, ya'ni nasosdan chiqishdagi entalpiyasi ( $p_1$  bosim va  $T_5$  temperaturada);  $h_2$  – nam bug'ning turbinadan chiqishdagi, ya'ni kondensatorga kirishidagi entalpiyasi (bu entalpiya  $p_2$  bosim bilan qat'iy aniqlanadigan to'yinish temperaturasi  $T_2$  da suvning to'yinish chizig'idagi entalpiyasiga teng). 1 kg bug'ning sikl davomida bajargan foydali ishi  $l_{\text{foy}}$  bug'ning turbinaga kirishdagi  $h_1$  va undan chiqishdagi  $h_2$  entalpiyalarning farqiga teng:

$$l_{\text{foy}} = h_1 - h_2 \quad (5.3)$$

Umumiy ta'rifga ko'ra, har qanday siklning termik F.I.K.  $\eta_t$  foydalanilgan issiqlik  $q_1 - q_2$  ning keltirilgan issiqlik  $q_1$  ga nisbatiga teng:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{l_{\text{foi}}}{q_1} \quad (5.4)$$

Renkin siklining F.I.K. ushbu ifodadan aniqlanadi:

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_5) - (h_2 - h_3)}{h_1 - h_5} \quad (5.5)$$

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\eta_t = \frac{(h_1 - h_5) - (h_5 - h_3)}{h_1 - h_5} \quad (5.6)$$

Nasos bajargan ish  $(h_5 - h_3)$  turbinada bajarilgan ishga  $(h_1 - h_2)$  nisbatan juda kichik bo'lishi tufayli, uni nazarga olinmasa, ya'ni  $h_3 \approx h_5$  bo'ladi desak, u holda (5.6) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$\eta_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3} \quad (5.7)$$

Bu munosabatdan past bosimli bug' – kuch qurilmalar siklini taxminan hisoblashda foydalanish mumkin. Yuqori bosimli qurilmalarda nasos ishi kattaligini nazarga olmasdan bo'lmaydi. Foydali ish birligi olish uchun turbina orqali muayyan miqdorda bug' o'tkazish kerak; bug'ning shu miqdori bug'ning solishtirma sarfi deyiladi va  $d_0$  harfi bilan belgilanadi (kg/J):

$$d_0 = \frac{1}{h_1 - h_2} \quad (5.8)$$

Barcha bug'-kuch qurilmalari, asosan elektr energiyasi ishlab chiqarishga mo'ljallangan bo'ladi, shuning uchun bug'ning solishtirma sarfi  $d_0$  elektr energiyasi birligiga to'g'ri keladigan birliklarda o'lchanadi. Agar entalpiyalar farqi  $h_1-h_2$  kJ/kg larda ifodalansa, u holda  $d_0$  kg/(kVt·soat) bilan ifodalanadi.  $1 \text{ kVt}\cdot\text{soat} = 3600 \text{ kJ}$  ekanligini hisobga olib, (5.8) formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$d_0 = \frac{3600}{h_1 - h_2} \text{ kg}/(\text{kVt}\cdot\text{soat})$$

Muayyan quvvatda bug'ning nisbiy sarfi qanchalik kam bo'lsa, bug'-kuch siklining F.I.K. shunchalik katta bo'ladi. Zamonaviy bug'-kuch qurilmalari o'ta murakkab bo'lishiga qaramasdan F.I.K. 90-98% ni tashkil qiladi. Renkin sikli termik F.I.K.ning kattaligi suv bug'i parametrlariga qanday bog'liqligini aniqlaymiz. Tadqiqotlar natijasida Renkin siklining F.I.K. quyidagi hollarda ortishi aniqlangan:  $p_1$  bosim ortsa,  $p_2$  bosim kamaysa va bug'ning o'ta qizish temperaturasi  $T_1$  ortsa. Bug'-kuch qurilmalarining F.I.K. ortishi tufayli ko'p miqdorda yoqilg'i tejaladi. Masalan, quvvati 50 ming kVt bo'lgan bug'-kuch qurilmasining F.I.K. 1%ga ortsa, har soatda 250 kg shartli yoqilg'i tejaladi.

5.1- jadvaldan ko'rinish turibdiki,  $t_1$  va  $p_1$  o'zgarmas bo'lib, boshlang'ich bosim  $p_1$  ortsa, Renkin siklining termik F.I.K. ortadi. Lekin  $p_1$  bosimni ortishi natijasida kengayish oxirida bug'ning namligi ortadi.

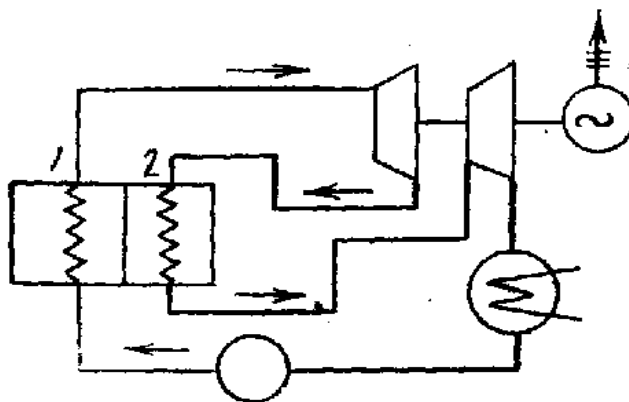
### $\eta_T$ ning $P_1, T_1, P_2$ larga bog'liqligi

5.1 – jadval

$P_1, \text{MPa}$	$\eta_t, \%$	$t_1, ^\circ\text{S}$	$\eta_t, \%$	$P_2, \text{MPa}$	$\eta_t, \%$
1,5	34	300	37,4	0,004	38,9
2,5	36,9	350	38	0,01	36,3
5	38,9	400	38,9	0,08	29,6
7,5	40,5	450	39,5	0,12	27,8
10	41,5	500	40,2	0,2	25,5
12,5	42	550	40,8	0,3	22,3
$t_1=400^\circ\text{C}; P_2=0,004\text{MPa}$		$P_1=5\text{MPa}; P_2=0,004\text{MPa}$		$P_1=5\text{MPa}; t_1=400^\circ\text{S}$	

Namligi yuqori bo'lgan bug' turbina parraklarini tez ishdan chiqaradi. Namlikning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan me'yordan (10% gacha) ortib ketmasligi uchun bug' oraliq bosqichda qizdiriladi. Bug' turbinada qisman

kengaygandan keyin bug‘ qizdirgichga beriladi, bu yerda u qaytadan o‘ta qizigan bug‘ holatiga o‘tdi. Shundan keyin u bug‘ turbinaning oxirgi bosqichlariga yuboriladi. Bug‘ni oraliq bosqichda qizdirish termik F.I.K. ni qisman ko‘payishiga va turbina parraklari ishlash muddatining uzayishiga olib keladi. 5.3- rasmda bug‘ni oraliq bosqichda qizdirishning oddiy sxemasi keltirilgan.



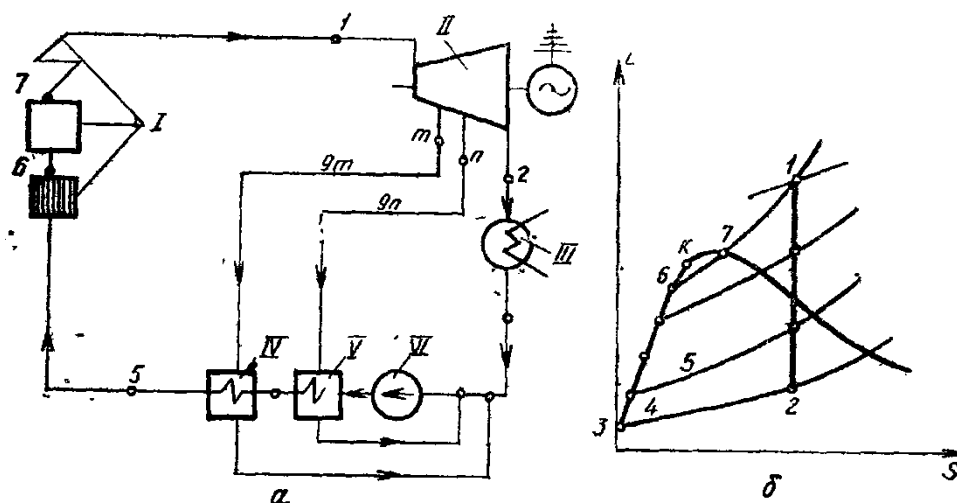
**5.3- rasm. Bug‘ni oraliq bosqichda qizdiriladigan bug‘-kuch qurilmasining sxemasi**

Oraliq bug‘ qizdirgich 2 qozon agregatining gaz yo‘llariga, odatda, asosiy bug‘ qizdirgich 1 dan keyin o‘rnatiladi. Bug‘ qizdirgich 2 dagi bug‘ qizigan gazlar ta’sirida deyarli boshlang‘ich temperaturasi gacha isiydi va turbinaning oxirgi bosqichlariga o‘tadi.  $p_1$  va  $p_2$  o‘zgarmasdan bug‘ning boshlang‘ich temperaturasi  $t_1$  ko‘tarilishi bilan temperatura tushishi ko‘payadi va natijada  $\eta_t$  ortadi (1-jadvalga qarang), bug‘ning namligi esa, kamayadi. Bug‘ning turbinadan chiqishdagi bosimi  $p_2$  qanchalik past bo‘lsa, bug‘ bajargan ish shunchalik ko‘p va qurilmaning termik F.I.K. katta bo‘ladi. Lekin  $p_2$  bosim kondensatordagi sovituvchi suvning temperaturasi bilan aniqlanadi. Suvning yillik o‘rtacha temperaturasini 10-15<sup>0</sup> S dan past temperaturagacha sovitadigan tabiiy sovitgichlar yo‘qligi sababli,  $p_2$  ni juda kamaytirish yo‘li bilan siklning F.I.K.ni oshirish amalda mumkin emas.

### **5.2. Regenerativ siklli bug‘ – kuch qurilmasi**

Issqlik texnikasida regeneratsiya so‘zi chiqib ketayotgan issiqlikning bir qismini issiqlik qurilmasida yana ishlatish uchun qaytarish ma’nosini bildiradi.

Kondensatordan qozonga o'tadigan kondensatni isitish, ta'minlash suvini regenerativ isitish deyiladi. 5.4-rasmda ta'minlash suvi regenerativ isitiladigan bug'-kuch qurilmasining sxemasi va uning  $h_s$  diagrammasi keltirilgan.



**5.4-rasm.Regeneratsiya siklli bug'-kuch qurilmasi va uning  $h_s$ -diagrammasi:**

*I – qozon qurilmasi; II- bug' turbinasi; III- kondensator; IV-kondensat nasosi; V va VI- regeneratsiya qurilmalari*

Ta'minlash suvini (kondensatni) isitish uchun uning yo'liga regenerativ isitgich V va VI lar o'rnatilgan. Issiqlik tashuvchi sifatida turbinaning oraliq bosqichlaridan bug'ning bir qismi olinadi, ya'ni to'liq ishlamagan bug' olinadi va isitgichga yuboriladi. Issiq bug' bilan isitilgan kondensat ta'minlash nasosi IV bilan qozonga uzatiladi. Bug'ning boshlang'ich parametrlari  $p_1, t_1$  ga qarab, kondensatning temperaturasi  $145-245^{\circ} S$  ga yetkaziladi. Ta'minlash suvini regenerativ isitish natijasida siklning termik F.I.K. 10-14 % ga ortadi. Bug'ning boshlang'ich parametrlari qanchalik ortsa, shunchalik ko'p yoqilg'i tejaladi. Necha joydan va qaerdan bug' olinishi hamda shunga muvofiq holda isitgichlarning soni hisoblash yo'li bilan aniqlanadi. Tajribalarning ko'rsatishicha, suvni regenerativ isitish bosqichlari soni oshganda siklning F.I.K. ortadi. Zamonaviy, yuqori parametrli bug' turbinalari qurilmalarida regenerativ isitish bosqichlari soni o'ntaga yetadi.

5.4-rasmda tasvirlangan bug' ikki marta olinadigan bug'-kuch qurilmasining F.I.K. ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta_t = \frac{A}{q_1} = \frac{(h_1 - h'_m - h''_n - h_2 g)}{(h_1 - h_{t.c.})} \quad (5.9)$$

bu yerda

$h_1$ - turbinaga kirayotgan bug' entalpiyasi;

$h'$ ,  $g_m$ - birinchi isitgichga kelayotgan bug' entalpiyasi va miqdori;

$h''$ ,  $g_n$  – ikkinchi isitgichga kelayotgan bug' entalpiyasi va miqdori;

$h_2$ ,  $g$  - kondensatorga kelayotgan bug' entalpiyasi va miqdori;

$h_{t.s.}$  – ta'minlash suvi entalpiyasi.

Bug'ning solishtirma sarfi quyidagicha bo'ladi:

$$d_0 = \frac{1}{l} = \frac{1}{(h_1 - h'_m - h''_n - h_2 g)} \quad (5.10)$$

### 5.3. Binar siklli bug' – kuch qurilmasi

Bug' – kuch qurilmasida ishchi jism sifatida suvning jiddiy kamchiligi shundan iboratki, suvning kritik temperaturasi nisbatan katta bo'lmagan holda ( $t_{kr}=374,15^0$  S), kritik bosimi ancha yuqoridir ( $p_{kr}=221,15$  bar).

Shu sababli siklning termik F.I.K. ni oshirish uchun, bug'ning boshlang'ich temperaturasini yuqori boshlang'ich bosim bilan birgalikda ko'tarish lozim bo'ladi, bunga esa, qo'llanilayotgan o'tga chidamli materiallar bardosh bera olmaydi.

Agar, suvga nisbatan o'rtacha bosimda kritik temperaturasi yuqori bo'lgan ishchi jismni topish mumkin bo'lganda edi, Renkin siklini F.I.K.ni oshirish mumkin bo'lar edi. U holda siklga issiqlik keltirishni, izotermik jarayonda yuqori temperaturada va past bosimlarda amalga oshirish mumkin bo'lar edi. Shu bilan birgalikda past temperaturalar sohasida ishchi jismning to'yinish bosimi juda ham kichik bo'lmasligi lozim. Afsuski, hozirgi vaqtda bu shartlarning yetarli darajada qoniqtiradigan ish jismi ma'lum emas. Zamonaviy issiqlik energetikasida eng ko'p tarqalgan ish jismi – suv, siklning past temperaturali qismi uchun juda mos ishchi jism bo'ladi. Lekin, yuqorida aytib o'tilganidek, suvning kritik temperaturasi nisbatan pastligi tufayli, siklning yuqori temperaturali qismi uchun u mos kelmaydi.

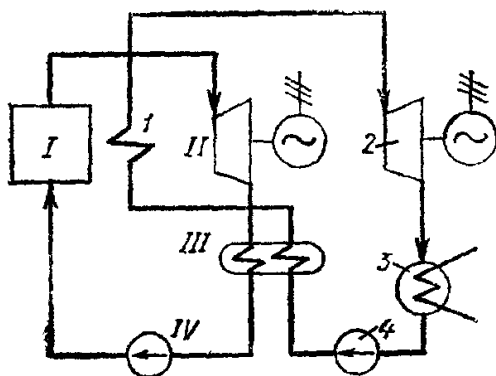
Boshqa ish jismlariga boshqacha kamchiliklar xos bo'ladi. Masalan, simob yuqori temperaturada past to'yinish bosimiga va yuqori kritik parametrlarga ega



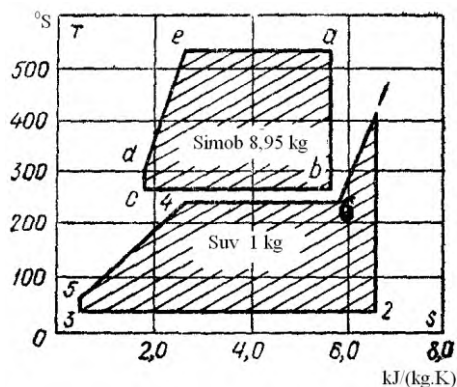
bo‘ladi:  $P_{kr} = 151 \text{ MPa}$ ,  $t_{kr} = 1490 \text{ }^{\circ}\text{S}$ ; masalan  $557 \text{ }^{\circ}\text{S}$  da to‘yinish bosimi atigi 15 barni tashkil etadi. Lekin boshqa tomondan olganda, atrof muhit temperaturasi yaqin temperaturada simobning to‘yinish bosimi juda past:  $t = 300 \text{ }^{\circ}\text{S}$  da  $P = 0,36 \text{ Pa}$ . Odatda bug‘ turbinalari kondensatorida qo‘llaniladigan bosim uchun ( $P \cong 4 \text{ Pa}$ ) simobning juda ham katta temperaturasi ( $t \cong 217,1 \text{ }^{\circ}\text{S}$ ) mos keladi. Pastki temperaturasi shunchalik katta bo‘lgan siklning termik F.I.K. katta bo‘lmaydi.

Shunday qilib, simob ish jismi sifatida siklning yuqori (yuqori temperaturali) qismi uchun yaxshi, pastki qismi uchun qoniqarsiz bo‘ladi. Hozirgi vaqtda siklning barcha temperaturali intervalida aytib o‘tilgan talablarni qoniqtiradigan ish jismlari bo‘lmagani uchun, siklni ikkita ish jismi o‘zaro uyg‘unligidan foydalanib amalga oshirish mumkin; bu ikkita ish jismining har qaysisi eng ko‘p afzalliklarga ega bo‘lgan temperaturalar sohasida qo‘llaniladi. Bunday turdagi sikllar binar sikllar deb aytiladi. Binar simob – suv sikli amalga oshiriladigan bug‘ kuch qurilmasining sxemasi 5.5 – rasmda va  $T_s$  – diagrammasi 5.6 – rasmda ko‘rsatilgan.

Simob qozoni I da simobga issiqlik beriladi, simob bug‘lanadi va simobning to‘yingan quruq bug‘i  $p_1^s$  bosimda simob turbinasi II ga kiradi, bu yerda u turbina bilan birlashtirilgan elektr generatoriga beriladigan ishni bajaradi. Ish bajargan va  $p_n^s$  bosimga ega bo‘lgan simob bug‘i kondensator – bug‘latgich III ga yuboriladi, u yerda bug‘ kondensatsiyalanadi, so‘ngra esa suyuq simob nasos IV yordamida qozon I ga yuboriladi; simob bosimi nasosda  $p_2^s$  dan  $p_1^s$  gacha ortadi. Kondensator-bug‘latgich IAA dan iborat bo‘lib, kondensatsiyalanayotgan simob bug‘i o‘z issiqligini bu yerda sovituvchi suvga beradi. Bu issiqlik hisobiga kondensator – bug‘latgichdagi suv qaynash temperaturasi gacha isiydi va bug‘lanadi. To‘yingan quruq suv bug‘i bug‘ qizdirgich 1 ga yuboriladi. O‘ta qizigan suv bug‘i  $p_1^{suv}$  bosimda bug‘ turbinasi 2 ga kiradi. Ish bajargan suv bug‘i  $P_2^{suv}$  bosimda kondensator 3 da kondensatsiyalanadi, so‘ngra suv nasosi 4 yordamida kondensator – bug‘latgichga yuboriladi.



**5.5 – rasm. Binar simob-suv kuch qurilmasi sxemasi**



**5.6 – rasm. Binar simob-suv kuch qurilmasining Ts-diagrammasi**

Aytib o‘tish kerakki, siklda simob va suv sarflari turlicha bo‘ladi. Kondensator – bug‘latkichda 1kg suvni qaynaguncha isitish va so‘ngra bug‘latish uchun 8,95 kg kondesatsiyalanadigan simob bug‘idan issiqlik olinishi zarur. Ko‘rib chiqilayotgan siklning Ts diagrammasi 1kg suv va 8,95 kg simob uchun qurilgan (6-rasm). Bu yerda a v – simob turbinasidagi adiabatik jarayon; bs – kondensator-bug‘latgichda kondesatsiyalanayotgan simob bug‘idan issiqlik olish, sd – simob nasosidagi jarayon, yea – simob qozonida simobga izobarik issiqlik berish jarayoni.

Binar siklining termik F.I.K.:

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{L_s + L_{suv}}{Q_1} = \frac{m(h_8^s - h_7^s) + (h_1^{suv} - h_2^{suv})}{m(h_8^s - h_6^s) + (h_1^{suv} - h_5^{suv})} \quad (5.11)$$

bu yerda

$L_s$ -m kg simob bug‘ining ishi;

$L_{suv}$  – 1 kg suv bug‘ining ishi,

m-simobning aylanish karraligi (1kg suvga to‘g‘ri keladigan simob massasi, kg);

$h_8^s$ - simob qozonidan chiqqan simob bug‘i entalpiyasi;

$h_7^s$  – simob turbinasidan chiqqan simob bug‘i entalpiyasi;

$h_2^{suv}$  - turbinadan chiqqan suv bug‘i entalpiyasi;

$h_1^{suv}$  - bug‘ qizdirgichdan chiqqan o‘ta qizigan suv bug‘i entalpiyasi;

$h_6^s$  -kondensatordan chiqqan simob entalpiyasi;

$h_5^{suv}$  – qozondan chiqayotgan to‘yingan suv bug‘i entalpiyasi.

Simobni aylanish karraligi  $m$  ni kondensator-bug‘latgichning issiqlik balansidan aniqlaymiz

$$m=(h_5^{\text{suv}} - h_3^{\text{suv}})/(h_7 - h_6), \quad (5.12)$$

bu yerda

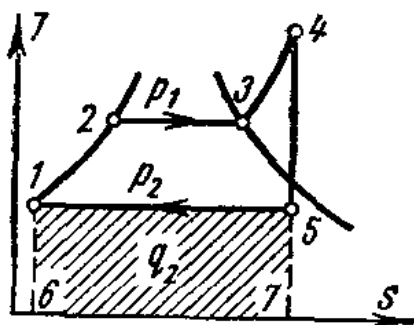
$h_3^{\text{suv}}$  – kondensatordan chiqqan suv entalpiyasi.

#### **5.4. Teplofikatsion bug‘-kuch qurilmasi**

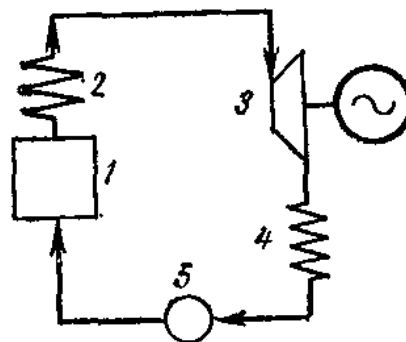
Issiqlik elektr stansiyalarida elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonida juda ko‘p issiqlik miqdori kondensatorda sovituvchi suvga beriladi va shunday qilib, foydasiz yo‘qoladi. Ma’lumki, ishlab chiqarish va turmush ehtiyojlari uchun issiqlik issiq suv va bug‘ ko‘rinishida har - xil turdagi texnologik jarayonlarda binolarni isitish, hamda issiq suv bilan ta’minlashda juda ko‘p miqdorda iste’mol qilinadi.

Odatda, bug‘ turbinali qurilmalarda kondensatordagi bosim taxminan 4kPa ga teng bo‘ladi, ya’ni bug‘ – 28-29°S ga yaqin temperaturada kondensatsiyalanadi. Bunday temperaturali suvdan esa, ishlab chiqarish yoki turmush ehtiyojlarida foydalanib bo‘lmaydi. Odatda, texnologik maqsadlar uchun bosimi 150-260 kPa bo‘lgan to‘yingan suv bug‘i yoki temperaturasi ayrim qurilmalarda 180°S ga ko‘tariladigan issiq suvdan foydalaniladi. Agar kondensatordagi bosimni 100-200 kPa gacha oshirilsa, siklning pastki temperaturasi oshadi, termik F.I.K ning kattaligi bir oz pasayadi, lekin texnologik va turmush ehtiyojlari uchun ko‘p miqdorda issiqlik olish imkoni paydo bo‘ladi. Elektr stansiyalarida elektr energiya va issiqlikni aralash ishlab chiqarish teplofikatsiya deb aytiladi, bunday elektr stansiyalarda ishlatiladigan turbinalar teplofikatsion turbinalar deb aytiladi. Bunday elektr stansiyalarni faqat elektr energiyasi ishlab chiqaradigan kondensatsion elektr stansiyalari (KES) dan farqli o‘laroq (IEM) – issiqlik elektr markazlari deb aytiladi.

Teplofikatsion bug‘ turbinalari qurilmasining sikli va sxemasi 5.7 va 5.8-rasmda tasvirlangan.



5.7-rasm. Teplofikatsion bug‘ – kuch qurilmasining Ts-diagrammasi



5.8-rasm. IEM ning sxemasi.

Ts-diagrammada sikl ishi odatdagidek 1-2-3-4-5-1 yuza bilan tasvirlanadi. 1-5-7-6-1 yuza esa tashqi iste‘molchiga berilgan issiqlik  $q_2$  dan iborat. IEM bug‘ qozoni 1, bug‘ qizdirgich 2, qarshi bosimli bug‘ turbinasi 3, issiqlik iste‘molchilari 4 va nasos 5dan tashkil topgan. Bunday turdagi kurilmalarda kondensator bo‘lmaydi, ish bajargan bug‘ turbinadan bug‘ quvuri bo‘yicha ishlab chiqarish ehtiyojlariga yuboriladi. Turbinadan chiqayotgan bug‘ bosimi ishlab chiqarish ehtiyojlari bilan aniqlanadi.

Siklning termik F.I.K. quyidagiga teng:

$$\eta_t = (q_1 - q_2) / q_1 = l / q_1.$$

Qurilmada issiqlikdan foydalanish:

$$K = (L + q_2) / q_1.$$

bu yerda

$L$  - ishga aylangan issiqlik,

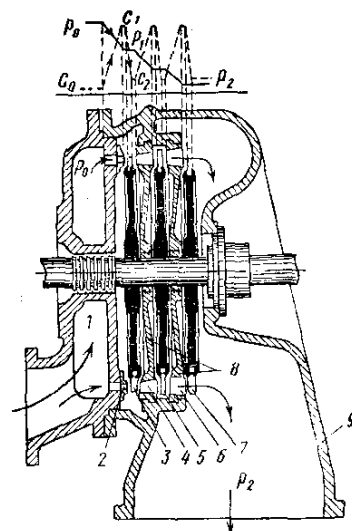
$q_2$  – issiqlik iste‘molchilari foydalangan issiqlik.

### Tezlik bosqichlari bor turbinalar

Qozon agregatlari takomillashib borishi bilan bug‘ning parametrlari ham kattalashib bordi, natijada kuraklar va turbina disklarining aylanma tezligi  $U$  ham yanada ko‘paydi. Lekin materialning mustahkamlik shartlariga ko‘ra, aylanma tezlik 300-400 m/s dan ortib ketmasligi kerak, aks holda markazdan qochuvchi kuchlar turbina kuraklari va disklarida nihoyatda katta hamda xavfli kuchlanishlar paydo qiladi. Bug‘ turbinalarida tezlik bosqichlarini tatbiq etish yo‘li bilan ish diskining

aylanishlar sonini kamaytirishga, hamda bug'ning kinetik energiyasidan to'laroq foydalanishga muvofiq bo'lindi. 5.9-rasmda 2 ta tezlik bosqichi bor aktiv turbinaning sxemasi keltirilgan.

Tezligi  $C_1$  bo'lgan bug' tezlikning 1-bosqichiga, ya'ni birinchi qatordagi kuraklarning kanaliga kiradi, u yerda kinetik energiyaning faqat bir qismigina mexanik ishga aylanadi. So'ngra bug'  $C_2 < C_1$  tezlik bilan turbina qobig'iga mahkamlangan yo'naltiruvchi kuraklarning kanallariga kiradi. Bu kuraklar bug' oqimining yo'nalishini o'zgartirishga mo'ljallangan. Bu yerda bug' yo'naltiruvchi kuraklarga ishqalanishi natijasida tezligining ozgina qismini yo'qotadi



5.9-rasm. Uchta bosim bosqichi bor aktiv turbinaning sxemasi

va ikkinchi qatordagi kuraklarga o'tadi. Tezlikning ikkinchi bosqichida kinetik energiyaning yana ma'lum bir qismi ishga aylanadi. Bunday turbinani Charlz Kyortis taklif etgan va birinchi marta 1900 yilda qurilgan.

### **Bosim bosqichlari bor turbina**

5.10-rasmda 3 ta bosim bosqichi bor, aktiv turbinaning sxemasi keltirilgan. Turbinani qobig'i to'siqlar: diafragma 8 lar bilan 3 ta kameraga bo'lingan. Bug' har qaysi diafragma va kuraklarning panjarasi 7 ga o'tadi.  $P_2$  bosimli ishlab bo'lgan bug' patrubka orqali kondensatorga o'tadi. Bosim bosqichlari bor turbinaning F.I.K. i ancha yuqori bo'ladi. Bug'-kuch qurilmalarida asosiy Dvigatel sifatida keng ko'lamda ishlatiladi. Bosim bosqichlari aktiv turbinalarda ham reaktiv turbinalarda ham qo'llaniladi.

### **Kombinatsiyalashtirilgan turbinalar**

Kombinatsiyalashtirilgan turbinalarda bosim va tezlik bosqichlarining ijobiy tomonlaridan foydalaniladi va bunday turbinalar aktiv va aktiv-reaktiv bo'ladi. Masalan, ba'zi kombinatsiyalashtirilgan turbinalarda yuqori bosim qismiga aktiv turbina, pastki bosim qismiga reaktiv-turbina qo'yiladi. Bunday turbinalarda bosim

bosqichlarining soni kamayadi binobarin turbina ixchamlashadi, ancha arzon va ishonchli bo'ladi.

## 5.5 Bug' turbinasi

Bug'ning issiqlik energiyasini bosqichma-bosqich mexanik energiyaga aylantirib beruvchi issiqlik mashinasi bug' turbinasi deyiladi. Hozirgi paytda bug' turbinasi zamonaviy yirik elektr stansiyalarining yagona dvigateli hisoblanadi.

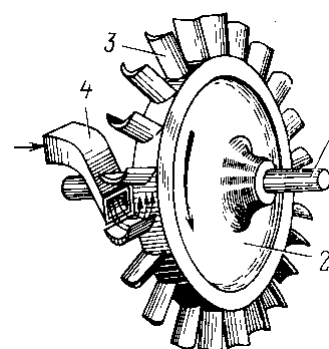
Italiyalik olim D.Branko bug' turbinasi modeliga hos bo'lgan bug' g'ildiragini 1629 yilda yaratgan, unda bug' oqimining kinetik energiyasi uyg'otgan impuls kurakli gildirakni aylantirishga sarflangan. Quvvati 4,4 kVt bo'lgan birinchi bug' turbinasini (reaktiv turbina) 1885 yili ingliz muhandisi Parsons yaratdi, 1913 yilda esa, turbinaning quvvati 25 MVt gacha yetkazildi. Keyinchalik bug' turbinalarining nominal quvvati 60 MVt, bosimi 12,8 MPa ga yetkazildi, u ko'pchilik issiqlik elektr stansiyalarida qo'llanilib kelinmoqda. Zamonaviy turbinalarning quvvati 1200 MVt dan ortib ketgan. Turbina rotorining aylanishlar soni esa 2000-50000 ayl/min oralig'ida. Suv bug'ining kinetik energiyasini mexanik energiyaga aylantirish mumkinligini shved muhandisi Loval 1888 yilda (aktiv turbina) isbotladi.

Shunday qilib, bug' turbinasi yaratilgandan so'ng, uni takomillashtirish tadqiqotlari davom etdi. Natijada bir, ikki va ko'p bosqichli bug' turbinalari yaratildi. Turbinadagi ish jarayoni ketma-ket kechadigan ikki bosqichdan tashkil topgan: bug'ning potentsial energiyasini kinetik energiyaga aylanishi va bug'ning energiyasini turbina valining aylanma energiyasiga aylanishi.

Turbinaning ishlash tarzi sodda. Turbinaning (11-rasm) oqib o'tish qismi ikkita asosiy qismdan: soplo apparati 4 va turbinaning vali 1 ga o'rnatilgan disk 2 dan tashkil topgan. Diskning aylanasi bo'ylab ishchi kuraklar 3 mahkamlangan, ular kanallar hosil qiladi.

Bosimi yuqori bo‘lgan va odatda temperaturasi ham yuqori bo‘lgan ishchi jism (bug‘, gaz, suyuqlik) soplo apparatiga kiradi. Soplolarda bug‘ kengayadi, uning bosimi pasayadi va tegishli tezligi ortadi, ya’ni soplo apparatida bug‘ning ichki energiyasi kinetik energiga aylanadi. Ikkinchi bosqich ishchi kuraklar hosil qilgan kanallarda sodir bo‘ladi, bu yerda bug‘ning kinetik energiyasi diskning va u bilan bog‘langan turbina valining harakatlantiradigan mexanik ishga aylanadi. Turbina bosqichlariga bug‘ qo‘zg‘almas va aylanuvchan kanallar tizimi bo‘yicha o‘tadi. Shuning uchun harakat turiga ko‘ra bug‘ning uch xil tezligi bo‘ladi:  $C$  – absolyut tezlik;  $I$  – ko‘chma harakat tezligi, u turbina diskining aylanma tezligiga teng;  $w$  – nisbiy tezlik.

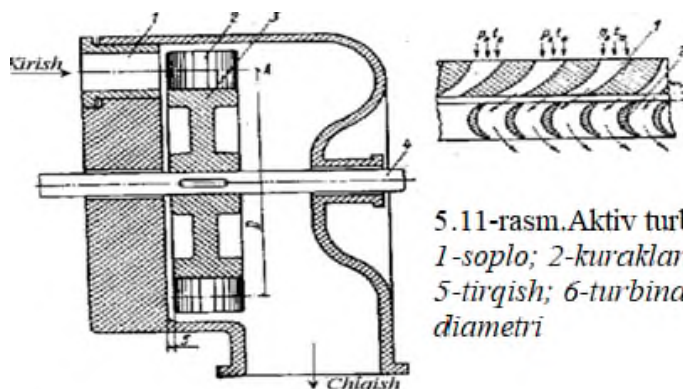
Bug‘ning soploga kirish oldidagi, soplodan keyingi va kuraklardan keyingi parametrlari tegishli 0,1,2 indekslar bilan belgilanadi. Ishchi kuraklar mahkamlangan bitta diskli soplo apparati turbinaning bosqichini hosil qiladi. Bitta bosqichdan iborat bo‘lgan turbina bir bosqichli turbina deyiladi. Bir necha bosqichdan iborat bo‘lgan turbinalar ko‘p bosqichli turbinalar deyiladi.



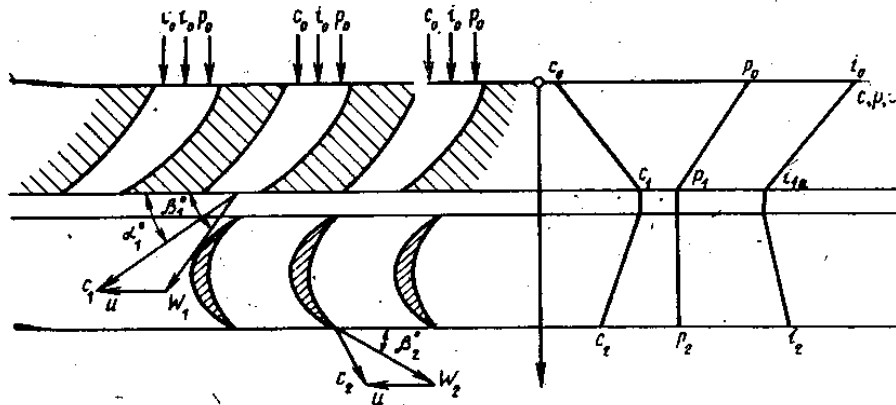
**5.10-rasm. Turbinaning ishlash tarzi.**

*1-val; 2-disk; 3-ishchi*

**Aktiv turbina.** Aktiv turbina kuraklari panjarasining kanallarida bug‘ oqimi buriladi. Bug‘ oqimi harakat miqdorining o‘zgarishi kuraklarga va aylanuvchan diskka hamda turbina valiga ta’sir etuvchi aktiv kuchga aylanadi (12-rasm). Ish kanallarida aktiv kuch ta’sir etuvchi turbina aktiv turbina deyiladi.



**5.11-rasm. Aktiv turbina sxemasi.**  
*1-soplo; 2-kuraklar; 3-disk; 4-val; 5-tirqish; 6-turbina bosqich diametri*



5.12-rasm. Aktiv turbinada bug' oqimi sxemasi

Parametrlari  $p_0$ ,  $c_0$  va  $t_0$  bo'lgan bug' soplo 1 ga kiradi. Parametrlari  $p_1$ ,  $c_1$  va  $t_1$  bo'lgan bug' soplodan kuraklar 2 ning kanallariga o'tadi, bu yerda bug'ning bosimi o'zgarmasligicha qoladi. ( $p_1 = p_2$ ), tezligi esa  $s_1$  dan  $s_2$  gacha pasayadi, ya'ni bug'ning kinetik energiyasi disk 3 ni va  $u$  bilan bog'liq bo'lgan turbina vali 1 ni aylantiruvchi mexanik ishga aylanadi. Turbina valiga tushadigan kuch bug' oqimi burilgandagina uzatilgani tufayli, kuraklar kuchli bukilgan aktiv profilli bo'lishi kerak. Kuraklardan oldingi va ulardan keyingi bug' tezliklarining kattaligi va yo'nalishini kirish va chiqish tezlik uchburchaklari qurib aniqlash mumkin (13 - rasm). Jumladan, nisbiy tezlik vektori ushbu geometrik ayirmadan aniqlanadi:

$$w_1 = c_1 - U$$

Bug' nisbiy tezligi  $w_1$  ning yo'nalishi turbina yuzasi bilan  $\beta_1^0$  burchak hosil qiladi,  $u$  kirish burchagi deyiladi.  $c_1$  vektorning yo'nalishi soplo o'qi va disk tekisligi orasidagi burchak  $\alpha_1$  bilan aniqlanadi. Bug' kanaldan o'tib, disk tekisligiga  $\beta_2^0$  burchak ostida yo'nalgan  $w_2$  nisbiy tezlikka ega bo'ladi. Bug'ning harakatidagi isroflar tufayli bug'ning chiqishdagi tezligi  $w_2$  kirishdagi tezlik  $w_1$  dan kichik bo'ladi. Bu isroflar kurakning tezlik koeffitsienti (odatda  $0,93 \div 0,97$ )  $\psi$  bilan hisobga olinadi; bunda

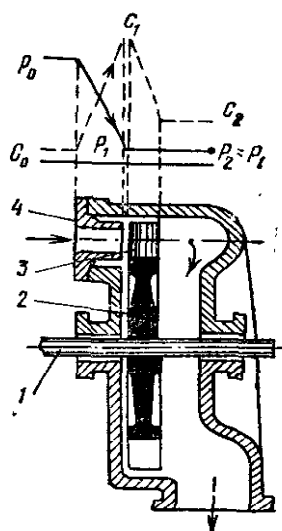
$$W_2 = \psi w$$

Bug'ning kuraklaridan chiqishdagi absolyut tezligi  $c_2$  ni  $w_2$  va  $U$  tezliklarini geometrik yig'indisidan aniqlanadi. Aktiv turbinaning o'ziga xos xususiyatlari shundan iboratki, birinchidan, bug'ning kengayish jarayoni mavjudligi, ya'ni uning



bosimi faqat soplolarda pasayadi; ikkinchidan, kurakli kanallarda bug‘ bosimi o‘zgarmsdan qoladi, bug‘ning nisbiy va absolyut tezliklari esa kamayadi.

**Reaktiv turbina.** 14 – rasmda reaktiv turbina bosqichining sxemasi ko‘rsatilgan. Turbinaning soplo apparati qo‘zg‘almas kuraklar 3 ning har qaysi jufti hosil qilgan torayib boradigan kanallar 4 dan iborat. Soplo apparatida bug‘ boshlang‘ich bosimi  $p_0$  dan biror oraliq bosim  $p_1$  ( $p_2 < p_1 < p_0$ ) gacha qisman kengayadi va energiyaning bir qismigina kinetik energiyaga aylanadi. Energiyaning qolgan qismi bevosita kurak kanallarida kinetik energiyaga aylanadi, bunda bug‘  $p_1$  bosimdan oxirgi  $p_2$  bosimgacha kengayadi va natijada bug‘ning nisbiy tezligi  $w_1$  dan  $w_2$  gacha ortadi. Reaktiv bosqichning tavsifi reaksiya darajasidir ( $\rho$ ), u ish g‘ildiragining kuraklarida vujudga keladigan issiqlik pasayishining barcha bosqichdagi issiqlik pasayish nisbati sifatida aniqlanadi.

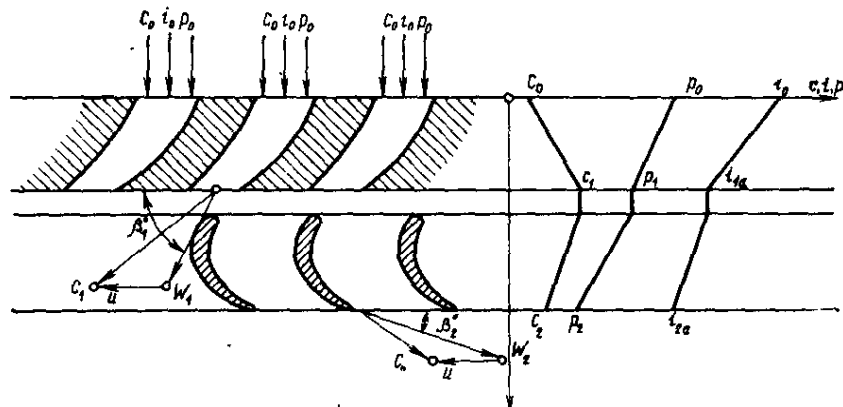


**5.13-rasm. Reaktiv turbina sxemasi**

Zamonaviy bug‘ turbinalarining oxirgi bosqichida  $\rho \cong 0,5$  bo‘ladi. Birinchi bosqichlar uchun  $\rho$  0,1-0,2 atrofida tanlanadi chunki bu holda soplo va kuraklar profili bir xil bo‘ladi va natijada turbinalarni tayyorlash osonlashadi.

Turbinani aylantiruvchi kuch bug‘  $p_1$  dan  $p_2$  bosimgacha kengayadigan, kuraklari torayib boruvchi kanalning reaktiv ta‘sirida vujudga keladi. Bosimning pasayishi natijasida bug‘ning kuraklarga nisbatan oqish tezligi ortadi. Bunda itarish kuchi – reaktiv kuch vujudga keladi. Reaktiv kuchning yo‘nalishi oqib chiqayotgan bug‘ tezligiga teskari yo‘nalgan. Shuni ta’kidlab o‘tish kerakki, reaktiv turbinaning

kuragida reaktiv ishdan tashqari bug‘ oqimining burilishi bilan bog‘liq bo‘lgan aktiv ish ham bajariladi. 15–rasmda reaktiv bosqichning tezlik uchburchaklari ko‘rsatilgan.



**5.14-rasm. Turbinaning reaktiv bosqichida bug‘ oqimi sxemasi.**

Shuni alohida e‘tiborga olish lozimki, bug‘ning chiqishdagi tezligi  $c_2$  har doim bug‘ning kurakka kirish tezligi  $c_1$  dan kichik bo‘lishi kerak, faqat shu holdagina turbina dvigatel bo‘la oladi, chunki 1 kg bug‘, ishchi g‘ildirakning kirish va chiqishdagi kinetik energiyalari farqi  $\left(\frac{1}{2}(c_1^2 - c_2^2)\right)$  tufayligina foydali ish bajara oladi. Ikkinchidan tezlik  $c_2$  qanchalik kichik bo‘lsa, turbina quvvati shunchalik yuqori bo‘ladi. Bug‘ turbinasining aktiv va reaktiv bosqichlarini taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, reaktiv bosqichning asosiy afzalligi bug‘ning kengayishi natijasida kurak bo‘shlig‘ini to‘liq to‘ldirishidir. Buning natijasida turbina reaktiv bosqichining quvvati aktiv bosqichnikiga qaraganda yuqori bo‘ladi. Reaktiv bosqichning asosiy kamchiligi – turbina valiga bo‘ylama kuchlarning ta‘siri aktiv bosqichga qaraganda yuqori bo‘ladi.

### **5-mavzu bo‘yicha nazorat savollari**

1. Renkin sikli.
2. Bug‘-turbina qurilmasining tarkibiy qismi.
3. Regeneratsiya usulining ahamiyati nimadan iborat?
4. Bug‘ oraliq bosqichda qizdiriladigan bug‘ turbinali qurilma.
5. Bug‘-turbinali qurilmaning termik F.I.K. qanday aniqlanadi?

6. Teplofikatsiya nima?
7. Teplofikatsion bug' turbinali qurilma qanday ishlaydi?
8. KES va IEM.
9. Bug' turbinasi.
10. Aktiv turbina.
11. Reaktiv turbina.
12. Turbinaning takomillashtirish yo'llari.

## **6- MAVZU. GAZ - TURBINALI QURILMALAR REJA**

- 6.1. Gaz – turbinali qurilmalar**
- 6.2. Issiqlik  $P = \text{const}$  da uzatiladigan GTQ.**
- 6.3. Issiqlik  $V = \text{const}$  da uzatiladigan GTQ**
- 6.4. GTQ sikllarini taqqoslash**
- 6.5. Gaz – turbinali qurilmaning F.I.K. ni oshirish yo‘llari**

### **6.1. Gaz – turbinali qurilmalar**

Yuqori bosim va temperatura ostidagi yonish mahsulotlari energiyasini kuraklar yordamida rotor valining mexanik energiyasiga aylantiruvchi issiqlik mashinasi gaz turbinasi deyiladi. Gaz turbinalari ham bug‘ turbinalariday bo‘lib, faqat ularda bug‘ o‘rniga yonish mahsuloti – tutun asosiy ish jismi hisoblanadi.

GTQ gaz – turbinasi-dvigatel va yordamchi qurilmalardan iborat. Dvigatel tarkibiga turbina, yonish kamerasi, kompressorlar, yoqilg‘i nasosi, bak, elektr generatori, regenerativ issiqlik almashtirgichlar kiradi. Yordamchi qurilmalar jumlasiga GTQ ning qaysi maqsadda ishlatilishiga qarab quyidagilarni kiritish mumkin: gaz yo‘llari, quvurlar, ishga tushirish qurilmalari, moylash tizimlari, suv ta‘minlash qurilmalari va boshqalar. GTQ dagi turbina, elektr generatori, havo kompressori va yoqilg‘i nasosi yagona umumiy valda joylashtiriladi. Oxirgi 20 – 30 yil mobaynida GTQ xususan transport va energetikada keng qo‘llanila boshlandi. Energetikada qo‘llaniladigan GTQlari elektr energiyasi yetishmasdan qolganda, energetik tizimda buzilishlar bo‘lganda iste‘molchilarni elektr energiyasiga bo‘lgan talabini qondirish maqsadida ishlatiladi. Bunday GTQ larning quvvati 1–100 MVt oralig‘ida bo‘lib, yil mobaynida 1500 soatdan ortiq ishlatilmaydi. Dengiz kemalaridagi GTQ asosiy energiya manbai hisoblanadi va ularning quvvati 30 kVt dan 10 MVt gacha bo‘ladi.

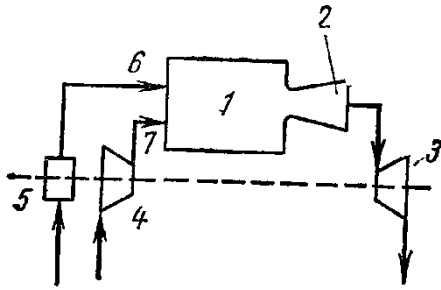
Neftni haydashda, gaz magistrali quvurlarida, turli xil kompressorlarni ishlatishda GTQ lari asosiy mexanik energiya manbai hisoblanadi. GTQ aviatsiya transportidagi turboreaktiv, turbovintli reaktiv samolyotlarning asosiy va forsaj (fransuzcha forcer - jadallashtirmoq) dvigatellarida ham keng tadbiiq etilgan.

Hozirgi zamon GTQ ning deyarli hammasi yonish mahsulotlari turbinaning oqim qismi orqali o'tadigan sxema bo'yicha ishlaydi. Shu sababli gaz turbinalarida ishlatiladigan yoqilg'i tarkibida zararli aralashmalar miqdori juda kam bo'lishi kerak. Bunday yoqilg'ilar jumlasiga tabiiy gaz, yaxshi tozalangan sun'iy gazlar (domna gazi, koks gazi, generator gazi) gaz turbinalarida ishlatiladigan maxsus suyuq yoqilg'i (dizel, motor yoqilg'isi, solyar moyi) kiradi. GTQ lar ish moddasini yoqish uslubiga ko'ra  $V = \text{const}$ ,  $P = \text{const}$  va aralash bosqichli bo'ladi.

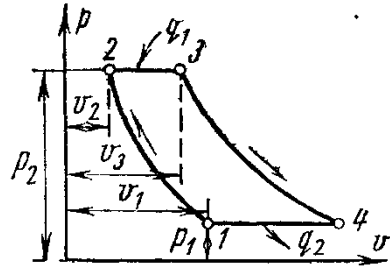
## 6.2. Issiqlik $P = \text{const}$ da uzatiladigan GTQ

6.1–rasmda issiqlik  $P = \text{const}$  da uzatiladigan GTQ ning soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan. Havo kompressori 4 atmosfera havosini so'rib oladi, uni siqadi va forsunka 7 orqali yonish kamerasi 1 ga haydaydi. Kameraga forsunka 6 orqali nasos 5 yordamida suyuq yoki gaz yoqilg'i ham beriladi. Kompressorda siqilgan havo qizib, uning tumperturasi yoqilg'ining yonish tumperturasidan katta bo'ladi. Siqilgan yuqori tumperturali va bosimli havoga yoqilg'i purkalganda kuchli kimyoviy reaksiya sodir bo'ladi, ya'ni u yonadi. Bunda yonish o'zgarmas bosim ostida ro'y beradi. Yonish mahsulotlari kameradan soplo 2 ga kelib, atmosfera bosimigacha kengayadi. Soplodan chiqqan yonish mahsulotlari gaz turbini 2 ning kuraklarida ish bajaradi, so'ng atmosferaga chiqarib yuboriladi.

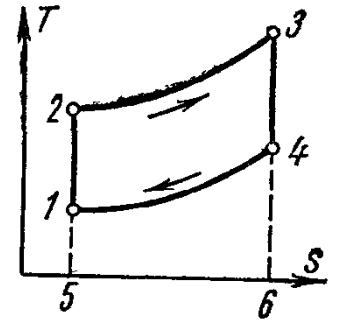
Yonish kamerasida yuqori kaloriyali yoqilg'i yonganda tumpertura  $2000^{\circ}\text{S}$  ga qadar ko'tariladi. GTQ tayyorlanadigan hozirgi zamon issiqbardosh po'lat va qotishmalar  $700 - 900^{\circ}\text{S}$  ga chidaydi. Shuning uchun kameradagi tumperturani  $2000^{\circ}\text{S}$  dan  $700 - 900^{\circ}\text{S}$  gacha pasaytirish uchun unga ko'p miqdorda sovuq havo yuboriladi. Odatda ortiqcha havo koeffitsienti aviatsion qurilmalar uchun  $\alpha=4 - 5$  ni, statsionar qurilmalar uchun esa  $\alpha=6-10$  ni tashkil etadi. Birlamchi havo mash'ala o'zagiga, ikkilamchi havo yonish kamerasi devorlari tomon uzatiladi va yonish kamerasining oxirida yonish mahsulotlari bilan aralashadi. 6.2– va 6.3–rasmlarda issiqlik  $p=\text{const}$  da uzatiladigan GTQ ning  $Pv$  va  $Ts$  -diagrammalaridagi ideal sikli tasvirlangan. Bu sikl ikkita adiabat va ikkita izotermadan tashkil topgan.



6.1-rasm.



6.2-rasm.



6.3-rasm.

Boshlang'ich parametrlari  $p_1, v_1, T_1$  bo'lgan ishchi jism 1–2 adiabatada bo'yicha 2 nuqttagacha adiabatik siqiladi. Ishchi jismga 2 nuqtadan boshlab 2–3 izobara bo'yicha  $q_1$  issiqlik miqdori keltiriladi. Keyin ishchi jism 3–4 adiabatada bo'yicha boshlang'ich bosimgacha kengayadi va 4–1 izobara bo'yicha boshlang'ich holatga qaytadi. Bunda  $q_2$  issiqlik chiqariladi. Siklni tavsiflovchi kattaliklar: bosimni kompressorda ortish darajasi  $\beta = p_2/p_1$  va izobar kengayish darajasi  $\rho = v_3/v_2$

Keltirilgan issiqlik miqdorini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$q_1 = c_p(T_3 - T_2)$$

olib ketilgan issiqlik miqdorini esa quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$q_2 = c_p(T_4 - T_1)$$

Siklning termik F.I.K. quyidagiga teng:

$$\eta_t = 1 - q_2/q_1 = 1 - c_p(T_4 - T_1)/c_p(T_3 - T_2) = 1 - (T_4 - T_1)/(T_3 - T_2) \quad (6.1)$$

$T_2, T_3$  va  $T_4$  temperaturalarni ishchi jismning boshlang'ich temperaturasi  $T_1$  orqali ifodalaymiz:

1 –2 adiabatada uchun

$$T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{(K-1)/K} = \beta^{(K-1)/K};$$

$$T_2 = T_1 \beta^{(K-1)/K};$$

2 – 3 izobara uchun:

$$T_3/T_2 = v_3/v_2 = \rho; \quad T_3 = T_2 \rho; \quad T_3 = T_1 \beta^{(K-1)/K} \rho;$$

3 – 4 adiabatada uchun:

$$T_4 = T_1 \beta^{(K-1)/K} \rho \frac{1}{\beta^{(K-1)/K}} = T_1 \rho$$

Olingan temperatura qiymatlarini (6.1) formulaga qo'yamiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_1 \rho - T_1}{T_1 \beta^{(K-1)/K} \rho - T_1 \beta^{(K-1)/K}} = 1 - \frac{\rho - 1}{\beta^{(K-1)/K} (\rho - 1)} \quad (6.2)$$

yoki

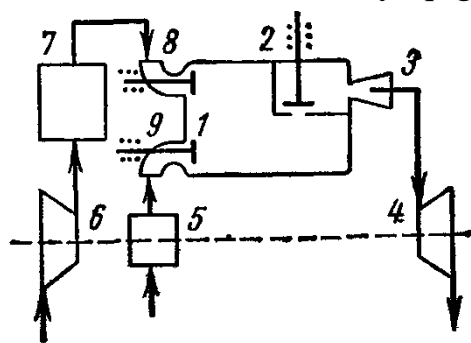
$$\eta_t = 1 - 1/\beta^{(K-1)/K} \quad (6.3)$$

$\eta_t$  uchun keltirilgan ifodalardan ko'rinib turibdiki, uning kattaligi bosimning ortish darajasiga, shuningdek adiabata ko'rsatkichiga bog'liqdir, bu kattaliklar ortishi bilan  $\eta_t$  ko'payadi.

### 6.3. Issiqlik $V=\text{const}$ da uzatiladigan GTQ

6.4 – rasmda issiqlik o'zgarimas hajmda yonadigan GTQ ning sxemasi ko'rsatilgan. Bu qurilmada kompressor 6 da siqilgan havo resiver (bosimni rostlaydigan idish) 7 dan havo klapani 8 orqali yonish kamerasi 1 ga keladi. Shu yerga yoqilg'i nasosi 5, yoqilg'i klapani 9 orqali suyuq yoqilg'ini uzatadi. Yonish mahsulotlari soplo klapani 2 orqali o'tib, soplo 3 da kengayadi va turbina rotori 4 ni aylantiradi. Yonish kamerasiga avvalo ma'lum parametrli siqilgan havo, keyin yoqilg'i uzatiladi. Shunda hosil bo'lgan ish yoqilg'isiga elektr uchquni uzatiladi va ish yoqilg'isi yonadi.

Bu yonish natijasida yonish kamerasidagi bosim keskin ortadi. Ish yoqilg'isi to'la (kamida 95%) yongandan so'ng uning temperaturasi  $2000^{\circ}\text{S}$  ko'tariladi. Shunda yonish kamerasidagi bosim eng yuqori qiymatga yetadi. Ana shundagina 2 klapan ochiladi. Shu paytda yonish mahsulotlari temperaturasini  $700-900^{\circ}\text{S}$  gacha pasaytirish uchun sovuq havo uzatiladi.

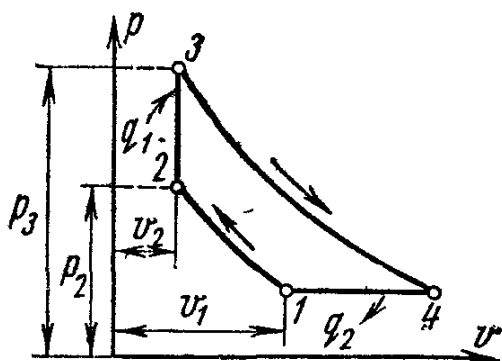


6.4-rasm.

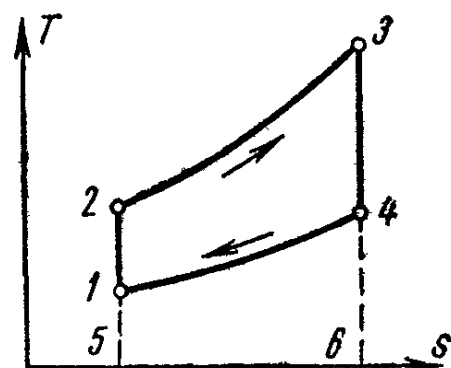
6.5 va 6.6-rasmlarda shu siklning  $Pv$  va  $Ts$  diagrammalari tasvirlangan. Bu siklda:

- 1–2 – adiabatik siqilish;
- 2–3 – ishchi jismga issiqlik keltirish;
- 3–4 – adiabatik kengayish;
- 4–1 – boshlang'ich holatga qaytish.

Siklni tavsiflovchi kattaliklar:  $\beta = p_2/p_1$  – bosimni ortish darajasi va  $\chi = p_3/p_2$  – bosimni qo‘shimcha ortish darajasi.



6.5-rasm.



6.6-rasm.

Keltirilgan issiqlik quyidagi formuladan:

$$q_1 = c_v(T_3 - T_2),$$

olib ketilgan issiqlik esa quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$q_2 = c_r(T_4 - T_1).$$

$q_1$  va  $q_2$  larni qiymatlarini siklning termik F.I.K. formulasiga qo‘yamiz:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_r(T_4 - T_1)}{c_v(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{\kappa(T_4 - T_1)}{T_3 - T_2}. \quad (6.4)$$

$T_2$ ,  $T_3$  va  $T_4$  temperaturalarni ishchi jismning boshlang‘ich temperaturasi  $T_1$  orqali ifodalaymiz:

1-2 adiabata uchun

$$T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{(K-1)/K} = \beta^{(K-1)/K}; \quad T_2 = T_1 \beta^{(K-1)/K};$$

2 – 3 izoxora uchun

$$T_3/T_2 = P_3/P_2 = \chi; \quad T_3 = T_2 \chi \quad \text{va} \quad T_3 = T_1 \beta^{(K-1)/K} \chi;$$

3 – 4 adiabata uchun

$$T_4/T_3 = (P_4/P_3)^{(K-1)/K} = (P_1/P_1 \beta \chi)^{(K-1)/K} = 1/(\beta \chi)^{(K-1)/K};$$

$$T_4 = T_3 (1/\beta \chi)^{(K-1)/K} = T_1 \beta^{(K-1)/K} \chi (1/\beta \chi)^{(K-1)/K} \quad \text{va} \quad T_4 = T_1 \chi^{1/K}.$$

Olingan qiymatlarni (6.4) formulaga qo‘yamiz.

U holda



$$\eta_i = 1 - \frac{K(T_4 - T_1)}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{\kappa(T_1 \chi^{1/\chi} - T_1)}{T_1 \beta^{(K-1)/K} \chi - T_1 \beta^{(K-1)/K}},$$

yoki

$$\eta_i = 1 - \left[ K(\chi^{1/K} - 1) \right] / \left[ \beta^{(K-1)/K} (\chi - 1) \right] \quad (6.5)$$

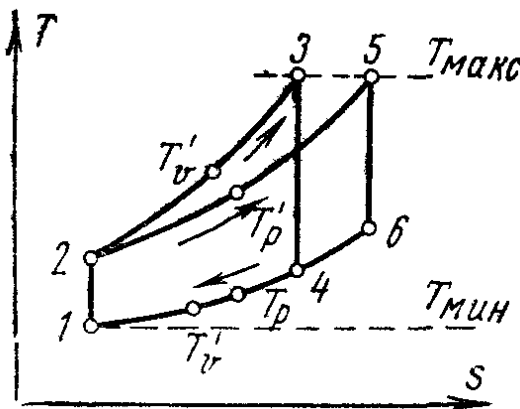
Ushbu GTQ ning termik F.I.K.  $k$ ,  $\beta$  va  $\chi$  larga bog‘liq bo‘lib, bu kattaliklar ortishi bilan ko‘payadi.

#### 6.4. GTQ sikllarini taqqoslash

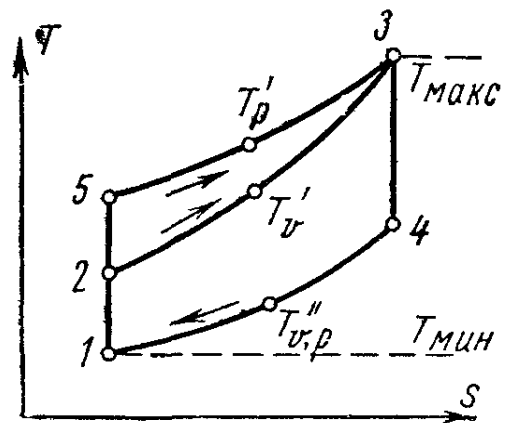
6.7 – rasmda bosimning ortish darajalari bir xil va maksimal temperaturalari ham bir xil bo‘lgan GTQ ning sikllari keltirilgan. Rasmdan ko‘rinib turibdiki,  $V = \text{const}$  da issiqlik keltiriladigan GTQ siklining F.I.K. yuqori bo‘lar ekan.

Haqiqatdan ham 6.7 – rasmdan ko‘rinib turibdiki, issiqlik keltirishning o‘rtacha integral temperaturalari  $T'_v > T'_p$  va issiqlik olib ketishning o‘rtacha integral temperaturalari  $T''_v > T''_p$  bo‘ladi, ya’ni:

$$\eta_{t.izoh} > \eta_{t.izob}.$$



6.7-rasm.



6.8-rasm.

6.8 – rasmda bosimning ortish darajalari har xil va maksimal temperaturalari bir xil bo‘lgan GTQ ning sikllari tasvirlangan. Bu rasmdan ko‘rinib turibdiki,  $T'_v > T'_p$  va  $T''_v = T''_p$ , ya’ni o‘rtacha integral temperaturalar bo‘yicha aniqlangan termik F.I.K.

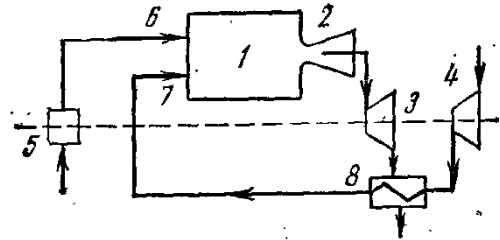
$P = \text{const}$  da issiqlik keltiriladigan GTQ sikl uchun katta bo‘lar ekan:

$$\eta_{t.izob} > \eta_{t.izoh}$$

## 6.5. Gaz – turbinali qurilmaning F.I.K. ni oshirish yo‘llari

Issiqlik  $P=\text{const}$  da uzatiladigan GTQ ning termik F.I.K. bosimning ortish darajasi  $\beta$  oshishi bilan ortadi. Lekin  $\beta$  oshishi bilan gazlarning yonish oxiridagi temperaturasi ham ortadi, buning natijasida turbina kuraklari va soplo apparatlarini sovitish qiyinlashadi va natijada ular tezda ishdan chiqadi.

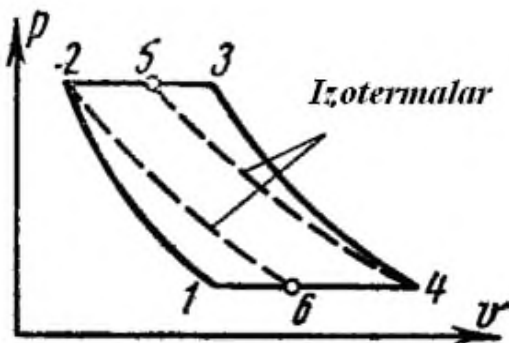
GTQ larning F.I.K. ni oshirish uchun ularning ish sharoiti qisman o‘zgartiriladi. Qurilmalarda issiqlikni regeneratsiyalash, havoni kompressorda ko‘p bosqichli siqish, ko‘p bosqichli yonish kabi usullar qo‘llaniladi. Buning natijasida GTQ lar mukammallashadi va uning iqtisodiy jihatdan tejamlilik ortadi.



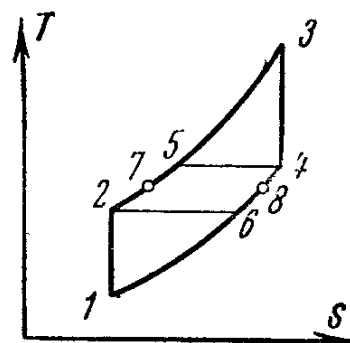
6.9-rasm.

Regeneratsiyalash usulini GTQ da tadbiiq etilishini mufassalroq ko‘rib chiqaylik.

6.9 – rasmda regeneratsiyali, issiqlik  $P=\text{const}$  da uzatiladigan GTQ tasvirlangan. Turbokompressor 4 da siqilgan havo regenerator 8 ga yuboriladi, bu yerda havo yonish kamerasi 1 dan soplo 2 orqali turbina 3 da ishlab bo‘lgan gazlardan  $P=\text{const}$  da issiqlik oladi. Regeneratorda isitilgan havo forsunka 7 orqali yonish kamerasi 1 ga yuboriladi. Shu yerga yoqilg‘i nasosi 5 dan forsunka 6 orqali yoqilg‘i yuboriladi. Shunday regeneratsiyali GTQ ning ideal sikli 6.10 va 6.11– rasmda tasvirlangan.



6.10-rasm.



6.11-rasm.

1–2 – havoni kompressorda adiabatik siqilishi; 2–5 – regeneratorda issiqlikning izobarik keltirilishi; 3–4 – turbina soplosida yonish mahsulotlarining adiabatik

kengayishi; 4 – 6 – regeneratorda issiqlikni olib ketilishi; 6 – 1 – regeneratordan chiqishda gazlardan issiqlikni izobarik olib ketilishi.

Agar gazlarning regeneratorda sovishi unga kirayotgan havo temperaturasigacha bo‘ladi deb faraz qilsak, ya’ni  $T_4$  dan  $T_6=T_2$  gacha, u holda regeneratsiya to‘liq bo‘ladi. To‘liq regeneratsiyali ( $T_4-T_6=T_5-T_2$ ) siklning termik F.I.K. ni quyidagi tenglamadan aniqlaymiz:

$$\eta_t = 1 - q_2/q_1,$$

bu yerda

$$q_1 = c_p(T_3 - T_5) = c_p(T_3 - T_4),$$

$$q_2 = c_p(T_6 - T_1) = c_p(T_2 - T_1),$$

u holda

$$\eta_t = 1 - [(T_2 - T_1)/(T_3 - T_4)]$$

Siklning asosiy nuqtalaridagi temperaturalar quyidagicha aniqlanadi:

$$T_2 = T_1(p_2/p_1)^{(K-1)/K} = T_1\beta^{(K-1)/\chi} \rho;$$

$$T_4 = T_1\rho$$

Siklning termik F.I.K.

$$\eta_{tre2} = 1 - 1/\rho = 1 - T_1/T_4 \quad (6.6)$$

demak, ushbu siklning termik F.I.K. gazning boshlang‘ich temperaturasiga  $T_1$  va adiabatik kengayish oxiridagi temperaturaga  $T_4$  bog‘liq bo‘lar ekan.

Regeneratorning o‘lchamlari cheklanganligi va isitilayotgan hamda sovutilayotgan gaz oqimlari oxirgi temperaturalarini o‘rtasidagi farq borligi tufayli to‘liq regeneratsiyani amalga oshirib bo‘lmaydi. Bunday holda regeneratorda isitilayotgan havoning temperaturasi  $T_7$  ( $T_7 > T_5$ ), sovutilayotgan gazlar temperaturasi esa  $T_8$  ( $T_8 > T_6$ ) bo‘ladi. Shuning uchun siklning termik F.I.K. quyidagi temperaturalar nisbati bilan aniqlanadigan regeneratsiya darajasiga bog‘liq bo‘ladi:

$$\sigma = (T_7 - T_2)/(T_5 - T_2) = (T_4 - T_8)/(T_4 - T_6) = (T_4 - T_6)/(T_5 - T_2) \quad (6.7)$$

To'liq regeneratsiya bo'lmagan, ya'ni  $\sigma < 1$ , GTQ siklining termik F.I.K. quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta_{tre2} = 1 - [T_4 - T_1 - \sigma(T_5 - T_2)] / [T_3 - T_2 - \sigma(T_5 - T_2)] \quad (6.8)$$

Regeneratsiya darajasi issiqlik almashinuv apparatining tuzilishiga (mukammalligiga) bog'liq bo'ladi. Regeneratsiyani  $v = \text{const}$  da issiqlik uzatiladigan GTQ da ham amalga oshirish mumkin. Regeneratsiya jarayoni IAA da o'zgarmas bosimda amalga oshishi sababli, bu holda issiqlik izobara bo'yicha ham, izoxora bo'yicha ham keltiriladi (6.12-rasm).

Ushbu sikl quyidagi jarayonlardan tashkil topgan:

1–2 –havoni kompressorda adiabatik siqilishi;

2–3 –siqilgan havoni regeneratorda  $P = \text{const}$  da isitilishi;

3–4 –yonish kamerasiga  $v = \text{const}$  da issiqlik keltirilishi;

4–5 –turbina soplolarida yonish mahsulotlarini adiabatik kengayishi;

5–6 –issiqlikni gazlardan regeneratorda  $P = \text{const}$  da olib ketilishi;

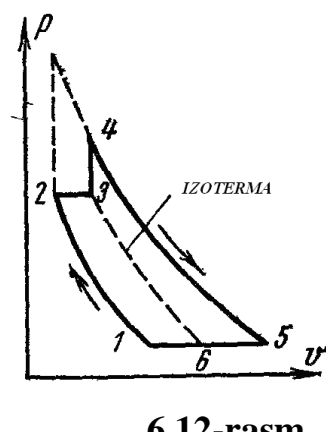
6–1 – regeneratorda  $P = \text{const}$  da issiqlikni gazlardan havoga uzatilishi.

Tekshirilayotgan siklning termik F.I.K. quyidagiga teng:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{\kappa[(T_5 - T_1) - (T_3 - T_2)]}{T_4 - T_3} \quad (6.9)$$

Issiqlik  $v = \text{const}$  da uzatiladigan GTQ siklining termik F.I.K. ham issiqlikni regeneratsiyalash natijasida ortadi. Undan tashqari GTQning tejamlilikini issiqlikni  $T = \text{const}$  da keltirish va olib ketish orqali ham oshirishi mumkin.

Lekin, amalda bunday qurilmaning murakkabligi sababli  $T = \text{const}$  da issiqlik keltirish va olib ketish jarayonini to'liq amalga oshirib bo'lmaydi. Kompressorlarda haqiqiy siqish jarayonini  $T = \text{const}$  ga yaqinlashtirish uchun havo oraliq sovutish yo'li bilan bir necha marta siqiladi. GTQ da ham issiqlik keltirish jarayonini  $T = \text{const}$  ga yaqinlashtirish uchun yonish mahsulotlari turbinaning alohida



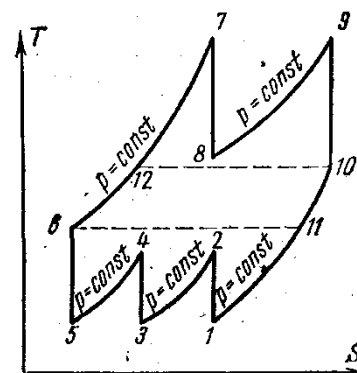
bosqichlarida kengayadigan bosqichli yonish usuli qo‘llaniladi. Kengayish va siqish bosqichlari qanchalik ko‘p bo‘lsa, shunchalik termik F.I.K. yuqori bo‘ladi. Biroq, yonish kameralari va sovutgichlarini ko‘payishi qurilmani nihoyatda murakkablashtirib yuboradi.

Odatda texnik va iqtisodiy mulohazalardan kelib chiqqan holda GTQ da kengayish ikki bosqichda va siqish uch bosqichda amalga oshiriladi. Bunday qurilmada havo kompressorning alohida bosqichlarida ketma – ket siqiladi va oraliq sovutgichlarda sovutiladi. Yuqori bosimgacha siqilgan havo birinchi yonish kamerasiga kelib, u yerda maksimal temperaturagacha qiziydi. Turbinada kengaygan gaz ikkinchi yonish kamerasiga keladi va yoqilg‘i  $P=\text{const}$  da yonishi sababli u yana maksimal temperaturagacha qiziydi. Keyin yonish mahsulotlari turbinaning ikkinchi bosqichida kengayadi va atmosferaga chiqarib yuboriladi. Agar GTQ da issiqlik regeneratsiyalansa, u holda siqilgan havo ishlangan gazlar bilan isitilishi mumkin.

6.13–rasmda shunday GTQ ning ideal sikli  $T_s$  – diagrammada tasvirlangan.

Yuqorida keltirilgan usullarni qo‘llash GTQ ning termik F.I.K. ni sezilarli darajada orttiradi. Yuqorida ko‘rib o‘tilgan GTQ lar ochiq sikl bo‘yicha ishlaydi, ya‘ni ularda yonish mahsulotlari turbinada ishlab bo‘lgandan so‘ng atmosferaga chiqarib yuboriladi. Shunday qilib siklda ishchi jism har doim o‘zgarib turadi. Shunday sikllar borki, ularning sxemasida ishchi jism o‘zgarmas miqdorda sirkulyatsiyalanadi. Bunday sikllarni yopiq (berk) sikllar deb aytiladi.

Bunday sikllarda ishchi jism sifatida toza havo, geliy, argon, vodorod, freon kabi gazlar ishlatilishi mumkin. Bunday yopiq jarayon bir qancha afzalliklarga ega. Unda arzon, qattiq yoqilg‘ilardan foydalanish, yuqori bosimli havoni qo‘llash mumkin. Yopiq sxemani asosiy kamchiligi IAA larining o‘lchamlari katta bo‘lishidir.



6.13 -rasm.

## **6- mavzu bo'yicha nazorat savollari.**

1. Gaz turbinali qurilma (GTQ) tarkibi.
2. GTQ ning qo'llanilishi.
3.  $v=\text{const}$  da ishlaydigan GTQ lar.
4.  $P=\text{const}$  da ishlaydigan GTQ lar.
5. GTQ larni taqqoslash.
6. GTQ larning termik F.I.K..
7. GTQ larning termik F.I.K. ni oshirish yo'llari.

## 7-MAVZU. SANOAT PECHLARI. O‘TXONA REJA

### 7.1. Sanoat pechlari haqida umumiy ma’lumot

### 7.2. O‘txona qurilmalari

### 7.3. O‘txona qurilmalarining issiqlik-texnikaviy ko‘rsatkichlari

#### 7.1. Sanoat pechlari haqida umumiy ma’lumot

Sanoat pechlarida yonish mahsulotlari – gazlar issiqlik tashuvchi vazifasini bajaradi. Ularning issiqligi energetik maqsadlarda emas, balki texnologik maqsadlarda ishlatiladi.

Pechlar maishiy va sanoat pechlariga bo‘linadi. Sanoat pechlarining asosiy vazifasi – materiallar va buyumlarga termik ishlov (materiallarni qizdirish va eritish, kulolchilik buyumlarini pishirish, non yopish, quritish va sh.k.) berishdir. Ular yuqori temperaturali jarayonlar kechadigan qurilmalar qatoriga kiradi. Masalan, metallarni marten pechlarida eritish uchun 1800-2000 °S temperatura zarur bo‘ladi.

Temirchilik pechlarida po‘latlar 1300 – 1500 °S temperaturada qizdiriladi, o‘tga chidamli materiallar esa, 1500 – 1800°S temperaturalarda pishiriladi. Pechlar ishlab chiqarishning ko‘p sohalarida (metallurgiya, mashinasozlik, oziq – ovqat va kimyo sanoati, qurilish materiallari va boshqalar) keng ko‘lamda ishlatiladi. Sanoat pechlarida asosiy issiqlik manbai – organik yoqilg‘idir. Elektr pechlari ham hozirgi vaqtda keng qo‘llanilmoqda. Bugungi kunda sanoat pechlarining umumiy qabul qilingan aniq bir tasnifi yo‘q. Masalan, ularni quyidagicha tasniflash mumkin:

#### 1. **Texnologik vazifasiga ko‘ra:**

**Eritish pechlari** – bularda metallar, minerallar, shisha va shu kabilar (domna va marten pechlari, rangli metallar eritish pechlari va shu kabilar) eritiladi;

**Qizdirish pechlari** – bularda metallarga ishlov berishdan oldin ular qizdiriladi (temirchilik pechlari), termik pechlar –bularda materiallarga termik ishlov berish maqsadida ular qizdiriladi;

**Kuydirish (pishirish) pechlari** – bularda turli hil materiallar (sopol, oxak, sement) kuydiriladi;

**Quritish pechlari** - bularda materiallardan namlik chiqarib yuboriladi, bo‘yalgan buyumlar quritiladi.

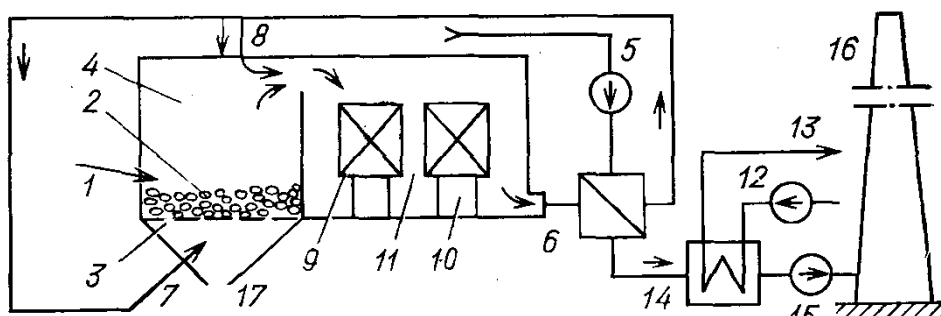
## 2. Energiya ta‘minotiga ko‘ra:

Yoqilg‘i pechlari – bular ham o‘z navbatida qattiq, suyuq va gaz yoqilg‘i pechlariga bo‘linadi.

Elektr pechlari – bularda elektr energiyasi isiqlik energiyasiga aylanadi. Bu pechlar ham quyidagicha ajratiladi: elektr qarshilik pechlari, yoy, induksion, kontakt, elektron hamda yuqori chastotali pechlar.

**3. Ishlash vaqtiga qarab:** uzluksiz ishlaydigan (7.1-rasm); davriy ishlaydigan.

**4. Ishchi yuzaning shakliga qarab:** kamerali (7.1-rasm); tonnelli; xalqasimon (7.2-rasm) – bu pechlar pishiq g‘isht ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi.



**7.1-rasm. Sanoat pechining umumiy sxemasi.**

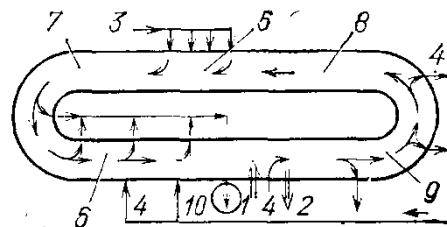
*1- yoqilg‘ini uzatish; 2- yoqilg‘i qatlami; 3-panjara; 4-o‘txona (qatlamli) 5-puflash ventilyatori; 6- regenerativ havo isitkich; 7-birlamchi havo; 8-ikkilamchi havo; 9- termik ishlov berilayotgan buyum; 10-buyumni tashish qurilmasi; 11-pechning ishchi yuzasi; 12-ta‘minot nasosi; 13-qaynoq issiqlik tashuvchi (suv, bug‘); 14- qozon utilizator uzatish; 15-so‘rinish ventilyatori; 16-mo‘ri; 17- kul va shlakni chiqarib yuborish.*

Shaxta pechlar – bular bo‘yi cho‘zilgan, ko‘ndalang kesimi yumaloq, yassi yoki to‘g‘ri burchakli bo‘lgan inshootdir. Bunday pechlarga domna pechlari misol bo‘ladi.

Sanoat pechi tuzilishini kamerali pech misolida ko‘rib chiqaylik (7.1 - rasm). Bu yerda issiqlik manbai sifatida panjarali cho‘g‘donda yondiriladigan qattiq yoqilg‘idan foydalaniladi. Lekin, bizga ma‘lumki eng qulay yoqilg‘i gaz yoki suyuq



yoqilg'i hisoblanadi. Qatlamli o'txona 4 dagi panjarali cho'g'don 3 ostiga puflash ventilyatori 5 orqali birlamchi havo 7 o'tkaziladi. Ikkilamchi havo 8 ni o'tkazish bilan pechning ishchi yuzasi 2 dagi temperatura boshqarilib turiladi. Qurilmaning F.I.K.ni oshirish maqsadida qozon utilizator 14 o'rnatiladi. Qozonga pechda ishlab bo'lgan qaynoq tutun gazlari keladi. Qozonga ta'minot nasosi 12 orqali ta'minot suvi uzatiladi.



### 7.2-rasm. Xalqasimon pechning sxemasi.

1-yuklash; 2-tushurish; 3-  
yoqilg'i; 4- havo; 5-kuydirish  
sohasi; 6-sovutish soxasi; 7-  
toblash sohasi; 8-isitish  
sohasi; 9-quritilish sohasi;  
10-puflash.

Olingan bug' yoki qaynoq suv 13 isitish va elektr energiyasi olish uchun ishlatilishi mumkin.

Sanoat pechining asosiy ko'rsatkichlariga pechning F.I.K.,  $\eta_p$ , yoqilg'ining solishtirma sarfi  $B_p$ , issiqlikning solishtirma sarfi  $q_p$  va issiqlik unumdorligi  $Q_p$  lar kiradi:

$$B_p = Q_f / Q_k^i \eta_p \tau [m^3 / s]; \quad Q_p = B_p Q_k^i [B\tau];$$

$$q_p = B_p Q_k^i / G_p,$$

bu yerda

$G_p$  – pechning mahsuloti, kg/s;

$Q_f$  – foydalanilgan issiqlik.

Sanoat pechlari uchun yuqoridagi ko'rsatkichlarning o'rtacha qiymati quyidagiga teng:

$$\eta_p = 5 \div 70\%; \quad G_p = 0,0003 \div 0,3 \text{ kg} / \text{c};$$

$$V_p = 0,003 \div 0,03 \text{ m}^3 / \text{s}; \quad q_p = 1000 \div 10\,000 \text{ J/kg}.$$

### 7.2. O'txona qurilmalari

Yoqilg'ining yonish jarayoni kechadigan qurilma o'txona deyiladi. Yonish jarayonining borishini ta'minlaydigan va boshqaradigan uskunalar majmui o'txona qurilmasi deyiladi. Har qanday o'txonani yondirish qurilmasi bilan o'txona bo'shlig'i (kamerasi) ning qo'shilmasidan iborat deb qarash mumkin. Qattiq

yoqilg'ini yoqishda yoqilg'i bo'laklarini tutib turadigan panjarali cho'g'don yondirish qurilmasi bo'lib xizmat qiladi. Suyuq va gaz holatidagi yoqilg'ini yoqishda o'txonaga to'zutilgan yoqilg'ini va yonish uchun zaruriy havoni purkab beradigan forsunka yoki gorelkalar yondirish qurilmasi bo'ladi. O'txona va uning yo'llarida qozonni isish sirtlari joylashadi, ular o'txonada yoqilg'i yonganda hosil bo'ladigan issiqlikni o'ziga oladi. Hozirgi o'txonalarda yoqilg'i shunchalik yuqori temperaturada yonadiki, yoqilg'ining yonishi natijasida hosil bo'lgan kul suyuqlanib shlakka aylanadi. O'txonaning yuqori temperaturasi va o'txona devoriga o'tirib qolgan suyuqlangan shlak ta'sirida o'txonaning ichki qoplamasi tez yemirilishi mumkin. Bundan tashqari, tutun gazlar bilan birga chiqib ketayotgan kulning suyuq zarralari isitish sirtlariga o'tirib, issiqlik uzatilishini yomonlashtiradi. Shu sababli o'txona devorlari ekranlanadi, ya'ni ularning oldiga ichida suv aylanib yuradigan metall quvurlar o'rnatiladi. Yoqilg'ini yoqish usuliga qarab o'txonalar qatlamli va kamerali o'txonalarga bo'linadi. Qatlamli o'txonalarda qattiq yoqilg'i qatlam usulida yoqiladi. Kamerali o'txonalar changsimon holdagi qattiq yoqilg'i, suyuq va gaz holdagi yoqilg'ini yoqishga mo'ljallangan. Kamerali o'txonalar mash'alali va uyurmali o'txonalarga bo'linadi.

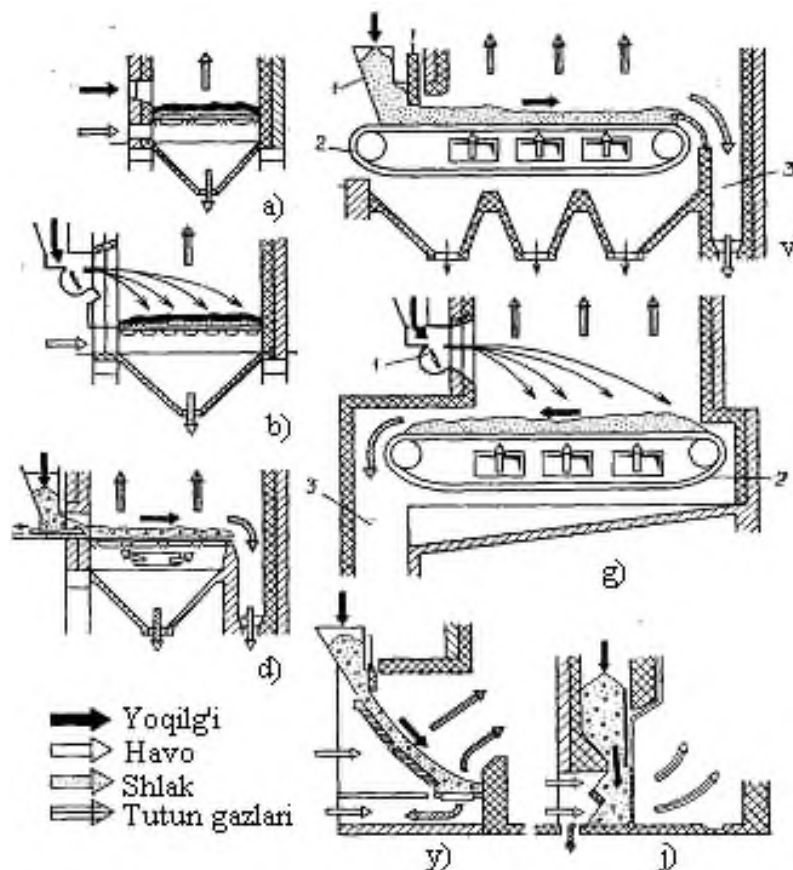
**Qatlamli o'txonalar.** Qatlamli o'txonaning asosini panjarali cho'g'don tashkil etadi. Panjarali cho'g'don ustiga ma'lum qalinlikda qattiq yoqilg'i teng joylashtiriladi va panjara ostidan yonish uchun zarur bo'lgan havo tabiiy ravishda yoki majburan uzatiladi.

Panjarali cho'g'don yoqilg'ini tutibgina qolmasdan yoqilg'iga havoni o'tkazish, kul va shlakni kulxona tomonga uzluksiz o'tkazib turish vazifalarini ham bajaradi. Cho'g'dondagi hamma teshik va tirqishlarni ko'ndalang kesimlari yig'indisi panjaraning jonli kesimi deyiladi. Panjarali cho'g'don o'lchamlari yoqilg'i turi va uning bo'laklarining katta kichikligiga mos ravishda tanlanadi. Cho'g'don asosan cho'yandan quyib ishlanadi va yuzasi katta bo'lganda, u bir necha bo'lakdan tashkil topadi.

Qatlamli o'txonalarning (13.3-rasm) quyidagi turlari mavjud:

- qo'zg'almas cho'g'donli va qo'zg'almas qatlamli o'txonalar (7.3-rasm, a,b);

- yoqilg'i qatlamini aralashtirib harakatlanadigan cho'g'donli o'txonalar (7.3-rasm, v,g);
- qo'zg'almas cho'g'don ustida harakatlanuvchi qatlamli o'txonalar (7.3-rasm, d, ye, j).



**7.3-rasm. Qatlamli o'txonalar sxemasi**

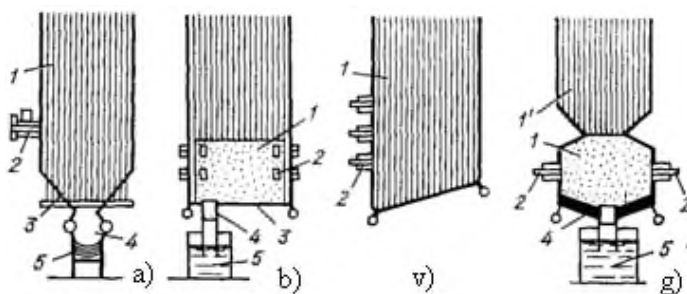
*a-gorizontal panjarali o'txona; b-tashlagichli o'txona; v-zanjirli o'txona; g-zanjirli teskari yo'lli va tashlagichli o'txona; d-tebranib turadigan cho'g'donli o'txona; y-qiya cho'g'donli o'txona; j-jadal yonadigan o'txona (V.V.Pomerantsov sxemasi); 1-bunker; 2-zanjirli cho'g'don; 3-shlak bunker;*

Hozirgi paytda qo'lda xizmat ko'rsatiladigan o'txonalar (7.3-rasm, d) juda kam uchraydi. Ulardan unumdorligi kam (1-2m/soatgacha) bo'lgan qozonlarda foydalaniladi. Faqat ba'zi jarayonlar mexanizatsiyalashgan o'txonalar yarim mexanizatsiyalashgan deyiladi. Bunday o'txonalarda mexanizatsiyalashgan tashlagichlar (7.3-rasm b) ishlatiladi, ular juda mashaqqatli ishdan - yoqilg'ini cho'g'donga qo'lda tashlashdan ozod qiladi. Bunday o'txonalarni qo'llash qozon unumdorligini 6,5 – 10 m/soatgacha oshirish imkonini beradi. Mexanizatsiyalashgan

zanjirli cho‘g‘donni qo‘llash qozonning bug‘ unumdorligini 150 m/soat gacha oshirish imkonini beradi (7.3 – rasm, v). Zanjirli cho‘g‘don yoqilg‘i qatlam – qatlam qilib yoqiladigan hozirgi zamon kuchli o‘txona uskunalarining asosiy qismi hisoblanadi. Yoqilg‘i bunker 1 dan harakatlanayotgan zanjirli cho‘g‘don 4 ga tushadi. U bir – biriga parallel joylashgan uzluksiz ikkita zanjirdan iborat bo‘lib, ularga cho‘g‘donlar mahkamlangan.

Yoqilg‘i uchun zarur havo cho‘g‘don ostidan kiritiladi. Cho‘g‘donni boshlanish qismida yoqilg‘i qizdiriladi. Qizigan yoqilg‘i ozgina ortiqcha havo bilan yonadi. Cho‘g‘donni oxirida kuygan shlak bunker 3 ga to‘kiladi.

Teskari yo‘lli zanjir - panjarali o‘txonalarda (7.3 – rasm, g) toshko‘mir va qo‘ng‘ir ko‘mirlarni yoqish mumkin. Yoqilg‘ini aralashtirish va kul hamda shlakni qisman yo‘qotib turish uchun o‘txonaga (7.3 – rasm, d) tebranib turadigan cho‘g‘donlar o‘rnatiladi. Bu cho‘g‘donlar vaqti – vaqti bilan tebranib, shlakning oralarini bo‘shatib uni kulxonaga tushiradi. Cho‘g‘don tebranganda yoqilg‘i aralashib yonish yaxshilanadi. Qiya cho‘g‘donli o‘txonalar (7.3 – rasm, y) bug‘ unumdorligi 2,5 – 20 m/soat bo‘lgan qozonlarda yog‘och chiqindilarini yoqish uchun mo‘ljallangan. Jadal yonadigan o‘txonalar bug‘ unumdorligi 6,5 t/soat gacha bo‘lgan qozonlarda torflarni yoqish uchun qo‘llaniladi. Qatlamli o‘txonalarning asosiy kamchiligi yonish yuzasi kichikligi tufayli uning quvvatini cheklanganidadir. Kamerali o‘txonalar (mash‘alali) changsimon, suyuq va gaz holidagi yoqilg‘ini yoqishga mo‘ljallangan. Qattiq yoqilg‘i maxsus tegirmonlarda kukun holiga keltirilib, havo oqimi bilan birgalikda o‘txonaga uzatiladi. Kamerada yoqilg‘i muallaq holatda yonadi (7.4-rasm). Kamerada yoqilg‘i bilan birga kiradigan havo birlamchi havo deyiladi.



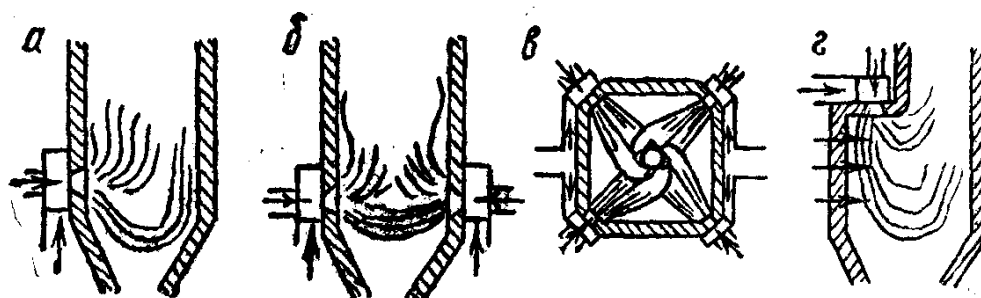
**7.4 – rasm. Kamerali (mash‘alali) o‘txonalar sxemasi.**

*a – qattiq shlakli changsimon yoqilg‘i yoqish uchun bir kamerali o‘txona; b – suyuq shlakli changsimon yoqilg‘i yoqish uchun bir kamerali o‘txona; v – suyuq va gaz yoqilg‘isi yoqish uchun o‘txona; g – changsimon yoqilg‘i yoqish uchun ikki kamerali o‘txona;*

Yoqilg‘ini to‘liq yonishi uchun zaruriy havoning bir qismi kameraga qo‘shimcha ravishda beriladi. Bu havo ikkilamchi havo deyiladi. O‘tga chidamli g‘ishtdan ko‘tarilgan o‘txona kamerasi 1 ga gorelkalar 2 orqali yoqilg‘i va havo aralashmasi uzatiladi. Bu yerda aralashma alanganadi va yonib tamom bo‘lib, yuqori temperaturali mash‘alani hosil qiladi. O‘txonadan chiqishda yonish mahsulotlari temperaturasi pasayadi, chunki mash‘ala radiatsiya tufayli issiqlikni jadal ravishda isish sirtlariga (quvurlar to‘plamiga) beradi. Ko‘mir changini yoqish uchun mo‘ljallangan kamerali o‘txonalar asosan gorelkalarning joylanishi va shlakni chiqarib tashlash usuliga ko‘ra bir-biridan farqlanadi. Shlakni chiqarib tashlash usuliga ko‘ra o‘txonalar shlak quruq (13.4-rasm, d) va suyuq holda chiqarib yuboriladigan o‘txonalarga bo‘linadi. Shlak quruq holda chiqarib yuboriladigan o‘txonalarda ko‘mir changining yonishidan hosil bo‘lgan kulning 80-85% i tutun gazlar bilan chiqib ketadi. Qolgan 15-20% i shlakka aylanadi va o‘txonaning pastki qismiga shlak varonkasi 3 ga tushadi. Suyuqlangan shlak zarralari sovuq varonkaning sirtiga tegib qotadi va shlak shaxtasiga to‘kiladi.

Shlak suyuq holda chiqarib tashlanadigan o‘txonalarda kulning 90% ga yaqin asosiy qismi suyuq shlakka aylanadi va shlak vannasiga oqib tushadi.

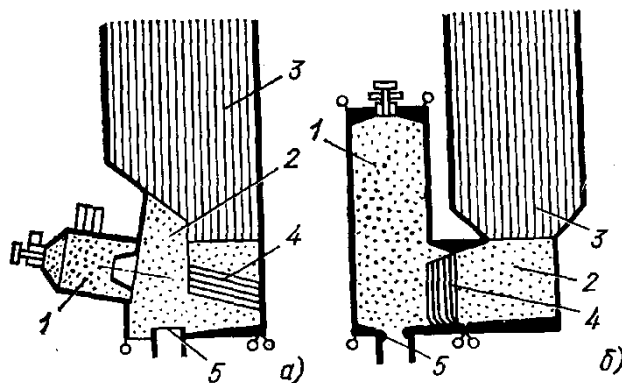
Suyuq va gaz holidagi yoqilg‘ini yoqishga mo‘ljallangan kamerali o‘txonalardan shlakni chiqarib tashlash qurilmalari bo‘lmaydi. (7.4-rasm,v), shuning uchun uning osti gorizontaal yoki sal-pal qiya qilinadi. 7.5-rasmda kamerali o‘txonada gorelkalarning joylashtirish sxemalari ko‘rsatilgan.



### 7.5-rasm. Gorelkarning joylashish sxemasi.

O'rtacha quvvatli qozon qurilmalari uchun asosan gorelkalar o'txonaning old tomoniga va qarama-qarshi ikki tomonga (7.5-rasm, a,b), yirik qozon qurilmalarida esa burchagiga (7.5-rasm,v) joylashtiriladi. Gorelkalar o'txonaning shipiga (7.5-rasm,g) kamdan-kam hollarda o'rnatiladi.

Uyurmali o'txonalar maydalangan ko'mirni hamda mazutni yoqish uchun mo'ljallangan (7.6 - rasm). Maydalangan ko'mir havo bilan birga uyurmali kamera 1 ga beriladi. Kameraga yana yon tomondan ikkilamchi havo beriladi, u 100 m/s tezlik bilan kiradi. Kamerada yonish mahsulotlarining aylanuvchan oqimi hosil bo'lib, bu oqim yoqilg'ining yirik donalarini kamera devorlariga otadi va ular bu yerda qizigan havo oqimlari ta'sirida gazga aylanadi.



### 7.6 – rasm. Uyurmali o'txonaning sxemasi.

*a – gorizontal uyurmali o'txona; b – vertikal uyurmali o'txona.*

Uyurmali kameradan yonish mahsulotlari yoqilg'ining yonib bo'lmagan zarralari bilan birga butunlay (oxirigacha) yonish kamerasi 2 ga, keyin radiatsion soha 3 ga o'tadi. Suyuq shlak tomchilari shlak tutib qoladigan to'plam 4 ga yopishib qoladi va undan oqib shlak vannasi 5 ga o'tadi.

Uyurmali o'txonalarning afzalliklari quyidagilardir:

1. Yoqilg'ining kam ortiqcha havo (1,05–1,1) bilan yonishi, bu hol issiqlikning chiqib ketayotgan gazlar bilan isrof bo'lishini kamaytiradi;
2. Maydalangan ko'mirda (changsimon ko'mir o'rniga) ishlash mumkin;
3. Yoqilg'ini kuli o'txonada 80 – 90 % ushlab qolinadi.

Kamchiliklariga quyidagilar kiradi:

1. Namligi ko'p bo'lgan ko'mirlarni va uchuvchan moddalar kam chiqadigan ko'mirlarni yoqish qiyin.
2. Puflash uchun energiya ko'p sarf bo'ladi.

### 7.3. O'txona qurilmalarining issiqlik-texnikaviy ko'rsatkichlari.

O'txona bo'shlig'ining solishtirma issiqlik kuchlanishi o'txona ishini tavsiflaydigan asosiy kattalik hisoblanadi. Shu kattalikka asosan o'txonani loyihalash va qurish masalalari yechiladi hamda uning ishini samaradorligi aniqlanadi. Bu kattalik  $Q/V_o$  nisbat bilan ifodalanadi va  $1m^3$  o'txona bo'shlig'ida vaqt birligi ichida ma'lum bir miqdorda yoqilg'i yoqilganda ajralib chiqqan issiqlik miqdoriga teng.

$$Q_v = Q/V_o = Q_q \beta / V_o \quad [Vt/m^3] \quad (7.1)$$

bu yerda

$\beta$ -yoqilg'ining sarfi, kg/s;

$Q_q^i$ -quyi yonish issiqligi, kJ/kg.

Agar  $Q_v$  ning qiymati amalda aniqlangan ma'lum bir qiymatdan katta bo'lsa, u holda o'txonadagi yoqilg'i to'liq yonmaydi. Qozon qurilmalarini ishlatish tajribasi shuni ko'rsatadiki, turli xil yoqilg'i va yondirish usullari va o'txona turlari uchun  $Q_v$  ning qiymati keng oraliqda o'zgaradi. Masalan, qo'lda xizmat ko'rsatiladigan qatlamli o'txonalar uchun  $Q_v=290\div 350$  kVt/m<sup>3</sup>, mexanizatsiyalashgan qatlamli o'txonalar uchun  $Q_v=290\div 465$  kVt/m<sup>3</sup>, kamerali o'txonalarda ko'mir changi yoqilganda  $Q_v=145\div 230$  kVt/m<sup>3</sup>,  $Q_v=230\div 460$  kVt/m<sup>3</sup>, qatlamli o'txonalar uchun o'txona ishining jadalligini tavsiflovchi yana bir kattalik cho'g'donning solishtirma issiqlik kuchlanishi kiritiladi:

$$Q_R = Q/R = Q_q^i \beta / R [\beta_T / M^2], \quad (7.2)$$

bu yerda

$Q_R$ -cho'g'donning to'liq yuzasi, m<sup>2</sup>.

Bu kattalik,  $1 m^2$  yonish yuzasida vaqt birligi ichida ma'lum bir miqdordagi yoqilg'i yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdoriga teng.  $Q_R$  kattalik yoqilg'i

turiga, uning bo'laklari kattaligiga, kul miqdoriga va shu kabilarga bog'liq bo'ladi va keng oraliqda –  $350\div 1100$  kVt/m<sup>2</sup> o'zgaradi.

### **7- mavzu bo'yicha nazorat savollari.**

1. Sanoat pechlarining turlari.
2. Sanoat pechi qanday ishlaydi?
3. Sanoat pechining asosiy ko'rsatkichlari.
4. Yoqilg'i sarfi qanday aniqlanadi?
5. O'txona turlari.
6. O'txonaning asosiy ko'rsatkichlari.
7. Kamerali o'txonalar.
8. Uyurmali o'txonalar qanday ishlaydi?
9. Kamerali o'txonalarning qanday afzalliklari bor?
10. Uyurmali o'txonalarning afzalliklari va kamchiligi.
11. O'txona qurilmalarining issiqlik ko'rsatkichlari.



## **8-MAVZU. QOZON AGREGATLARI. YOQILG‘I VA UNING XOSSALARI REJA**

- 8.1. Qozon qurilmasi, uning tuzilishi va ishlash tartibi
- 8.2. To‘g‘ri oqimli qozonlar
- 8.3. Qozon agregatning asosiy issiqlik uzatish sirtlari
- 8.4. Qozon qurilmasining yordamchi uskunalari.
- 8.5. Qozon agregatining issiqlik balansi.
- 8.6. Yoqilg‘i va uning xossalari
- 8.7. Yoqilg‘ining yonish issiqligi
- 8.8. Yoqilg‘ining yonish jarayonlari
- 8.9. Yonish jarayonlarini hisoblash.
- 8.10. Yoqilg‘ini yondirishga tayyorlash.

### **8.1. Qozon qurilmasi, uning tuzilishi va ishlash tartibi**

Issiq suv va bug‘ ishlab chiqarish uchun mo‘ljallangan inshoot va qurilmalar majmui qozon qurilmasi deb aytiladi. Qozon qurilmasi qozon agregati bilan qo‘shimcha qurilmalardan tashkil topadi.

O‘txonada yoqilgan yoqilg‘idan ajralgan issiqlik hisobiga bosim ostida issiq suv va bug‘ hosil qiladigan uskunarlar majmui qozon agregati deyiladi. Qozon agregati tarkibiga quyidagilar kiradi: o‘txona qurilmasi (gorelkalar bilan kamera); qozon agregatining asosiy qismlaridan biri bo‘lgan bug‘ qozoni, unda bug‘ hosil bo‘ladi; bug‘ berilgan parametrgacha qizdiriladigan bug‘ qizdirgich; bug‘ qozoniga beriladigan suvni isitish uchun mo‘ljallangan suv ekonomayzeri va yoqilg‘ini yoqish uchun o‘txonaga beriladigan havoni isituvchi havo isitkich. Qozon qurilmasining yordamchi qurilmalari jumlasiga mo‘ri, shlak va kul chiqaradigan qurilmalar, kulni tutib qolish qurilmalari, karkas, ichki qoplama va boshqalarni kiritish mumkin.

Qozon qurilmasi ishlab chiqargan mahsulot turiga ko‘ra bug‘ qozonlari, suv isitadigan qozonlar va bug‘-suv isitadigan qozonlarga bo‘linadi. Bug‘-suv isitadigan qozonlarda bir vaqtning o‘zida yoki har xil vaqtda bug‘ va issiq suv ishlab chiqariladi, lekin bunday turdagi qozonlar kam qo‘llaniladi. Hozirgi vaqtda sanoatda qozon-utilizatorlar keng qo‘llaniladi. Bunday qozonlarda issiqlik manbai sifatida

texnologik jarayonlarning ikkilamchi energiya manbalari (masalan, sanoat pechlarining chiqib ketayotgan gazlari), metallurgiya zavodlaridan va domna pechlaridan chiqqan tutun-gaz aralashmalari ishlatiladi.

Qozon qurilmasining asosiy ish tavsiflariga quyidagilar kiradi:

1. Bug‘ unumdorligi (qozonning quvvati), bu vaqt birligida hosil bo‘lgan bug‘ miqdori bilan aniqlanadi.
2. Bug‘ning parametrlari (bosim va o‘ta qizish temperaturasi).
3. Qozon agregatining F.I.K.

Qozon qurilmalarini quyidagi belgilariga ko‘ra tavsiflash mumkin:

### **1. Bug‘ unumdorligiga ko‘ra:**

- a) bug‘ unumdorligi past  $-(0,01-5,5 \text{ kg/s})$ ;
- b) bug‘ unumdorligi o‘rtacha  $-(30 \text{ kg/s gacha})$ ;
- v) bug‘ unumdorligi yuqori  $-(500-1000 \text{ kg/s gacha})$ ;

### **2. Bug‘ bosimiga ko‘ra:**

- a) past bosimli  $-(P=0,8\div 1,6 \text{ MPa})$ ;
- b) o‘rta bosimli  $-(P=2,4\div 4 \text{ MPa})$ ;
- v) yuqori bosimli  $-(P=10\div 14 \text{ MPa})$ ;
- g) o‘ta yuqori bosimli  $-(P=25\div 31 \text{ MPa})$

### **3. Ishlatilishiga ko‘ra:**

- a) Energetik qozon qurilmalari, bular issiqlik elektr stansiyalarining bug‘ turbinalarini bug‘ bilan ta‘minlaydi;
- b) Sanoat qozon qurilmalari, bular sanoat ehtiyojlari (issiqlik apparatlari, issiqlik almashinuv apparatlari, mashinalarning bug‘ uzatmalari va shu kabilar) uchun bug‘ ishlab chiqaradi;
- v) Isitish qozon qurilmalari, bular mahalliy qozon qurilmalari bo‘lib, qozon qurilmasi yaqinida joylashgan binolarni issiq suv bilan ta‘minlaydi.
- g) Issiqlik–energetik qurilmalar, bularda issiqlikning asosiy qismi elektr energiyasi olishga sarflanadi, kamroq qismi isitish va turli-tuman texnologik jarayonlarni bajarish uchun yuboriladi.

Suv isitadigan qozonlarning issiqlik unumdorligi  $4\div 180$  Gkal/soat bo'lishi mumkin. Issiqlik unumdorligi 30 Gkal/soat bo'lgan qozonlarda, suvning qozondan chiqishidagi temperaturasi 423 K, suvning qozonga kirishdagi bosimi 1,6 MPa bo'ladi. Issiqlik unumdorligi 30 Gkal/soat va undan yuqori bo'lgan qozonlarda, chiqishdagi eng yuqori temperatura 450-470 K, suvning kirishdagi bosimi 2,5 MPa bo'ladi. Qozon agregatlari 8.1-rasmda ko'rsatilgan ketma-ketlikda takomillashib bordi. Takomillashtirishdan asosiy maqsad metal sarfini kamaytirish, qozonning tejamliligini va bug' unumdorligini oshirish, hamda parametrlari yanada ham yuqoriroq bo'lgan bug' olishdir. Hozirgi katta quvvatli qozonlarning boshlang'ich sxemasi 8.1-rasm (a,b) da keltirilgan silindr shaklidagi oddiy qozon edi.

XIX asrning o'rtalarida silindrsimon va o't-quvurli qozonlardan (v) suv-quvurli (v-m) qozonlarga o'tildi. Qozonlarni takomillashtirish ikki yo'nalishda bordi: birinchidan gaz-quvurli, ikkinchidan suv-quvurli qozonlar yaratildi.

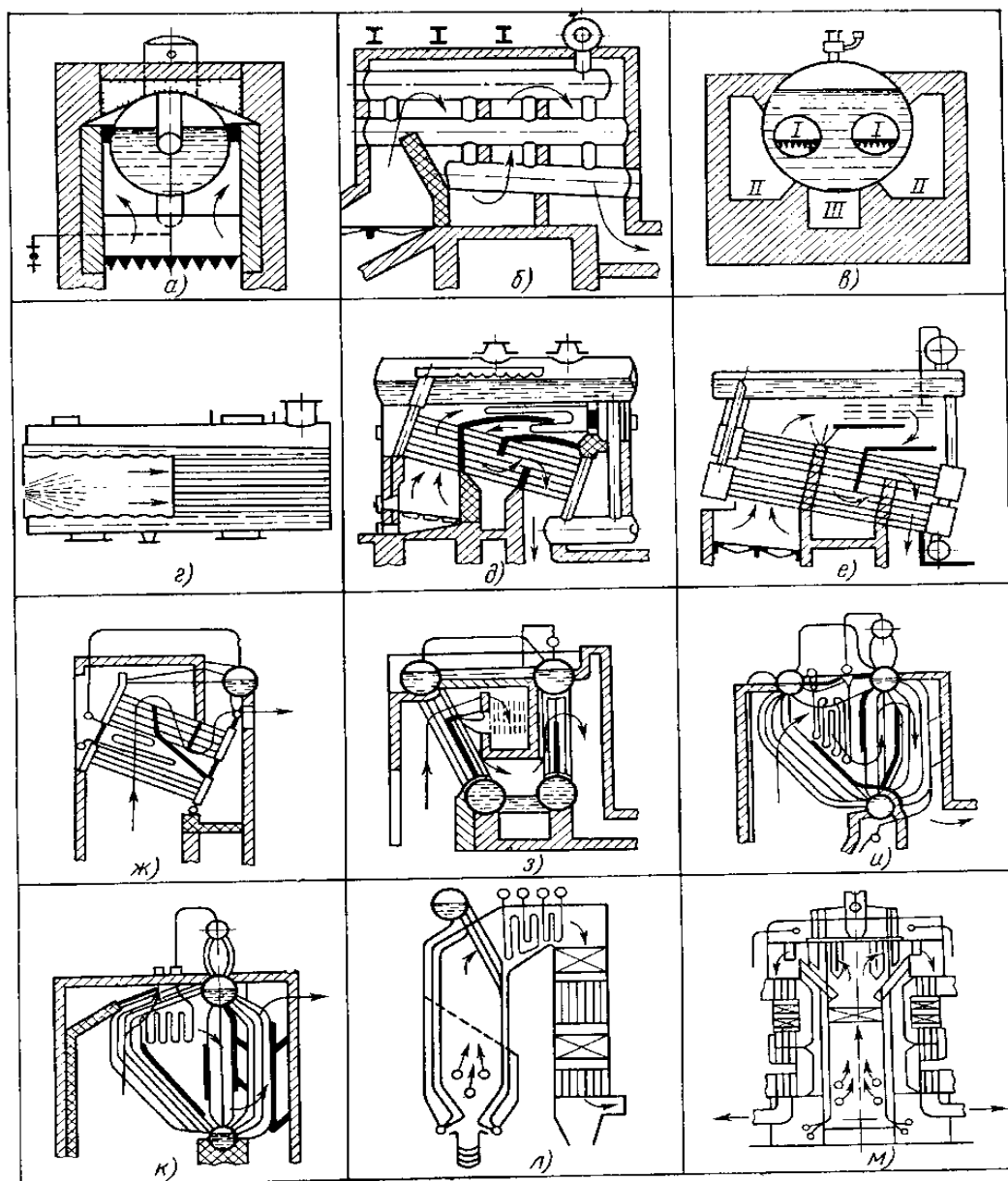
Natijada quvurlarning diametrini kamaytirgan holda isish sirtini kattalashtirishga erishildi, chunki gazlarga qaraganda suvga issiqlik berish yuqori bo'ladi, bu esa metallni tejash va unumdorlikni ko'tarish imkonini berdi.

Kameralli gorizontall suv-quvurli qozonlarda (d,e) qaynatish quvurlar to'plami o'zining uchlari bilan yassi kameralarga ulanar edi. Bular anker boltlari ko'pligi tufayli murakkab bo'lib, bug' bosimini 12-15 bar dan yuqori ko'tarishga imkon bo'lmadi.

Bu kamchiliklar gorizontall suv-quvurli qozonlarda sezilarli darajada bartaraf etildi. Bularda yassi kameralar o'rniga silindrsimon qopqoqlar qo'llanildi, ularga to'g'ri quvurlar to'plami ulandi, quvurlar ikki to'plam holda gorizontall ravishda barabanga (j) birlashdi. Shu tufayli bug'ning bosimi ortdi, quvurlarning soni va uzunligi ortishi esa, qozonning unumdorligini oshirish imkonini yaratdi. Barabanlar avvalo uzunasiga, keyinroq ko'ndalangiga joylashtirildi. Suv ekonomayzerlari va havo isitkichlarni qo'llash natijasida qozonlarning tejamliligi va unumdorligi ortdi.

Gorizontall suv-quvurli qozonlar o'z vaqtida gaz quvurli qozonlarga nisbatan katta afzalliklarga ega edi, lekin ularning hozirgi vertikal suv-quvurli qozonlarga qaraganda muhim kamchiliklari bor. Avvalo, bir necha barabanning bo'lishi metall

sarfini oshirib yuboradi, qimmat turadigan tutashtirish kameralari esa, qozon narxini ortishiga sabab bo'ldi.

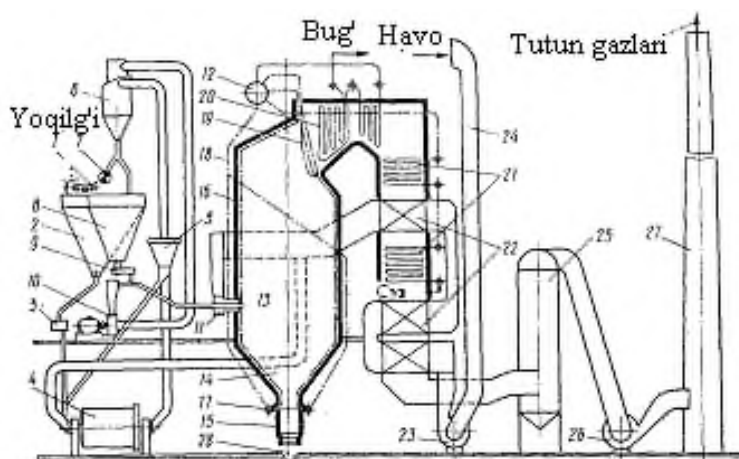


**8.1-rasm. Tabiiy sirkulyatsiyali qozonlarning takomillashib borishi:**

*a – silindrsimon; b-batareyali; v-o't quvurli; g-o't va tutun quvurli; d,e-kamerali gorizont-al-suv quvurli; j-bo'limli gorizont-al-suv quvurli; z-qaynatish quvurlari to'g'ri bo'lgan; i,k-qaynatish quvurlari egilgan; l- P-simon bir barabanli qozon; m- T-simon zamonaviy barabanli qozon agregati.*

Shuning uchun ularni vertikal suv-quvurli qozonlar siqib chiqardi va hozirgi paytda gorizont-al suv-quvurli qozonlar ishlab chiqarilmaydi. Vertikal suv-quvurli

qozonlar dastlab qozonning eng qimmat qismining—barabanlarning soni ko‘p qilib qurilar (z,i) edi.



### 8.2-rasm. Qozon qurilmasining texnologik sxemasi.

1 – transporter; 2 – nam ko‘mir bunker; 3 – nam ko‘mir taqsimlagich; 4– ko‘mir maydalaydigan tegirmon; 5 – separator; 6 – siklon; 7 – chang vinti; 8 – ko‘mir changi bunker; 9 – ko‘mir changi ta‘minlagichi; 10 – tegirmon ventilyatori; 11 – gorelkalar; 12 – baraban; 13 – o‘txona; 14 – sovuq voronka; 15 – shlak yig‘gich; 16 – o‘txona ekranlari (ko‘tarish quvurlari); 17 - ekran kollektorlari; 18 – tushirish quvurlari; 19 – feston; 20 – bug‘ qizdirgich; 21 – suv ekonomayzeri; 22 – havo qutisi; 23 – puflash ventilyatori; 24 – havo tortishi qutisi; 25 - gaz tozalash qurilmasi; 26 – so‘rish ventilyatori; 27 – tutun quvuri –mo‘ri; 28 – kul-shlak chiqarish kanali.

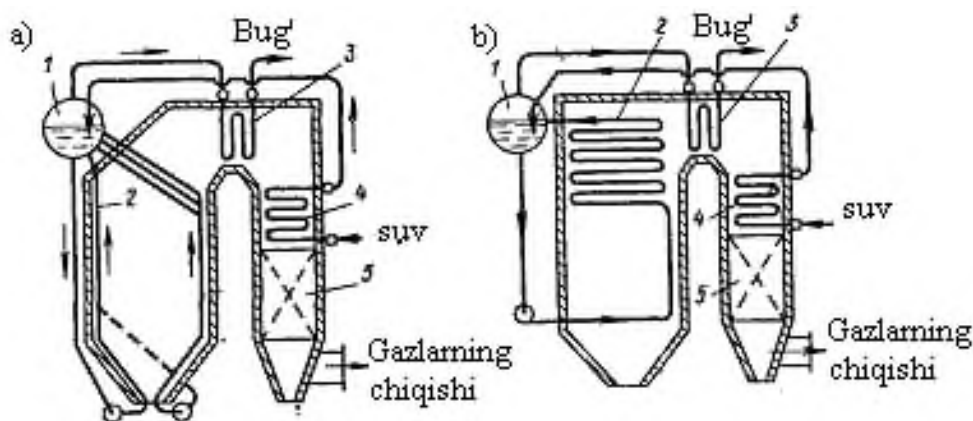
Vertikal suv-quvurli qozonlarning keyingi takomillashuvi natijasida barabanlarning soni bittaga keltirildi (k,l,m), qaynatish quvurlarining to‘plami bevosita baraban bug‘ yig‘gichga tutashtirildi. Shunday qilib, barabanlar sonining kamayishi bilan bir vaqtda qozon isish sirtining konvektiv qismi qisqardi va o‘txonada ekranlar tarzida joylashgan radiatsion qismi ko‘paydi. Zamonaviy bug‘ qozon qurilmasi (8.2-rasm) qozon agregatidan va yordamchi qurilmalardan (ko‘mirni maydalash va chang tayyorlash, yoqilg‘i va suvni uzatish, havoni va yoqilg‘i mahsulotlarini tortish va puflash, nazorat-o‘lchov asboblari, avtomatik boshqarish asboblari) tashkil topgan.

Qozon devorlarining o'ta qizib ketishi ularning buzilish xavfini tug'diradi. Buning oldini olish uchun qozonning qizigan sirtlaridan issiqlikni tez olib turish kerak. Buning uchun isitish sirtlari bo'ylab suv va suv-bug' aralashmasining harakatini tegishli tarzda tashkil etish lozim.

Suv va suv-bug' aralashmasining isitish sirtlari bo'ylab harakatlanish tavsifiga ko'ra qozon agregatlari uch turga bo'linadi:

- 1) tabiiy sirkulyatsiyali;
- 2) majburiy sirkulyatsiyali;
- 3) to'g'ri oqimli.

8.3-rasmda suv quvurli qozonlarning sirkulyatsion sxemasi keltirilgan.



**8.3-rasm. Qozon sxemalari.**

*a – tabiiy sirkulyatsiyali; b – majburiy sirkulyatsiyali; 1 – baraban; 2 – isitish sirtlari; 3 – bug' qizdirgich; 4 – ekonomayzer; 5 – havo isitkich.*

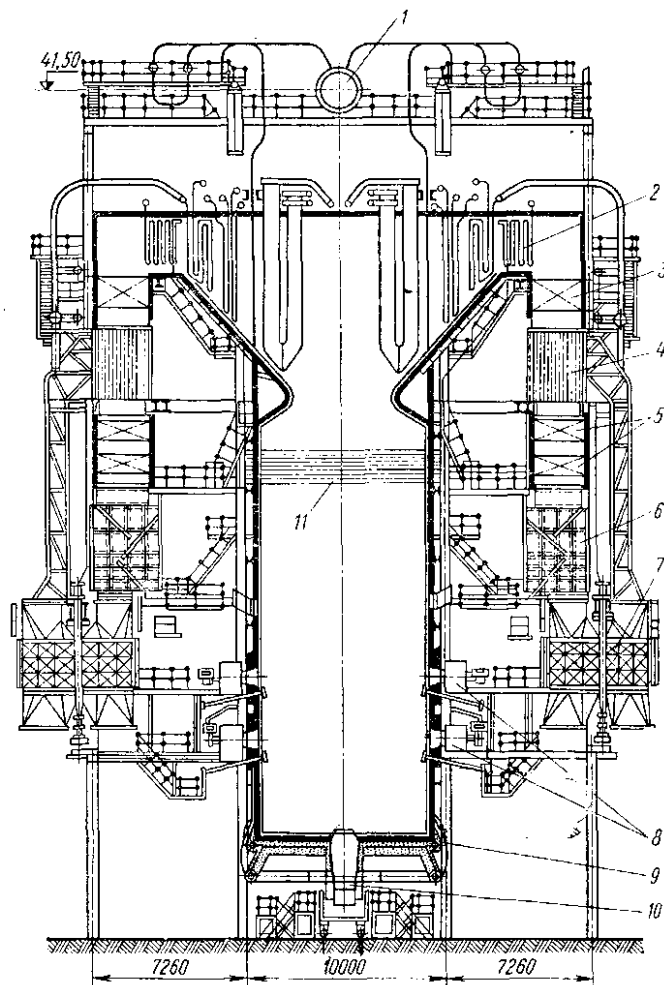
Tabiiy sirkulyatsiyali bug' qozonlarida suv yopiq sirkulyatsiyali konturda (8.3-rasm, a): «baraban – tushirish quvuri – pastki kollektor – ko'tarish quvuri – baraban» da harakat qiladi. Bunday qozonlarda suvning va suv – bug' aralashmasining harakatlanishi ularning zichliklari orasidagi farqqa asoslanib amalga oshiriladi. Majburiy sirkulyatsiyali qozonlarda suv bilan suv-bug' aralashmasi sirkulyatsion nasos yordamida harakatlantiriladi.

Zamonaviy qozon agregatlari asosan tabiiy yoki sun'iy gazda, mazutda, changsimon ko'mirda ishlaydi. Zamonaviy qozon agregatlarining ishlab chiqaradigan bug'ining sarfi 400-450 t/soat, bosimi 2,5 MPa gacha, temperaturasi

700-850 K ga yetadi. Qurilishi jihatidan zamonaviy qozon agregatlariga kam metall sarflangan, boshqarish yetarli darajada mexanizatsiyalashtirilgan va avtomatlashtirilgan, ekologik nuqtai nazardan atrof - muhitga o'ta zaharli gazlarni kamroq chiqaradi. Bunga 8.4-rasmda keltirilgan yuqori quvvatli, qattiq yoqilg'ida ishlaydigan tabiiy sirkulyatsiyali TP-100 markali (Taganrog zavodi, Rossiya) qozon agregati misol bo'la oladi. Bunday qozonning bug' unumdorligi 640 t/soat, bug'ning bosimi 14 MPa va temperaturasi 570<sup>0</sup>S, qaynoq havo temperaturasi 403<sup>0</sup>S, chiqib ketayotgan gazlar temperaturasi 128<sup>0</sup>S, F.I.K. 90,2%. Hozirgi vaqtda qozon agregatlarini yig'ishni arzonlashtirish va tezlashtirish maqsadida uning qismlari tayyor bloklar tarzida tayyorlanmoqda. Masalan, unumdorligi past va o'rtacha (2,5 dan 15 kg/s gacha) bo'lgan SU va SA turdagi (Belgorod zavodi, Rossiya) qozonlar olti blokdan tashkil topgan. Bloklar yig'ish maydoniga oson tashib keltiriladi va u yerda qozon agregati tezda yig'iladi.

Odatda, bunday qozon agregatlari bir yoki ikki barabanli qilib tayyorlanadi. Unumdorligi past bo'lgan qozonlarga DKVR (Biysk qozon zavodi, Rossiya) markali qozonlar misol bo'ladi. Bu barabanlari uzunasiga joylashgan va konvektiv quvurlar to'plami zich joylashgan ikki barabanli vertikal suv-quvurli qozon agregatidir (8.5-rasm). Qozonda o'txona devorlarini ekran quvurlari 1 berkitadi. Orqa ekranning qiya qismida shaxmatli pardadevor 12 o'rnatilgan. Pardadevor o'txona kamerasini ikki qismga bo'ladi: o'txona va yonib bo'lish kamerasi 6. Yonib bo'lish kamerasidan chiqqan o'txona gazlari yuqori 12 va pastki 14 barabanlar o'rtasida joylashgan konvektiv quvurlar to'plamini yuvib o'tadi. To'plamning boshlanishida bug' qizdirgich quvurlari 9, keyinroq esa qozon quvurlar to'plami 11 joylashadi. Kollektorlar 2,3 ga bug'-suv aralashmasi keladi. Aralashmadan ajratilgan suv sirkulyatsion quvurlar 4 bo'ylab pastki kollektorlarga tushadi, suv tomchilari ko'p bo'lgan bug' esa, bug' olib ketadigan quvurlar orqali ikkita vertikal siklon 5 ga yuboriladi. Siklonda ajralgan suv, suv uzatish quvurlari 7 bo'ylab ekranlarning pastki kollektorlariga tushadi. Siklondan chiqqan bug', quvurlar 8 bo'ylab baraban 9 ichidagi ajratish qurilmasiga yuboriladi, u yerdan esa qozonning bug' qizdirgichiga yoki birdaniga iste'molchiga (agar qozonda bug' qizdirgich bo'lmasa)

yuboriladi. Ta'minot suvi klapanlar 10 orqali qozonga keladi. Qozonlar, masalan, DKVR-20-1,4-523 turidagi, quyidagicha belgilanadi: birinchi son – bug' unumdorligi (t/soatda), ikkinchi – bug' bosimi (MPa da), uchinchi – bug' temperaturasi (K da).



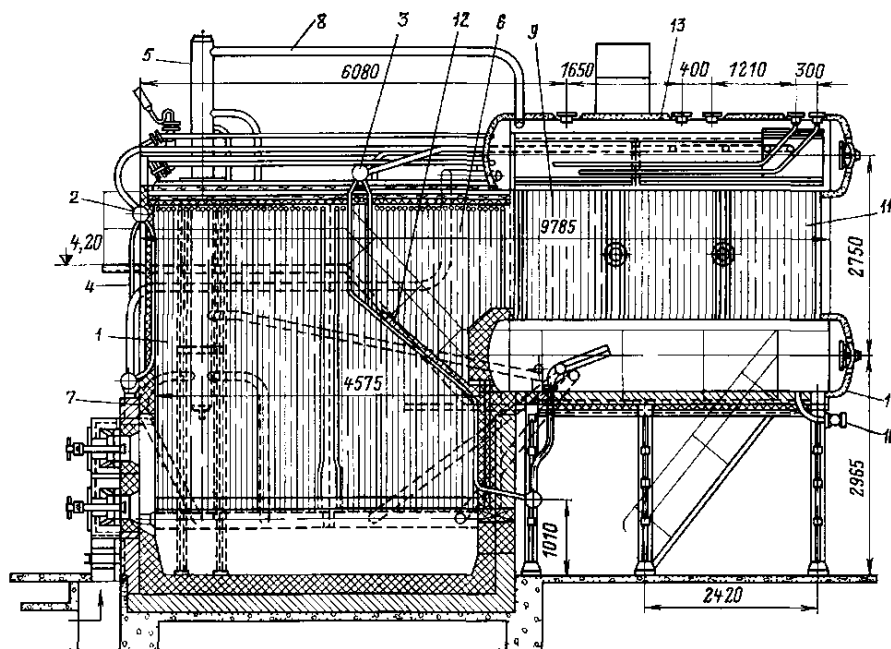
**8.4-rasm. Tabiiy sirkulyatsiyali TP-100 qozon agregati.**

1- baraban; 2- bug' qizdirgichning konvektiv qismi; 3- ikkilamchi bug' qizdirgich; 4- quvurli havo isitkich; 5- ekonomayzer; 6- gaz yo'llari; 7- regenerativ havo isitkich; 8- ko'mir changini yoqish gorelkasi; 9- o'txonaning tirqishli tagi; 10- suv vannasi va shlak transporter; 11- bug' qizdirgichning radiatsion qismi.

Agar belgilashda uchinchi son bo'lmasa, demak qozon to'yingan bug' ishlab chiqaradi.

DKVR tarzidagi qozon agregatlari bug' qizdirgich bilan yoki bug' qizdirgichsiz ishlab chiqariladi. Bu qozonlarning asosiy ko'rsatkichlari 8.1-jadvalda keltirilgan.





**8.5-rasm. Gaz-mazutda ishlaydigan DKVR –20-13-250 qozon agregati.**

DKVR turidagi qozon agregatlar sanoat issiqlik energetikasida va issiqlik ta'minoti tuzilmalarida keng qo'llanilmoqda. Bunday qozonlarda barcha turdagi yoqilg'ini yoqish mumkin. Shu sababli qozonlarning o'txonalari turlicha bo'lishi mumkin, F.I.K. esa, 75 dan 91% gacha bo'ladi.

**DKVR qozon agregatlarining asosiy ko'rsatkichlari.**

8.1-jadval.

Qozon turi	Bug' unumdorligi, kg/s/m /soat	Qozon- dan chiqishdagi bug' bosimi, MPa	Bug' temperaturasi K	Qozonning isitish yuzasi, m <sup>2</sup>			Bug' qizdirgich isitish yuzasi, m <sup>2</sup>
				Radiatsion	Konvektiv	Umumiy	
DKVR-2,5-1,4	0,695/2,5	1,4	To'yingan*	17,7	72,6	91,3	-
DKVR-4-1,4-523	1,1/4	1,4	523	21,4	107,6	129	8,5
DKVR-6,5-1,4	1,8/6,5	1,4	To'yingan	27,9	197,4	225,3	-
DKVR-10-2,4-643	2,78/10	1,4/2,4	643	47,9	207,5	255,4	17
DKVR-20-1,4-523	5,56/20	1,4/2,4	523	73,5	285	358,5	34
DKVR-35-1,4	9,75/35	1,4	To'yingan	86,1	437,4	523,5	-

\*To'yinish temperaturasi.

DKVR qozon agregatlarini suv-isitish qozonlari sifatida ishlatish mumkin. Buning uchun qozon ustiga bug‘-suv isitkichi o‘rnatiladi va qozonning sirkulyatsiya sxemasiga ulanadi. Bug‘ tarmoq suvini isitib kondensatsiyalanadi, kondensat esa, isitkichdan pastki barabanga o‘zi oqib tushadi.

Hozirgi vaqtda DKVR turidagi qozonlar past bosimli KE, DE, E-GMN kabi bug‘ qozon agregatlari bilan asta-sekin almashtirilmoqda. Bular ikki barabanli, vertikal suv-quvurli qozonlar bo‘lib, ularning konvektiv quvurlar to‘plami bukilgan quvurlardan tashkil topgan. Qozon qoplamasining vazni kamaytirilgan, qaynatish quvurlar to‘plami zich joylashgan, yonish yuzasining issiqlik kuchlanishi va o‘txona bo‘shlig‘ining solishtirma issiqlik kuchlanishi yuqori.

**Bug‘ qozon agregatlarinig asosiy ko‘rsatkichlari.** 8.2-jadval.

Qozon agregati turi	Bug‘ unumdorligi, t/soat	Bug‘ bosimi, MPa	Bug‘ turi
KE-2,5-14S*	2,5	1,4	To‘yingan bug‘
KE-10-14S	10	1,4	To‘yingan bug‘
KE-10-14-225S	10	1,4	t=225°S li o‘ta qizigan bug‘.
KE-25-24-250S	25	2,4	t=250°S li o‘ta qizigan bug‘.
DE-4-14 GM	4	1,4	To‘yingan bug‘
DE-25-14-GM	25	1,4	To‘yingan bug‘
DE-16-14-225GM	16	1,4	t=225°S li o‘ta qizigan bug‘.
DE-25-24 GM	25	2,4	To‘yingan bug‘
E-4-14 GMN	4	1,4	To‘yingan bug‘
E-10-14 GMN	10	1,4	To‘yingan bug‘
E-10-14 225 GMN	10	1,4	t=225°S li o‘ta qizigan bug‘.
E-25-14 GMN	25	1,4	t=225°S li o‘ta qizigan bug‘.

\* Seriyalab ishlab chiqariladi.

Buning natijasida yangi qozon agregatlarining bug‘ unumdorligi ortdi. Masalan, KE-4 (D=4 m/soat) qozon agregatining o‘txona kamerasi o‘lchamlari DKVR-2,5 (D=2,5 t/soat) qozon agregati kabi; KE-6,5 (D=6,5 t/soat) va KE-10 (D=10 t/soat) qozon agregatlari o‘txona kamerasi o‘lchamlari mos ravishda DKVR-4 (D=4 t/soat) va DKVR-6,5 (D=6,5 t/soat) qozon agregati o‘lchamlari kabi. KE,DE, E-GMN seriyadagi qozonlarning asosiy ko‘rsatkichlari 8.2-jadvalda keltirilgan.

## 8.2. To'g'ri oqimli qozonlar

Tabiiy yoki majburiy sirkulyatsiyali suv-quvurli qozonlarda eng kamida bitta baraban bo'lishi kerak. Barabanda suv bug'dan ajraladi va unda qozonning barcha sirkulyatsion konturlari tutashadi. Energetik qozonlarda ishchi bosimning oshishi baraban devorining qalinligini orttirishga (0,1 m gacha) sabab bo'ldi.

Buning natijasida barabanni tayyorlash jarayoni murakkablashdi va uning narxi oshib ketdi. Bosimning ortishi natijasida qozon konturidagi sirkulyatsiya ancha qiyinlashadi, chunki bosim ortishi bilan bug'ning zichligi suvning zichligiga yaqinlashadi, kritik nuqtada esa tenglashadi. Shuning uchun kritik bosimga yaqin va undan yuqori bosimlarda albatta majburiy sirkulyatsiyani qo'llash lozim. Yuqorida ko'rsatilgan vaziyat barabansiz qozonlarni-to'g'ri oqimli qozonlarni yaratishga asosiy sabab bo'ldi. Agar tabiiy sirkulyatsiyali qozonlarda suvning majburiy harakatlanishi faqat suvning suv ekonomayzerlaridagina bo'lsa, to'g'ri oqimli qozonlarda qozonga suv kelishidan tortib, o'ta qizigan bug' olinishigacha bo'lgan jarayon majburiy ravishda va bir marta amalga oshiriladi. Suv, bug'-suv aralashmasi va bug' ta'minlash nasosi yordamida haydaladi.

XX asrning 30-yillarida prof. L. K. Ramzin to'g'ri oqimli qozonning o'ziga xos loyihasini yaratdi va bu qozon qurilib ishga tushirildi. Bu qozonning bug' unumdorligi 55 kg/s, bug' bosimi 137 bar va temperaturasi 500°S edi. L. K. Ramzin tizimidagi to'g'ri oqimli qozonning sxemasi 8.6-rasmda keltirilgan.

Ta'minlash suvi nasos yordamida ekonomayzer 6 ga uzatib beriladi, bu yerda u kirayotgan gazlarning issiqligi hisobiga isiydi va qozon agregati radiatsion qismining ekran quvurlariga kiradi. Ekranlarning pastki qismida suv qaynash temperaturasiga qadar isiydi. U quvurlar bo'ylab yuqoriga tomon siljigan sari bug' hosil bo'lish jarayoni davom etadi.

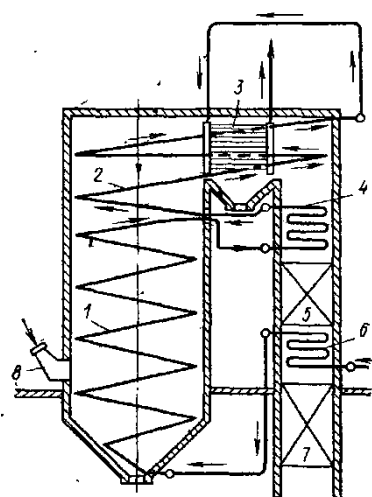
Tarkibidagi bug' miqdori 70-75% ( $x=0,7\div 0,75$ ) bo'lganda bug'-suv aralashmasi radiatsion qismdan konvektiv qismga – oraliq soha 4 ga o'tadi. Bu yerda suv oxirigacha bug'lanib, tuzlar cho'kmaga tushadi. Bu sohada gazlarning cho'kishi radiatsion sohadagidan xavfli emas, chunki bu yerda gazlarning temperaturasi qozon

o‘txonasidagi temperaturadan past bo‘ladi. Shuning uchun quyqa qatlamning hosil bo‘lishi quvurlarning xavfli darajada o‘ta qizib ketishiga sabab bo‘la olmaydi.

Bug‘ oraliq soha 4 dan bug‘ qizdirgichning konvektiv qismi 3 ga va nihoyat iste‘molchiga beriladi. Qozon agregatining konvektiv shaxtasida havo isitkich 5,7 ning ikki bosqichi joylashadi. To‘g‘ri oqimli qozonning barabanli qozonga nisbatan afzalliklari shundaki, unda yuqori va o‘ta yuqori parametrli bug‘ olish mumkin (1900 t/soat gacha), qozonni tez ishga tushirish mumkin ( $\approx 1$  soat) va portlash xavfi nisbatan kam.

To‘g‘ri oqimli qozonlarning asosiy kamchiliklari quyidagilardan iborat:

- a) ta‘minlash suvining sifatiga katta talab qo‘yiladi. Suvning tarkibida tuzlar bo‘lmasligi lozim, aks holda qasmoq to‘planib quvurni kuyishiga sabab bo‘ladi. Shuning uchun qozon o‘tirib qolgan qasmoqdan tozalanib turiladi;
- b) issiqlikni to‘plash xususiyati kichik. To‘g‘ri oqimli qozonlarda suv zahirasi yo‘q. Shuning uchun o‘txona ishini va ta‘minlash suvini uzatishni bir-biriga moslash kerak, bu odatda, ancha qiyinchilik tug‘diradi;
- v) qozonning gidravlik qarshiligi katta va demak ta‘minlash nasoslariga elektr energiyasi ko‘p sarf bo‘ladi.



**8.6-rasm. To‘g‘ri oqimli qozon agregatining sxemasi.**

*1-radiatsion qism; 2-radiatsion bug‘ qizdirgich; 3-bug‘ qizdirgichning konvektiv qismi; 4-oraliq soha; 5,7-havo isitkichining birinchi va ikkinchi bosqichi; 6-ekonomayzer; 8-gorelka.*

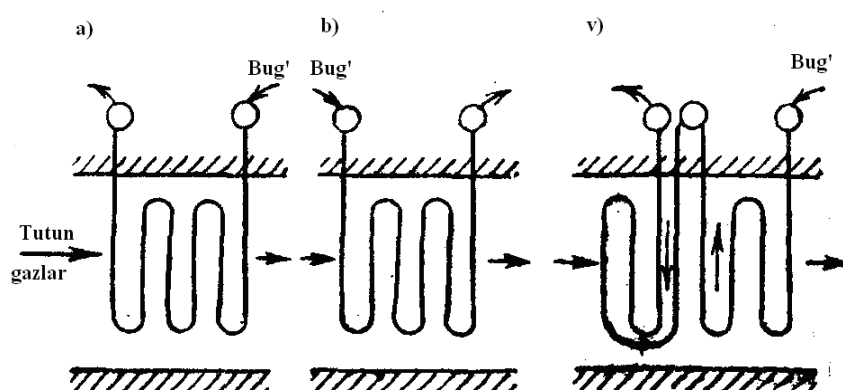
Hozirgi paytda bug‘ning parametrlari kritik parametrlardan yuqori (25,5 MPa; 843 K), bug‘ unumdorligi 254 kg/s (300 MVt), 455 kg/s (500 MVt) va 695 kg/s (800 MVt) bo‘lgan to‘g‘ri oqimli qozonlar keng qo‘llanilmoqda.

### **8.3. Qozon agregatning asosiy issiqlik uzatish sirtlari**

**Bug‘ qizdirgichlar.** Bug‘ qizdirgichlar bug‘ni quritish va uni berilgan temperaturagacha qizdirish uchun mo‘ljallangan. Qozon agregatida joylashuviga

ko‘ra bug‘ qizdirgichlar radiatsion, konvektiv va aralash xillariga bo‘linadi. Bug‘ qizdirgich 30-40 mm li quvurlardan tayyorlanib, kollektorlarga payvandlangan parallel ishlaydigan bir qancha bukilgan quvurlardan iborat. Ular gorizontaal yoki ko‘pincha vertikal joylashtiriladi. Bug‘ va tutun gazlari oqimlarining yo‘nalishiga qarab bug‘ qizdirgichlar qarshi oqimli, to‘g‘ri oqimli va kombinatsiyalashgan xillarga bo‘linadi .

Qarshi oqimli bug‘ qizdirgichlarda (8.7-rasm, a) bug‘ quvurlarining birinchi (bug‘ yo‘li bo‘ylab) o‘ramiga kirib qiziy boshlaydi. U oxirgi o‘ramlarda deyarli oxirgi qizish temperaturasigacha qiziydi. Bu vaqtda quvurlarning tashqi sirti tutun gazlarining eng qaynoq oqimlari bilan yuvilib turadi. Shunday qilib qarshi oqimli bug‘ qizdirgichning isish sirtidan eng ko‘p darajada foydalaniladi. To‘g‘ri oqimli bug‘ qizdirgichlarda (8.7-rasm, b ) quvurlarning birinchi o‘ramlari (bug‘ning yo‘li bo‘ylab) eng issiq tutun gazlari bilan yuviladi. Bunda tutun gazlarining temperaturasi asta sekin pasayadi, bug‘ning temperaturasi esa ko‘tariladi. Buning natijasida gaz bilan bug‘ning temperaturasi dastlab bir-biridan katta farq qiladi. Oxirida esa bu farq juda kichik bo‘ladi. Agar bunda bug‘ qizdirgichga nam bug‘ kiradigan bo‘lsa, u holda namlik bug‘langanda bug‘ tarkibidagi tuzlar quvurlarning gazlar juda kuchli qizdiradigan qismlariga o‘tirib qoladi, bu bug‘ qizdirgich quvurlarining ortiqcha qizib ketishiga olib keladi.

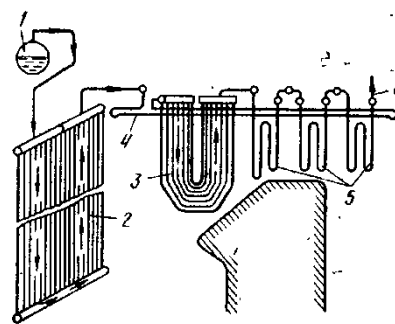


**8.7-rasm. Vertikal-konvektiv bug‘ qizdirgichlar sxemasi.**

Kombinatsiyalashgan bug‘ qizdirgichlar hozir eng ko‘p qo‘llanilib kelinmoqda. Bunday bug‘ qizdirgichlarining bir qismi qozon agregatining radiatsion qismida, qolgan qismi konvektiv qismida joylashgan. Radiatsion qism o‘txonaning

jadal yonish sohasining yuqori qismiga joylashtiriladi va issiqlikni nurlanish va konvektsiya tufayli o‘ziga oladi (8.8-rasm).

Past va o‘rta bosimli qozon agregatlarida asosan konvektiv bug‘ qizdirgichlar qo‘llaniladi. Bug‘ qizdirgich quvurlari og‘ir issiqlik sharoitida ishlaydi. Shuning uchun quvurlarni bug‘ bilan sovutib turish eng asosiy vazifa hisoblanadi. Bug‘ qizdirgich quvurlarini sovutish ishonchliligini ko‘rsatuvchi kattalik – bug‘ning massaviy tezligi  $\rho\omega$



**8.8-rasm. Radiatsion - konvektiv bug‘ qizdirgich:**

*1-baraban; 2-devorga*

dir.

Issiqlik jadal qabul qilinadigan sohada bug‘ning massaviy tezligi 700-1100 kg/(m<sup>2</sup>.s), konvektiv bug‘ qizdirgichlarda  $\rho\omega = 250-600$  kg/(m<sup>2</sup>.s) bo‘lishi kerak. Bug‘ qizdirgich quvurlari legirlangan po‘latlardan tayyorlanadi. O‘ta qizigan bug‘ temperaturasi 500 °S gacha bo‘lsa, 10 va 20 markali po‘latlar ishlatiladi; 500 dan 600 °S gacha teperaturalarda 12X1MF markali po‘lat va 600 °S dan yuqori teperaturalarda 12X2MSF R\* markali po‘lat ishlatiladi. Bug‘ning quvurlardagi o‘rtacha tezligi 20 – 25 m/s bo‘ladi. Tezlik ortgan sari gidravlik qarshiliklar ham ortadi, kichik tezliklarda esa, sovutish yomonlashadi. Shuning uchun quvurlarni sovutish uchun eng maqbul tezliklar aniqlanadi.

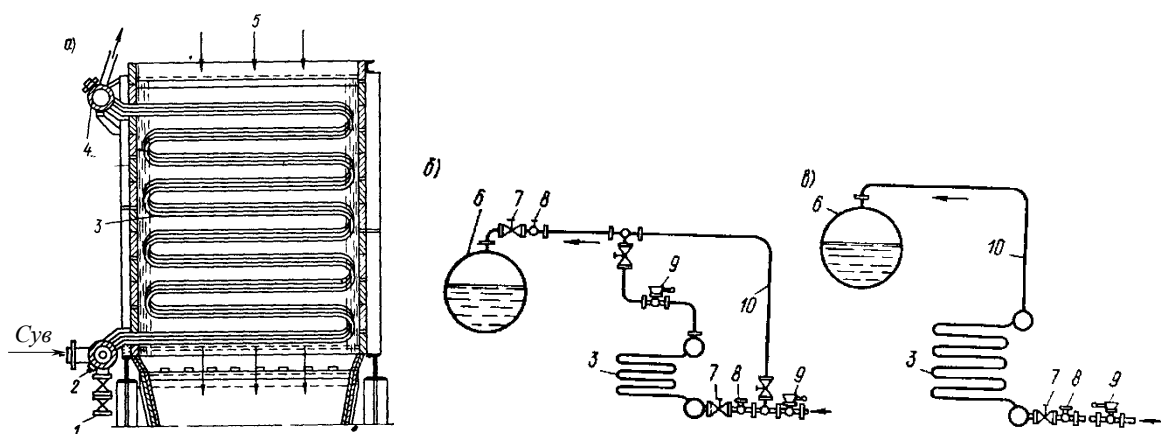
**Suv ekonomayzerlari.** Suv ekonomayzerlari ta‘minlash suvini qozon agregatining bug‘latgich qismiga kiringunga qadar isitish uchun mo‘ljallangan. Ekonomayzerlarda ta‘minlash suvi o‘txonadan chiqayotgan tutun gazlari hisobiga isiydi.

Ekonomayzerlar tayyorlangan material turiga qarab po‘latli va cho‘yanli, sirtning shakliga qarab qovurg‘asimon va silliq quvurli, suvni isitish darajasiga qarab qaynaydigan va qaynamaydigan ekonomayzerlarga bo‘linadi.

Cho‘yan ekonomayzerlar odatda, issiqlik uzatishni orttirish maqsadida qovirg‘alangan quvurlardan tayyorlanadi. Bunday ekonomayzerlar bosimi 2,3 MPa bo‘lgan past va o‘rta quvvatli qozon agregatlarida qo‘llaniladi. Cho‘yanning mexanik mustahkamligi kichikligi tufayli bunday ekonomayzerlarni yana ham yuqori bosimlarda qo‘llash mumkin emas.

Cho‘yan ekonomayzerlar qaynamaydigan ekonomayzerlar qatoriga kiradi. Bularda suv qaynash temperaturasidan 20 – 40 K past temperaturasigacha isiydi. Isitish paytidagi suvning quvurdagi tezligi 0,5 – 1 m/s bo‘ladi. Yuqori o‘tayotgan gazlarning tezligi qattiq yoqilg‘i yoqilganda 7 – 10 m/s atrofida, gaz va mazut yoqilganda 6 – 8 m/s atrofida bo‘lishi mumkin. Bunday tezliklarda sirtning aerodinamik qarshiligi yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lgan chegarada bo‘ladi. Po‘lat ekonomayzerlar bosimi 2,3 MPa dan yuqori bo‘lgan qozon agregatlarida ishlatiladi. Ular diametri 28 – 42 mm li quvurlardan gorizont-al-bukilgan quvurlar tarzida tayyorlanadi (8.9-rasm).

Po‘lat ekonomayzerlarning qaynaydigan xili ham, qaynamaydigan xili ham bo‘ladi. Qaynamaydigan ekonomayzerlarda suv qaynash temperaturasidan 40–50 K past temperaturagacha isiydi. Quvurlarda suvning tezligi 0,3–0,5 m/s atrofida bo‘ladi. Unumdorligi yuqori bo‘lgan barabanli qozon agregatlarida asosan po‘latli qaynaydigan ekonomayzerlar ishlatiladi.



**8.9-rasm. Po‘latli ekonomayzer.**

*a – umumiy ko‘rinish; b, v - mos ravishda qaynamaydigan va qaynaydigan ekonomayzerlarning ulash sxemasi; 1,7 – tushirish va berkitish jo‘mragi; 2 – kiritish kollektori; 3 – ekonomayzer quvurlari; 4- isitilgan suvni kiritish kollektori;*

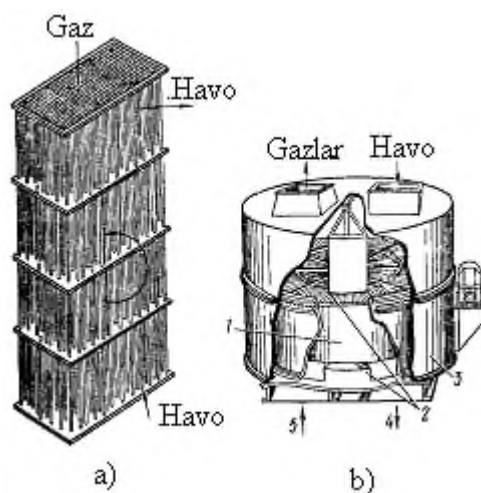
5- gazlarni kiritish; 6- qozon barabani; 8,9 – ta'minlash va saqlash klapanlari; 10 – suv bilan ta'minlovchi aylanma quvur.

**Havo isitgichlari.** Havo isitgichlar yoqilg'ini yoqish uchun o'txonaga yuboriladigan havoni isitishga mo'ljallangan. Havo tutun gazlari hisobiga isiydi. O'txonaga yuborilayotgan issiq havo yoqilg'i yonish sharoitini yaxshilaydi, kimyoviy va mexanik to'la yonmaslikdan kelib chiqadigan isroflarni kamaytiradi, yonish temperaturasini orttiradi, issiqlik almashuvini jadallashtiradi, natijada qurilmaning F.I.K. ortadi. Chiqib ketayotgan gazlarning temperaturasi 20-25 K ga pasaysa, qurilmaning F.I.K. 1% ga ortadi.

Havoni isitish temperaturasi yoqilg'i turiga va yondirish usuliga qarab tanlanadi. Qattiq yoqilg'ini qatlamli yoqishda bu temperatura namlikka va uchuvchan moddalarni chiqishiga bog'liq bo'ladi. Namlik va uchuvchan moddalar chiqishi kamayishi bilan yonayotgan qatlam temperaturasi ortadi. Shuning uchun suyuq shlakni hosil bo'lishini oldini olish va o'txonani mo'tadil ishlashini ta'minlash maqsadida qo'ng'ir va toshko'mirlar yoqilganda havo 520 K gacha isitilishi kerak.

Bunday ko'mirlar mash'ala usulida yondirilganda havo 523-573 K gacha isitiladi, gaz va mazut yoqilganda ham havo 523–573K atrofida isitiladi.

Havo isitgichlar rekuperativ va regenerativ bo'ladi (8.10- rasm). Diametri 25-50 mm li po'lat quvurlardan tayyorlangan quvurli rekuperativ havo isitgichlar keng tarqalgan havo isitgichlaridir (8.10-rasm; a).



**8.10-rasm. Havo isitgichlari.**



*a – rekuperativ havo isitgich; b – regenerativ havo isitgich;*

*1 – rotor; 2 – po‘lat tunuka; 3 – g‘ilof; 4- havo qutisi; 5- gaz qutisi.*

Tutun gazlari havo isitgichning vertikal o‘rnatilgan quvurlari ichida yuqoridan pastga tomon harakat qiladi. Havo kirish qutisiga gorizontaal yo‘nalishda kiradi va quvurlarning tashqi devorini yuvib o‘tib, isiydi; so‘ngra chiqish qutisidan o‘txonaga kiradi. Havo tezligini gaz tezligiga nisbati taxminan 0,5 ga teng qilib olinsa, eng yuqori issiqlik berish koeffitsientiga erishiladi ( $15 - 20 \text{ Vt/m}^2 \cdot \text{K}$ ). Regenerativ havo isitgichlari asosan yirik energetik qozon agregatlarida qo‘llaniladi (8.10-rasm, b). Aylanuvchan rotor alohida qismlarga bo‘linib, ular issiqlikni yig‘a oladigan metall tunukalar bilan to‘ldiriladi. Aylanish jarayonida nasadka dastlab, chiqib ketayotgan gazlar bilan, so‘ngra isitiladigan havo bilan yuvilib turiladi. Bunda issiqlik tutun gazlaridan sovuq havoga uzatiladi.

#### **8.4. Qozon qurilmasining yordamchi uskunalari**

Tortish – puflash qurilmalari. Qozon agregatini bir me‘yorda ishlashini ta‘minlash maqsadida yoqilg‘i yonishi uchun zarur bo‘lgan havoni uzluksiz uzatib turish va yonish mahsulotlarini muttasil chiqarib turish kerak. O‘txonaga, chang tayyorlash tizimiga va qozon agregatining boshqa qismlariga havo va gaz berish uchun ishlatiladigan ventilyatorlarning barcha turlari puflash qurilmalari jumlasiga kiradi. Qozon agregatlarining rostdash surma klapanlari bor gaz yo‘llari, tutun mo‘risi va sun‘iy ravishda tortadigan tutun tortgichlar tortish qurilmalari hisoblanadi. Tabiiy tortish mo‘ridagi qizigan tutun gazlarining zichligi sovuq atmosfera havosining zichligidan farq qilinishiga asoslangan. Qozon qurilmasini bir tomoni qizigan gaz, ikkinchi tomoni esa sovuq havo bilan to‘lgan tutash idish sifatida qarash mumkin (8.11-rasm). Mo‘ri hosil qilayotgan maksimal tortish, bosim yo‘qotishlaridan 20 % katta bo‘lishi kerak.

Ma‘lumki, gazlarning gaz yo‘llari bo‘ylab harakatida ishqalanish va mahalliy qarshiliklar natijasida bosim yo‘qotishlari sodir bo‘ladi. Qozon agregatining bosim yo‘qotishlari aerodinamik qoidalar bo‘yicha aniqlanadi. Tutun mo‘rilari g‘ishtli, temir-betonli va po‘latli bo‘ladi. 80 metr balandlikkacha, asosan g‘ishtli mo‘rilar keng qo‘llaniladi, chunki ular arzon va betonli mo‘rilarga nisbatan

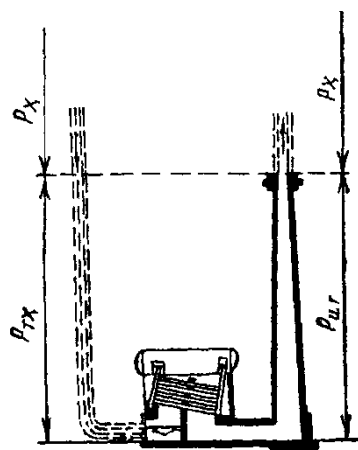
temperatura o'zgarishlariga chidamliroq va po'latli mo'rilarga qaraganda oltingugurt gazlari zararli ta'sir etmaydi. Mo'ri balandligi sanitariya texnikasi talablariga javob berishi kerak ya'ni tutun gazlari atmosferada ma'lum bir radiusda tarqalishi lozim. Tabiiy tortishni vujudga keltirish uchun mo'ri balandligini uzaytirish yoki chiqib ketayotgan gazlar temperaturasini ko'tarish lozim.

Lekin mo'ri balandligi uning narxi va mustahkamligi bilan, gazlarning temperaturasi esa qozon qurilmasining eng maqbul F.I.K. bilan chegaralangan. Shuning uchun hozirgi zamonaviy qozon qurilmalarida sun'iy tortish vujudga keltirilgan. Tutun mo'risi oldiga tutun tortgich (tortish ventilyatori) o'rnatiladi, u qozon agregatlari qizigan gazlarini so'rib olib, mo'ri orqali atmosferaga chiqarib yuboradi.

**Tutun gazlarini tozalash va kul hamda shlakni chiqaruvchi qurilmalar.**

Qatlamli o'txonalarda yoqilg'i yongandan keyin hosil bo'ladigan kulning 70–80 % i o'txona cho'g'doni va shlak bunkerida qoladi, 30% esa tutun gazlari bilan birga atmosferaga chiqib ketadi. Kamerali o'txonalarda aksincha, kulning ko'p (90 % yaqini) mo'ri orqali tutun gazlari

birga atmosferaga chiqib ketadi. Kulning qolgan qismi shlakka aylanadi va o'txona tagida joylashgan bunkerlarga tushadi. Kul va shlak qozonxonadan muntazam ravishda chiqarilib turiladi. Tutun gazlari bilan atmosferaga chiqib ketuvchi kulni yo'qotish ancha qiyin ish. Juda mayin uchuvchan kul atrof muhitni ifloslantiradi, tirik organizmlarga va o'simliklarga zararli ta'sir etadi. Sanitariya talablariga ko'ra nafas olish sohasida kulning kunlik o'rtacha konsentratsiyasi 0,15 mg/m<sup>3</sup> dan ortib ketmasligi kerak. Bundan tashqari, abraziv xususiyatlarga ega bo'lgan kul tutun tortish yo'llarini tez ishdan chiqaradi.

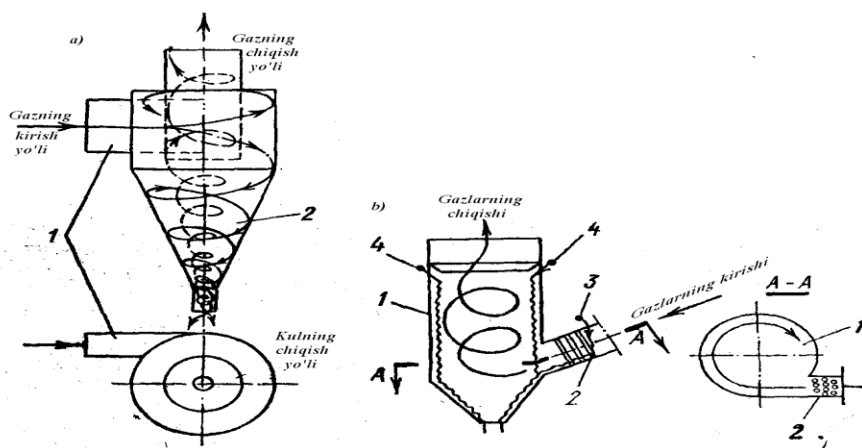


**8.11-rasm. Tabiiy tortish mo'risining ishlash sxemasi**

20–

qismi bilan

Har yili jahonda organik yoqilg'ilarning yoqilishidan atmosferaga o'rtacha 100 mln. tonna kul va 150 mln. tonna karbonat angidrid gazi chiqariladi. Masalan, mayda antratsit yoqiladigan quvvati 950 t/soat bo'lgan qozon mo'risida bir kechayu kunduzda 60 tonnagacha azot oksidi atmosferaga chiqariladi. Shuning uchun qattiq yoqilg'ini yoqishda qozon agregati gaz yo'llarining boshidan oxirigacha kulni tutib qoluvchi qurilmalar o'rnatiladi. Hozirgi vaqtda tutun gazlarini kuldandan tozalash uchun inersion kul tutgichlar (quruq va xo'l), elektrofiltrlar va kombinatsiyalangan kul tutgichlar ishlatiladi. Quruq inersion kul tutgichlarda (8.12-rasm, a) harakatlanayotgan kul zarrachalarining markazdan qochuvchi kuchidan foydalaniladi.



**8.12-rasm. Inersion kul tutgichlarning sxemalari.**

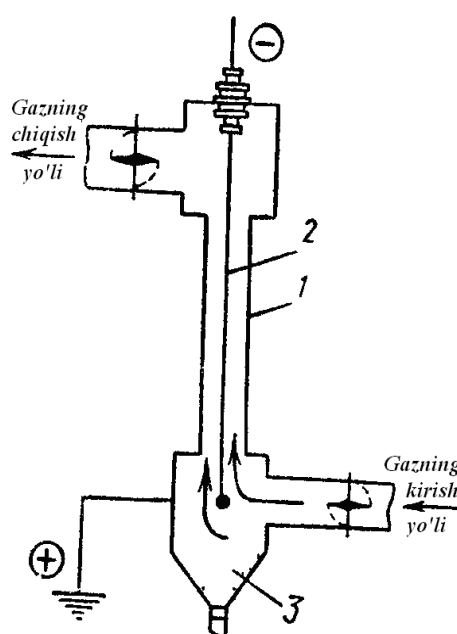
Tutun gazlar oqimi uyurmalovchi naycha 1 lar orqali siklon 2 ga yo'naladi, bu yerda gazlarning harakati uyurmali harakatga aylanadi. Kul zarralari markazdan qochuvchi kuch ta'sirida siklon qobig'iga urilib to'xtaydi va harakatlanayotgan gaz oqimida ajralib bunkerga tushadi. Bunday siklonda tutun gazlarining tozalanish darajasi 60 % ga yetadi. Hozirgi paytda bir nechta o'nlab kichik siklonlardan iborat batareyali siklonlar keng qo'llanilmoqda. Bunday siklonda gazlarning tozalanish darajasi 65 – 70 % yetadi.

Ho'l inersion kul tutgichlar (8.12-rasm; b) ham inertsiya kuchidan foydalanish asosida ishlaydi. Forsunka orqali yuboriladigan suv qobiq devorlarida yupqa parda hosil qilib to'xtovsiz oqib turadi va kulni yuvadi.

Tutilgan kul va kir suv qurilmaning pastki qismidan, tozalangan gaz esa yuqori qismidan atmosferaga chiqib ketadi. Bunday turdagi kul tutgichlarda tutun

gazlarining tozalanish darajasi 85 – 90 % yetadi. Elektr filtrlarda gazlarning yuqori kuchlanishli tok ta'sirida ionlashishidan hosil bo'lgan zaryadlarni ajratish xususiyatidan foydalaniladi (8.13-rasm).

Changli gaz po'lat silindr (musbat va nixrom sim (manfiy qutb) o'rtasida bo'lgan elektr maydonidan o'tadi. Yuqori kuchlanishli elektr maydon ta'sirida tutun ionlashadi. Kulning asosiy massasi manfiy zaryadlanib silindr devoriga tortiladi, kulning ozroq qismi musbat zaryadlanib simga tortiladi. Elektrofiltrni vaqti bilan silkitib (kuchlanish ajratib qo'yilib) elektrofiltrlar kuldon tozalanadi. Elektr energiyasining sarfi emas (1000 m<sup>3</sup> gazga 0,15 KVt) , lekin kuchlanish (90 ming V gacha)



8.13-rasm. Elektro filtrning sxemasi.

elektrofiltrlar bilan ishlashda nihoyatda ehtiyot bo'lishni talab etadi. Kombinatsiyalangan kul tutgichlar ikki bosqichli bo'lib, ko'p hollarda batareyali siklondan ( birinchi bosqich) va elektrofiltrdan (ikkinchi bosqich) tashkil topgan bo'ladi. Kul tutgichlarning samaradorligi tozalik koeffitsienti orqali baholanadi:

$$\varepsilon = S_k/S_0 \cdot 100\% \quad (8.1)$$

bu yerda;

$S_k, S_0$  – mos ravishda kul tutgichdan keyingi va kul tutgichdan oldingi gazlardagi kul miqdori.

Suv tayyorlash asoslari. Qozonlarga suv tayyorlab berishdan asosiy maqsad qozonga uzatiladigan suvni qayta ishlash yo'li bilan uning fizik xossalarini yaxshilash, qozon agregatining ish unumini va samaradorligini oshirishni ta'minlashdan iborat. Ma'lumki , tabiatdagi suvda turli-tuman kimyoviy elementlar va ularning tuzlari erigan holda uchraydi. Bularga erigan gazlar (kislorod va karbonat anhidrid ), mineral tuzlar, organik moddalar, qattiq (qum) zarralar kiradi.

Suvda erigan gazlar metallni tezda zanglatadi, qattiq zarralar issiqlik o'tkazuvchanlikni pasaytiradi, erigan kalsiy va magniy tuzlari suvning qaynash jarayonida qozon devorlarida qasmoq hosil qiladi.

Qozon agregatlarida ishlab chiqarilgan bug' iste'molchidan kondensat holida qaytadi, lekin kondensat miqdori odatda, ishlab chiqarilgan bug' miqdorlaridan oz bo'ladi. Kondensat isrofi mashinasozlik korxonalarida 20 % ni, kimyo sanoatida 40 % ni, neftni qayta ishlash zavodlarida 50% ni tashkil qiladi. Isitish qozonlarida kondensatni iste'molchidan qaytmasligi bir necha foizdan 100% gacha o'zgarishi mumkin. Bundan tashqari suvning ma'lum bir qismi (5-7%) barabandan puflab chiqariladi. Kondensat va suv isroflari qo'shimcha suv bilan to'ldiriladi. Bu suv qozon agregatiga yuborilishdan oldin tegishli tarzda tayyorlanadi. Dastlabki tayyorgarlikdan o'tgan suvni qo'shimcha suv, kondensat va qo'shimcha suv aralashmasini ta'minlash suvi, qozon konturida aylanayotgan suvni qozon suvi deyiladi.

Qozon agregatining mo'tadil ishlashi ta'minlash suvining sifatiga bog'liqdir.

Suvning sifatini quyidagi asosiy ko'rsatkichlar tavsiflaydi: tiniqlik, muallaq zarralar miqdori, quruq qoldiq, tuz miqdori, oksidlanuvchanlik, qattiqlik, ishqorlilik, erigan gazlar ( $\text{CO}_2$  va  $\text{O}_2$ ) miqdori. Tiniqlilik suv tarkibidagi muallaq mexanik zarralar va kolloid aralashmalar bilan tavsiflanadi, muallaq zarralar miqdori esa suvni qattiq erimaydigan aralashmalar bilan ifloslanish darajasini belgilaydi. Muallaq zarralar miqdori mg/l da belgilanadi. Quruq qoldiq – bu suvni qaynatib bug'lantirib va  $110 - 120^\circ \text{S}$  da quritilgandan so'ng qolgan qoldiq. Qoldiq tarkibida suvda erigan mineral va organik moddalar bo'ladi. Suvdagi kation va anionlarning umumiy miqdori suvdagi tuz miqdorini belgilaydi. Oksidlanuvchanlik suvdagi organik aralashmalarning konsentratsiyasini belgilaydi. Suvning qattiq yoki yumshoqligi uning tarkibidagi kalsiy va magniy tuzlari ( $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$ ,  $\text{Ca SO}_4$ ,  $\text{Mg SO}_4$ ,  $\text{Ca Cl}_2$ ,  $\text{Mg Cl}_2$  va x.k.) miqdori bilan belgilanadi.

Qozon agregatining ishlashida qozon suvida muntazam ravishda zararli aralashmalar to'planib boradi. Suvda erigan aralashmalar (tuzlar) bug' hosil bo'lish jarayonida cho'kmaga tushadi va qozonning ichki yuzasiga quyqa va shlak tarzida

o'tirib, issiqlik o'tkazuvchanlikni pasaytiradi, bu esa devorning o'ta qizib ketishiga sabab bo'ladi. Suvning qattiqligini pasaytirish (yumshatish) uchun qozonlarga suvni uzatishdan avval, unga soda, natriy fosfat, ayrim hollarda boshqa tuzlar qo'shiladi.

Suvdagi kalsiy va magniy kationlari fosfatlarning ionlari bilan bog'lanadi va kam eriydigan tuzlar hosil qilib qozon tubiga cho'kadi va suv yumshaydi.

Qattiq mexanik aralashmalardan suvni tozalashda tindirish, filtrlash usullaridan keng foydalaniladi. Qozon barabanida suvning aralashmalar bilan ifloslanishi natijasida ko'pik hosil bo'ladi. Ko'pik parchalari suv yuzasiga qalqib chiqib, o'zi bilan birga zararli aralashmalarining ko'p qismini ilashtirib chiqadi. Shunday qilib, tuzlarning maksimal konsentratsiyasi qozon suvining yuqori qatlamlarida hosil bo'ladi. Suvning yuqori qatlamlarini yo'qotish uchun barabanga qator teshiklar bor quvur joylashtiriladi va shu quvur orqali yuqori qatlamdagi suv olinadi (puflanadi).

Barabandan puflab chiqarilagan suv separatorga yuboriladi. Separatorda suv qaynaydi va uning bir qismi bug'ga aylanadi, bug' esa qurilmaning umumiy tizimiga o'tadi. Tozalash suvining qolgan qismi texnik kanalizatsiyaga tushirib yuboriladi.

### 8.5. Qozon agregatining issiqlik balansi

Qozon agregatiga issiqlik kelishi va uni sarflanishi muvozanatlashgan, ya'ni balanslashgan bo'lish kerak. Issiqlik balansi asosida yoqilg'ini sarfi aniqlanadi va qozon agregatining asosiy tavsifi bo'lgan F.I.K. hisoblanadi. Issiqlik balansi tenglamasi 1 kg qattiq suyuq yoki 1 m<sup>3</sup> gaz yoqilg'isi uchun tuziladi:

$$Q_{\mu}'' = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (8.2)$$

bu yerda:

$Q_{\mu}''$  -ixtiyoremizdagi issiqlik;

$Q_1$  – foydalanilgan issiqlik;

$Q_2$  – chiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlikning isrof bo'lishi;

$Q_3$  – kimyoviy to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof bo'lishi;

$Q_4$  – mexanik to'la yonmaslikdan issiqlikning isrof bo'lishi;

$Q_5$  – atrof muhitga issiqlikning isrof bo'lishi;

$Q_6$  – qozon agregatidan tashqariga chiqariladigan shlak issiqligi hisobiga bo‘ladigan issiqlik isrofi.

Issiqlik balansi tenglamasini  $Q_n^u$  ga nisbatan foizlarda ifodalash mumkin.

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 100\% \quad (8.3)$$

bunda  $q_1 = \frac{Q_1}{Q_n^u} 100\%$  ;  $q_2 = \frac{Q_2}{Q_n^u} 100\%$  va h.q.

Ixtiyorimizdagi issiqlik quyidagi kattaliklarni yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$Q_i^i = Q_k^i + Q_{fm} + Q_{x.i} + Q_{b.m} \quad (8.4)$$

bu yerda:

$Q_k^i$  - yoqilg‘ining quyi yonish issiqligi;

$Q_{fm}$  - yoqilg‘ining fizik issiqligi;

$Q_{x.i}$  - havo bilan kirgan issiqlik, bu issiqlik havo tashqi manbadan isitilganda hisobga olinadi;

$Q_{b.m}$  - puflanadigan bug‘ bilan mazut yoqishda keladigan issiqlik.

Havo bilan kirgan issiqlikni quyidagi tenglamadan hisoblanadi:

$$Q_{x.i} = \alpha V_0 c'_p (T_{u.x} - T_{c.x}) \quad (8.5)$$

bu yerda:

$\alpha$  - ortiqcha havo koeffitsienti;

$c'_p$  - havoning o‘rtacha hajmiy izobar issiqlik sig‘imi;

$T_{u.x}$  - isitilgan havo temperaturasi;

$T_{c.x}$  - sovuq havo temperaturasi;

$V_0$  - 1 kg yoki 1 m<sup>3</sup> yoqilg‘ining yonishi uchun zarur bo‘lgan havoning nazariy miqdori.

Bug‘ bilan kirgan issiqlik quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q_{6b.i} = W_f (h_f - r) \quad (8.6)$$

bu yerda:

$W_f$  - bug‘ning forsunkadagi sarfi, 0,3 – 0,4 kg/kg;

$h_f$  - bug‘ entalpiyasi, kJ/kg;

$r$  - bug' hosil qilish issiqligi, kJ/kg.

Yoqilg'ining fizik issiqligi:

$$Q_{f.i} = c_{y_o}(T_{y_o} - 273) \quad (8.7)$$

bu yerda:

$c_{\bar{e}}$  - yoqilg'ining issiqlik sig'imi;

$T_{\bar{e}}$  - yoqilg'i temperaturasi, K.

Balans tenglamasidagi  $Q_{f.i} + Q_i + Q_{x.i}$  yig'indi  $Q_k^i$  ga nisbatan juda kichik bo'lganligi sababli ularni ayrim taqribiy hisoblashlarda e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Unda tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Q_i^i = Q_k^i. \quad (8.8)$$

Chiqib ketayotgan gazlar bilan issiqlikning isrof bo'lishi  $q_2$  eng katta isrof bo'lib, asosan chiqib ketayotgan gazlarning temperaturasi va ortiqcha havo ko'effitsientiga bog'liq. Gaz va suyuq yoqilg'i yoqilganda (%) da :

$$q_2 = \frac{h_2 - \alpha_r h_{c.x}}{Q_i^i} 100 \quad (8.9)$$

va qattiq yoqilg'i yoqilganda (%)

$$q_2 = \frac{h_2 - \alpha_r h_{c.x}(100 - q_n)}{Q_M^M} \quad (8.10)$$

bu yerda:

$\alpha_r$  - chiqib ketayotgan gazlardagi ortiqcha havo ko'effitsienti;

$h_r$  - yonish mahsulotlari entalpiyasi;

$h_{c.x}$  - o'txonaga kirayotgan sovuq havo entalpiyasi;

$$h_r = V_r \cdot c_r \cdot t_r \quad (8.11)$$

bu yerda:

$V_r$  - chiqib ketayotgan yonish mahsulotlari hajmi;

$c_r, t_r$  - chiqib ketayotgan gazlarning issiqlik sig'imi va temperaturasi.

Hozirgi paytda qozon qurilmalarini loyihalashda chiqib ketayotgan tutun gazlarning hisoblangan temperaturasi 120 -170° S ga teng deb qabul qilinadi.



Unumdorligi katta bo'lgan agregatlarda  $q_2 = 3-7\%$  ni tashkil etadi. Suv ekonomayzeri va havo isitgichlari bo'lmagan qozonlarda  $q_2 = 20-30\%$  ga yetadi.

Kimyoviy to'la yonmaslikdan bo'ladigan issiqlik isroflari  $q_3$  ga o'txonada havoning umuman yetishmasligi yoki yoqilg'ining havo bilan yomon aralashishi natijasida shu joyda havoning yetishmasligi sabab bo'ladi. Mexanik to'la yonmaslikdan bo'ladigan issiqlik isroflari  $q_4$ , cho'g'donlarining teshiklaridan to'kilib qozon agregatlaridan kul va shlak bilan birga hamda tutun gazlari bilan birga chiqib ketadigan yoqilg'ining yonib bo'lmagan zarralari miqdoriga bog'liq. Kamerali o'txonada qattiq yoqilg'i yoqishda isroflar yig'indisi  $q_3 + q_4$  1-7% ni tashkil etadi. O'txona devorlarining issiqlik izolyatsiyasi orqali issiqlik kam isrof bo'ladi. Unumdorligi 2,78 kg/s gacha bo'lgan bug' qozonlari uchun  $q_5 = 2 \div 4\%$ ; 16,7 kg/s gacha -  $q_5 = 1 \div 2\%$ , 16,7 dan yuqori bo'lsa,  $q_5 = 1 \div 0,5\%$  bo'ladi. Kul va shlak bilan bilan birga issiqlik isroflari kam bo'ladi va u asosan qatlamli va kamerali yoqishda hisobga olinadi ( $q_6 = 1 \div 1,5\%$ ).

O'txonada yoqilg'i yonganda olingan issiqliklardan foydalanish darajasi qozon agregatining F.I.K. ga qarab aniqlanadi (% da):

$$\eta_{ka} = q_1 = \frac{Q_1}{Q_i} 100 \quad (8.12)$$

yoki

$$\eta_{ka}^{br} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6), \quad (8.13)$$

bu yerda:

$\eta_{ka}^{br}$  - qozon agregatining brutto F.I.K..

Qozon agregatining o'ziga sarf bo'ladigan issiqlik miqdorini hisobga olmasdan hisoblangan F.I.K. qozonning brutto F.I.K. deyiladi. Agar qozon agregatining o'ziga sarflangan issiqlikni e'tiborga olsak, u holda qozon agregatining netto F.I.K. ni hosil qilamiz:

$$\eta_{ka}^n = \eta_{ka}^{br} - q_{u.z}. \quad (8.14)$$

Zamonaviy qozon agregatining F.I.K. 90-95% bo‘lib, ular sanoatning turli sohalarini bug‘ va suv bilan ta‘minlaydi hamda bug‘ turbinasi bilan hamkorlikda elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Foydalanilgan issiqlikni quyidagicha aniqlash mumkin. V bilan yoqilg‘i sarfini, D bilan qozon agregatining bug‘ unumdorligini,  $Q_{ka}$  bilan ta‘minlash suvini bug‘ga aylanishi uchun sarflangan issiqlikni belgilaylik. U holda qozon agregatida issiqlik sarfi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$BQ_i^i \eta_{ka}^{br} = Q_{ka} \quad (8.15)$$

(8.10) tenglamadan yoqilg‘i sarfi B ni (kg/s da) aniqlash mumkin:

$$B = \frac{Q_{ka}}{Q_i^i \cdot \eta_{ka}^{op}} \quad (8.16)$$

$Q_{ka}$  ni (kJda) quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$Q_{ka} = D(h_b - h_{t,s}) + D_p(h' - h_{t,s}), \quad (8.17)$$

bu yerda:

$h_b, h_{t,s}, h'$  - o‘ta qizigan bug‘ning, ta‘minlash suvining va to‘yingan bug‘ning entalpiyasi, kJ/kg ;

D – puflash suvining sarfi, kg.

Puflash suvining sarfi sanoat qozonlarining texnik ishlatish qoidalariga asosan D ning 5% dan ortmasligi kerak.

## 8.6. Yoqilg‘i va uning xossalari

Yonganda ko‘p miqdorda issiqlik chiqadigan, tevarak atrofdagilarga zararli ta‘sir qilmaydigan, issiqlik olish uchun ishlatilishi maqsadga muvofiq hamda iqtisodiy jihatdan foydali bo‘lgan barcha moddalardan yoqilg‘i sifatida foydalanish mumkin. Elektr, mexanik va issiqlik energiyasini olishni asosiy manbai organik yoqilg‘i hisoblanadi. Hozirgi vaqtda yer yuzida ishlab chiqarilayotgan va iste‘mol qilinayotgan energiyaning 70% ni organik yoqilg‘ining kimyoviy energiyasi hisobidan va faqat 30% gina suv, shamol, quyosh va atom energiyasidan foydalanish hisobidan olinadi. Mamlakatimiz yoqilg‘i sanoati qariyb bir asrlik tarixga ega. Bu sanoat yer qa‘rida topilgan va qazib olinayotgan ko‘mir, neft, tabiiy gaz konlari

negizida shakllandi va rivojlanib bormoqda. Respublikamizda 159 (zaxirasi sanoat darajasida hisoblangan) neft-gaz koni ochilgan, ularning 115 tasi Buxoro - Xiva geologik provinsiyasida, 27 tasi Farg‘ona vodiysi, 10 tasi Surxondaryo, 7 tasi Ustyurtda joylashgan. Konlarning gaz, gaz-kondensatli, gaz-neft’, neft, gaz-neft kondensatli turlari mavjud.

Yoqilg‘i sanoati respublika yoqilg‘i-energetika kompleksining asosiy turlarini tashkil etadi va barcha turdagi yoqilg‘ini qazib olish, tabiiy gazni tozalash va yetkazib berish, neft mahsulotlari ishlab chiqarish korxonalaridan iborat.

Mustaqillik yillarida ko‘rilgan keskin tadbirlar natijasida neft qazib olish hajmi yuqori sur‘atlarda o‘ydi. Respublikaning neft mustaqilligi ta‘minlandi.

Agregat holiga ko‘ra yoqilg‘i qattiq, suyuq va gaz yoqilg‘isiga, kelib chiqishiga yoki olinish usuliga ko‘ra tabiiy va sun‘iy yoqilg‘iga bo‘linadi. (8.3-jadval).

### Organik yoqilg‘ilarning tasnifi.

8.3-jadval

Yoqilg‘i	Agregat holati		
	Qattiq	Suyuq	Gaz
Tabiiy	Yog‘och, torf, qo‘ng‘ir va toshko‘mirlar, antratsit, slanetslar	Neft	Tabiiy gaz
Sun‘iy	Koks, briketlar, yog‘och ko‘miri,	Mazut, kerosin, benzin, dizel moyi, gazoil	Koks gazi, domna gazi, generator gazi, Neft gazi, propan, atsetilen

Organik yoqilg‘i energiya manbai bo‘lishi bilan bir qatorda, u kimyo sanoati uchun muhim xom-ashyo hisoblanadi. Organik yoqilg‘ilarni qayta ishlash natijasida ko‘plab muhim kimyoviy mahsulotlar olinadi. Qazib olingan joyi va ishlatilishiga ko‘ra mahalliy yoqilg‘i (torf va slanets) va tashib keltiriladigan yoqilg‘ilar bo‘ladi.

Yoqilg‘i tarkibi organik va mineral moddalardan iborat bo‘ladi. Organik moddalarga uglerod (C), vodorod (H<sub>2</sub>), kislorod (O<sub>2</sub>), azot (N<sub>2</sub>) va oltingugurt (S) kiradi. Bu kimyoviy elementlar va ular birikmalarining miqdori turli xil yoqilg‘ida turlicha bo‘ladi. Masalan, neft va uning mahsulotlari tarkibi asosan uglerod va vodoroddan tashkil topgan. Yoqilg‘i tarkibiga yonuvchan elementlar, namlik va

yoqilganda kulga o‘tadigan minerallar kiradi. Yoqilg‘ining tarkibi kimyoviy elementlarning massaviy foiz miqdori, namligi va kul miqdori bilan tavsiflanadi.

Qattiq va suyuq yoqilg‘ining elementar tarkibini quyidagicha yozish mumkin:

$$C+H+S+O+N+A+W=100\% \quad (8.18)$$

Yoqilg‘ining yonuvchan qismiga uglerod, vodorod va oltingugurt kiradi. Yoqilg‘ining yonmaydigan qismiga eca, azot, kislorod, namlik W va yoqilg‘i yonganda kulga aylanadigan mineral moddalar A kiradi. Yoqilg‘ining tarkibi ishchi, quruq, yonuvchan va organik massalarga ajratiladi. Har bir massa tarkibiga mos ravishda quyidagidek indekslar beriladi: ishchi – i; quruq – q; yonuvchan – yo; va organik – o;

Yoqilg‘i iste‘molchiga qaysi holda berilsa va yondirilsa, shu holdagi yoqilg‘iga ishchi yoqilg‘i, massasi va elementar tarkibi esa, mos ravishda ishchi massa va ish tarkibi deyiladi. Ishchi massaning elementar tarkibini quyidagicha yozish mumkin.

$$C^i + H^i + S^i + O^i + N^i + A^i + W^i = 100\% \quad (8.19)$$

Yoqilg‘ini yonmaydigan elementlari uning ballastini tashkil etadi. Kislorod va azot yoqilg‘ining ichki ballasti, kul va namlik esa tashqi ballasti hisoblanadi. Yoqilg‘ining quruq massasi tarkibida namlik bo‘lmaydi:

$$C^k + H^k + S^k + O^k + N^k + A^k = 100\% \quad (8.20)$$

Ishchi massadan quruq massani qayta hisoblash formulasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$C^k = C^i \frac{100}{100 - W^i}; \quad H^k = H^i \frac{100}{100 - W^i}; \quad \text{va sh.k.} \quad (8.21)$$

Yoqilg‘ining yonuvchan massasi tarkibida tashqi ballast, ya‘ni namlik va kul bo‘lmaydi:

$$C^{yo} + H^{yo} + S^{yo} + O^{yo} + N^{yo} + A^{yo} = 100\% \quad (8.22)$$

Bunday tarkibni “yonuvchan massa” deb aytishimiz shartli albatta, chunki uning tarkibidagi faqat C, H va S largina yonuvchan elementlar hisoblanadi.

Yoqilg‘ining yonuvchan massasining tarkibi uning o‘zgarmas tavsifi bo‘lib, hajmi va kul miqdori o‘zgarganda ham bu tavsifi o‘zgarmaydi. Qattiq yoqilg‘idagi

uglerod miqdori uning geologik yoshi ortishi bilan ko'payadi. Masalan, torfdagi uglerod miqdori  $C^{yo}=50\div 60\%$ , qo'ng'ir ko'mirda  $C^{yo}=60\div 75\%$ , toshko'mirda  $C^{yo}=75\div 90\%$  ni tashkil etadi. Quruq va ishchi massadan yonuvchan massani qayta hisoblash quyidagi formula bo'yicha amalga oshiriladi.

$$C^{yo} = C^{\kappa} \frac{100}{100 - A^{\kappa}} = C^i \frac{100}{100 - A^i W^i}; \text{ va sh.k.} \quad (8.23)$$

Yoqilg'ining organik massasi tarkibini quyidagicha yozish mumkin:

$$C^{\circ} + H^{\circ} + S^{\circ} + N^{\circ} = 100\% \quad (8.24)$$

### Qattiq va suyuq yoqilg'ining asosiy xossalari

8.4-jadval

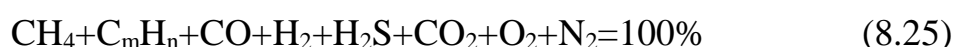
Yoqilg'i turi	Yoqilg'ining yonuvchan massasi				%
	$C^{yo}$	$H^{yo}$	$O^{yo}$	$S^{yo}$	$Q_k^u \cdot 10^{-4}, \text{kJ/kg}$
Yog'och	50	6	43	0	1,05-1,47
Torf	53-62	52,62	32,37	0,1-03	0,84-1,05
Qo'ng'ir ko'mir	62-72	4,4-6,2	18-27	0,5-6,0	0,62-1,09
Toshko'mir	75-90	4,5-5,5	4-15	0,6,-6,0	2,10—3,00
Antratsit	90,96	1,02,0	1-2	0,5-7,0	2,70-3,10
Neft	83-86	11-13	1-3	0,2-4,0	4,30-4,60
Slanets	72-76	8-10	10-12	-	0,73-1,50
Mazut	84-87	9-11	1	3-3,5	4,00-4,55

### Tabiiy gazlarning xossalari

8.5-jadval

Gaz magistrali	Gazning tarkibi, hajmga nisbatan, %							
	$CH_4$	$C_2H_2$	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$	$C_5H_{12}$	$N_2$	$CO_2$	$Q_k^k \cdot 10^{-4} \text{kJ/kg}$
Gazli – Kogon	95,4	2,6	0,3	0,2	0,2	1,1	0,2	3,66
Jarkax-Toshkent	95,5	2,7	0,4	0,2	0,1	1,0	1,0	3,67
Buxoro-Ural	94,9	3,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,4	3,67
Saratov-Moskva	91,9	2,1	1,3	0,4	0,1	3,0	1,2	3,61

Barcha issiqlik texnikasi hisoblarida yoqilg'ining tarkibi uning ishchi massasi bo'yicha olinadi. Gaz yoqilg'isi tarkibini quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:



Qattiq va suyuq yoqilg'ining va yonuvchan gazning asosiy tavsiflari 8.4 va 8.5-jadvalda keltirilgan.

Uglerod yoqilg'ining asosiy tarkibiy qismidir. 1 kg sof uglerod to'la yonganda 33900 kJ issiqlik chiqadi. 1 kg vodorod yonganda 125600 kJ issiqlik chiqadi. Yoqilg'i tarkibiga kiruvchi vodorodning bir qismi yoqilg'idagi kislorod bilan birikkan bo'ladi va yonishda ishtirok etmaydi. Yoqilg'i yonganda oltingugurt sulfid anhidrid  $SO_2$  ga aylanadi va suv bug'lari bilan birikib sulfid kislota  $H_2SO_3$  hosil qiladi. Oltingugurtning yonishidan hosil bo'lgan suyuq va gaz mahsulotlar ichki yonuv dvigatellari hamda qozon agregatlari metall qismlarining zanglashiga sabab bo'ladi, havoni va o'simliklarni zaharlaydi va ularni nobud qiladi, qurilish inshootlarini yemirilishini tezlashtiradi. Oltingugurtning zararli xossalari e'tiborga olib, uni ballast qatoriga kiritish mumkin. Kislorod va azot shartli ravishda yonuvchan massa tarkibiga kiritilgan. Ular ichki ballast hisoblanadi, chunki yonuvchan massaning foiz miqdorini kamaytiradi va yonish sohasini sovitadi. Bundan tashqari yoqilg'ida kislorod miqdori ko'p bo'lsa, u yonish sohasida vodorod bilan birikib, suv hosil qiladi.

**Yoqilg'i namligi.** Yoqilg'ini qazib olish, tashish, saqlash va shu kabilarga bog'liq ravishda yoqilg'i namligi o'zgarib turadi. Masalan, torf uchun 50%, slanetslar uchun 13-17%, tosh-ko'mir uchun 5-14%, va antratsit uchun 5-8%. Yoqilg'idagi namlik yoqilg'i foydali qismini hajmini kamaytirishi jihatidagina emas, balki yonish sohasida bug'ga aylanishi jihatidan ham zararlidir. Issiqlikning anchagina miqdori bug' hosil bo'lishiga sarflanmagani holda, chiqib ketayotgan gazlar bilan birga chiqadi. Namlik qattiq yoqilg'i saqlanganda uning o'z-o'zidan yonib va uvalanib ketishiga sabab bo'ladi.

**Yoqilg'i kuli.** Yoqilg'i tarkibida kulning bo'lishi yonish vaqtida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdorini kamaytiradi, uskunalarning metall qismlarini yemiradi, o'txonalarning ishlashini qiyinlashtiradi. Kul tarkibiga asosan ishqoriy metallar tuzlari, temir va alyuminiy oksidlari hamda oltingugurt sulfati kiradi. Bundan tashqari kulda  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$  bo'lishi mumkin. Yoqilg'ilar tarkibida kulning miqdori har-xil bo'ladi. Masalan quruq yoqilg'ilar uchun  $A^q$  ning qiymati quyidagicha bo'ladi, %: yog'och uchun  $\approx 1$ , torf uchun  $\approx 10$ , toshko'mir uchun 10-

20, qo'ng'ir ko'mir uchun 30, slanetslar uchun 60. Suyuq yoqilg'i (mazut) tarkibida ham oz miqdorda (0,2-1%) mineral aralashma bo'ldi.

**Uchuvchan moddalar va koks.** Qattiq yoqilg'i havosiz fazoda 870-1070 K temperaturagacha qizdirilganda undan uchuvchan moddalar ajralib chiqadi. Uchuvchan moddalar tarkibiga azot  $N_2$ , vodorod  $H_2$ , kislorod  $O_2$ , uglerod oksidi  $CO$ , uglevodorod gazlari  $CH_4$ ,  $C_2H_4$  va shu kabilar hamda namlikdan hosil bo'lgan suv bug'lari kiradi. Uchuvchan moddalar tarkibi yoqilg'ini qizdirish jarayoniga bog'liq bo'ladi. Uchuvchan moddalar yig'indisi  $V^U$  xarfi bilan belgilanadi va faqat yonuvchan massaga taalluqli bo'ladi. Uchuvchan moddalar slanetsda ( $V^U=90\%$ ) va torfda ( $V^U=75\%$ ) eng ko'p bo'ladi. Qo'ng'ir ko'mirda 40-50%, antratsitda esa 4-6% bo'ladi.

Chala kokslash jarayoni maxsus pechlarda (havosiz muhitda) amalga oshiriladi, bunda qayta ishlanadigan yoqilg'i 770-830 K temperaturaga qodir bir me'yorda qizdiriladi. Yuqori temperatura ta'sirida yoqilg'ining organik qismi parchalanadi, parchalanish mahsulotlari esa, o'zaro yana kimyoviy reaksiyaga kirishadi. 770-830 K temperaturada yoqilg'ining parchalanishi to'xtaydi va pechda uglerodga aylangan qattiq qoldiq – chala kokslanishning asosiy mahsuloti bo'lgan chala koks qoladi. Chala koksda ko'pgina uchuvchan moddalar qoladi. Undan turmushda va energetika maqsadlarida ishlatiladigan yoqilg'i sifatida foydalaniladi. Chala kokslanishda hosil bo'ladigan gazlar – qimmatli yoqilg'i va keyingi kimyoviy qayta ishlash uchun xom-ashyodir. Masalan, yog'och va torfni quruq xaydashda olingan suv yana kimyoviy qayta ishlansa, atseton, sirka kislota, metil spirti, formalin va boshqa qimmatli mahsulotlar hosil bo'ladi. Yoqilg'ini havosiz muhitda 1275-1375 K temperaturada qizdirib, qayta ishlash jarayoni kokslash deyiladi. Kokslash natijasida 70-80% metallurgiya koksi olinadi, qolgani esa koks gazi, smola va suv bo'ladi. Koks gazi qayta ishlanib, undan ammiak va boshqa kimyoviy mahsulotlar olinadi. Kokslashda hosil bo'lgan smola va suv yana qayta kimyoviy ishlanadi.

### 8.7. Yoqilg'ining yonish issiqligi

1 kg yoki 1 m<sup>3</sup> yoqilg'i to'liq yonganda chiqadigan issiqlik miqdori yoqilg'ining issiqlik ajratishi (yonish issiqligi) deyiladi ( $Q^i$ , kJ/kg yoki  $Q^i$  kJ/m<sup>3</sup>).

Yoqilg'ining issiqlik ajratishi ikki xil: yuqori yonish issiqligi  $Q_{yu}^i$  va quyi yonish issiqligi  $Q_k^i$  bo'ladi. Yoqilg'ining massa birligi to'liq yonganda chiqqan issiqlik miqdori yoqilg'ining yuqori yonish issiqligi deyiladi, bunda namlikning bug'lanishiga sarflangan issiqlik hisobga olinmaydi. Yoqilgining birlik massasi yonganda uning tarkibidagi namlik hamda vodorodning kislorod bilan reaksiyaga kirishish jarayonida hosil bo'lgan namlik hisobga olingan holatda ajralgan issiqlik miqdori quyi yonish issiqligi deyiladi. 1 kg suv bug'ining atmosfera bosimida kondensatsiyalanish issiqligi taxminan 2500 kJ/kg ga teng. Ishchi yoqilg'i tarkibidagi suv bug'lari miqdori  $W^i/100$  ga teng. 1 kg vodorod yonganda 9 kg suv bug'i hosil bo'ladi ( $H_2+0,5O_2=H_2O$ ).

Demak, suv bug'ining kondensatsiyalanish issiqligini quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$2500\left(\frac{W^i}{100} + 9\frac{H^i}{100}\right) = 25W^i + 225H^i, \quad (8.26)$$

u holda

$$Q_k^i = Q_{yu}^i - 225H^i - 25W^i = Q_{yu}^i - 25(9H^i + W^i) \quad (8.27)$$

ya'ni yoqilg'ining quyi yonish issiqligi uning yuqori yonish issiqligidan bug' hosil bo'lish issiqligini ayirib tashlanganiga teng. Yoqilg'ining yonish issiqligi laboratoriya sharoitida kalorimetrik bomba yordamida aniqlanadi (8.14-rasm). Kalorimetrli bomba, bosimi 3 MPa bo'lgan kislorod bilan to'ldirilgan germetik idish 1 dan iboratdir. Idishda massasi 1 g bo'lgan yoqilg'i yondiriladi. Bombani suvli idish 2 ga joylashtiriladi va suv temperaturasini ortishi orqali yoqilg'ining yonish issiqligi aniqlanadi. Qattiq va suyuq yoqilg'ining yonish issiqligini D.I.Mendeleyev emperik formulasidan yetarli aniqlik bilan topiladi:

$$Q_{yu}^i = 340C^i + 1260H^i - 109(O^i - S^i) \text{ kJ/kg} \quad (8.28)$$

$$Q_k^i = 340C^i + 1035H^i - 109(O^i - S^i) - 25W^i \text{ kJ/kg} \quad (8.29)$$

Quruq gazning quyi yonish issiqligi quyidagiga teng:



$$Q_k^k = 358CH_4 + 640C_2H_6 + 915C_3H_8 + 1190C_4H_{10} + 1465C_5H_{12} + 126,5 CO + 107,5H_2 + 234H_2S \quad kJ/m^3 \quad (8.30)$$

Yuqori yonish issiqligi:

$$Q_{yu}^k = 398CH_4 + 700C_2H_6 + 995C_3H_8 + 1285C_4H_{10} + 1575C_5H_{12} + 126,5 CO + 127,5H_2 + 257H_2S \quad kJ/m^3 \quad (8.31)$$

**Shartli yoqilg'i.** Issiqlik ajratish xususiyati turlicha bo'lgan yoqilg'ilarni taqqoslash uchun «shartli yoqilg'i» tushunchasidan foydalaniladi. Yonish issiqligi 29300 kJ/kg yoki ~30000 kJ/kg bo'lgan yoqilg'i shartli yoqilg'i deyiladi. Berilgan yoqilg'ini shartli yoqilg'iga aylantirib hisoblashda va aksincha shartli yoqilg'ini berilgan yoqilg'iga aylantirib hisoblashda yoqilg'i ekvivalenti deyiladigan kattalikdan foydalaniladi.

$$\vartheta = \frac{Q_{\kappa}''}{29300} \quad (8.32)$$

**Qattiq yoqilg'i.** Qattiq yoqilg'ilar jumlasiga yog'och, torf, yonuvchan slanetslar va qazib olinadigan ko'mirlar kiradi. Har qanday qattiq yoqilg'ining boshlang'ich materiali yog'ochdir. Qazib olinadigan qattiq yoqilg'i yonuvchan massasining tarkibi uning paydo bo'lish sharoitlariga va geologik yoshiga bog'liq. Geologik yoshining ortib borishi tartibida qattiq yoqilg'ini shunday joylashtirish mumkin: yog'och, torf, yonuvchan slanetslar, qo'ng'ir ko'mir, toshko'mir, antratsit.

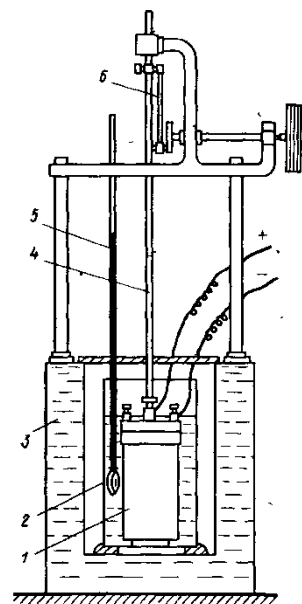
Torf suv ostida havosiz sharoitda botqoqlik o'simliklaridan hosil bo'ladi. U yer sirtidan unchalik chuqur bo'lmagan joyda qalinligi 10 m gacha qatlamlar hosil qiladi.

Yonuvchan slanetslar oson o't oladi va uzun tutaydigan alanga hosil qilib yonadi. Ular quruq haydalganda koks, smola va qo'shimcha mahsulotlarga parchalanadi. Yonuvchan slanetslar qimmatli mahalliy yoqilg'i va kimyoviy hom ashyo hisoblanadi. Tabiiy qattiq yoqilg'ining asosiy turi qazib olinadigan ko'mirlardir. Ular uzoq toshko'mir davrida daraxt va o'simliklardan hosil bo'ladi. Qazib olinadigan ko'mirlar geologik yoshiga ko'ra qo'ng'ir ko'mir, toshko'mir va antrasementga bo'linadi. O'zbekistonda ko'mirni sanoat usulida qazib olish 1930 yillar oxiridan boshlangan. Toshkent viloyatida (Angren) qo'ng'ir ko'mir, Surxondaryo viloyatida Sharg'un, Boysuntog' toshko'mir konlari bor. Mamlakatimiz xalq xo'jaligida har yili 8 – 9 mln t ko'mir iste'mol qilinadi.

**Suyuq yoqilg'i.** Tabiiy suyuq yoqilg'i neftdir.

Lekin, u odatda tabiiy holda yoqilg'i sifatida ishlatilmaydi. Suyuq yoqilg'i asosan neftni 300 – 370 °S temperaturaga qizdirishdan hosil bo'lgan bug'ni har xil fraksiyalarga ajratish va ularni kondensatsiyalash yo'li bilan olinadi. Karbyuratorli dvigatellar uchun benzin, ligroin, kerosin; dizel dvigatellari uchun gazoyl va solyar moyi; reaktiv dvigatellar uchun kerosin – gazoilli fraksiyalar olinadi. Qozon agregati va sanoat pechlari o'txonalarida asosan mazut ishlatiladi. Mazutning asosiy tavsiflaridan biri uning qovushqoqligidir. O'txonalarda asosan M40, M100 va M200 markali mazut ishlatiladi. Mazut markasi uning 353 K temperaturadagi qovushqoqligi orqali aniqlanadi. Mazut tarkibidagi oltingugurt miqdoriga qarab: kam oltingugurtli (0,5 % gacha), oltingugurtli (2 % gacha) va ko'p oltingugurtli (3,5 – 4,3 % ) mazutlarga ajratiladi.

O'zbekistonda dastlabki Neft koni 1904 yilda ochilgan (Farg'ona vodiysidagi Chimyon neft konida 278 m chuqurlikdan kuniga 130 t neft olingan). O'sha yili Vannovskda (hozirgi Oltiariq) neftni qayta ishlash zavodi ishga tushirildi.



**8.14-rasm.**  
**Kalorimetrik qurilma.**  
1- kalorimetrik bomba;  
2- suvli idish; 3-  
termostat; 4-  
aralashtirgich; 5-  
termometr; 6-  
aralashtirgichning  
uzatma mexanizmi.

O‘zbekiston Neft sanoatining paydo bo‘lishi shu sanadan boshlanadi. Bugungi kunda Respublika Neft sanoati xalq xo‘jaligining neftga bo‘lgan talabini to‘liq qondirish imkoniyatlariga ega.

**Gaz yoqilg‘isi.** Tabiiy gaz yer kurrasining juda ko‘p joylarida uchraydi. U faqat maxsus gaz quduqlaridagina emas, balki Neft qazib chiqarishda qo‘shimcha mahsulot sifatida ham olinadi. Neft bilan birga chiqadigan tabiiy gaz yo‘lakay gaz deyiladi. Tabiiy gazning asosiy tarkibiy qismini metan  $CH_4$  (98% gacha) tashkil etadi.

Bundan tashqari uning tarkibida etan  $C_2H_6$ , propan  $C_3H_8$ , butan  $C_4H_{10}$ , etilen  $C_2H_4$  va propilen  $C_3H_6$  bo‘ladi.  $O_2$  va  $N_2$  lar odatda oz miqdorni tashkil etadi. Gaz sanoati – yoqilg‘i – energetika majmuasining eng rivojlangan tarmog‘i. Uning Respublikada qazib olinayotgan yoqilg‘i balansidagi hissasi 87,2 % ni tashkil etadi. 1955 yilda Jarqoq, 1956 yilda gazli neft konlarining ochilishi natijasida gaz sanoatining moddiy bazasi yaratildi. 1995 yili Respublika gaz sanoatida 48,6 mlrd  $m^3$  tabiiy gaz, 7600,6 ming tonna neft va gaz kondensati olishga erishildi, 3053, 7 ming tonna ko‘mir qazib olindi.

### 8.8. Yoqilg‘ining yonish jarayonlari

**Qattiq yoqilg‘ining yonishi.** Qattiq yoqilg‘ini yonish jarayoni ketma – ket keladigan quyidagi bosqichlardan tashkil topgan: qizdirish, namlikni bug‘lanishi, uchuvchan moddalarni ajralishi va koksning hosil bo‘lishi, uchuvchan moddalar va koksni yonishi. Bu bosqichlardan asosiysi, koksni, ya’ni uglerodni yonishi hisoblanadi. Bundan tashqari koksni yonishi qolgan bosqichlarga qaraganda ko‘proq davom etadi (yonish vaqtining 90% gacha) va xuddi shu bosqich qolganlari uchun issiqlik sharoitini yaratadi. Yonish bosqichigacha bo‘lgan bosqichlar uchun issiqlik sarflanadi. Bu sarflar yonish issiqligining 20 – 25 % gacha bo‘lishi mumkin. Yonish to‘liq va to‘liqmas (chala) bo‘ladi. Yoqilg‘ining yonuvchan elementlari kislorod bilan quyidagicha reaksiyaga kirishib yonsa, bunday yonish to‘liq yonish deyiladi:



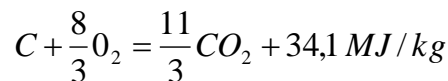
bu yerda

Q - yonish vaqtida ajralib chiqqan issiqlik miqdori.

Bu reaksiya kilomollarda quyidagicha yoziladi:



yoki



(8.29) tenglamadan ko'rinib turibdiki, 1 kg uglerodni to'liq yonishi uchun  $\frac{8}{3}$

kg kislorod zarur bo'ladi. Reaksiya natijasida  $\frac{11}{3}$  kg CO<sub>2</sub> hosil bo'ladi va 34,1 MJ issiqlik ajralib chiqadi.

Vodorodning yonishi:

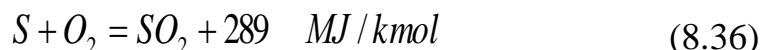


yoki

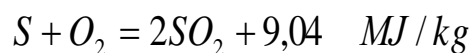


Bu reaksiyada 1 kg H<sub>2</sub> yonishi uchun 0,5 kg kislorod zarur bo'ladi, reaksiya natijasida 1 kg suv bug'i hosil bo'ladi va 121 MJ issiqlik ajralib chiqadi.

Oltinugurtning yonishi:



yoki



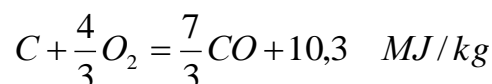
1 kg oltinugurt yonganda 1 kg kislorod sarflanadi. Reaksiya natijasida esa 2 kg SO<sub>2</sub> hosil bo'ladi va 9,04 MJ issiqlik ajraladi.

Yonish mahsulotlari ichida yonuvchan elementlar va yonmagan yoqilg'i zarralari qolgan bo'lsa, bunday yonish to'liqmas (chala) yonish deyiladi.

Uglerodning chala yonishi:



yoki

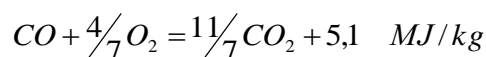


ya'ni 1kg uglerod chala yonganda  $\frac{4}{3}$ kg kislorod sarflanadi, reaksiya natijasida esa  $\frac{7}{3}$  kg CO hosil bo'ladi va 10,3 MJ issiqlik ajralib chiqadi.

Hosil bo'lgan uglerod oksidi yonadi:



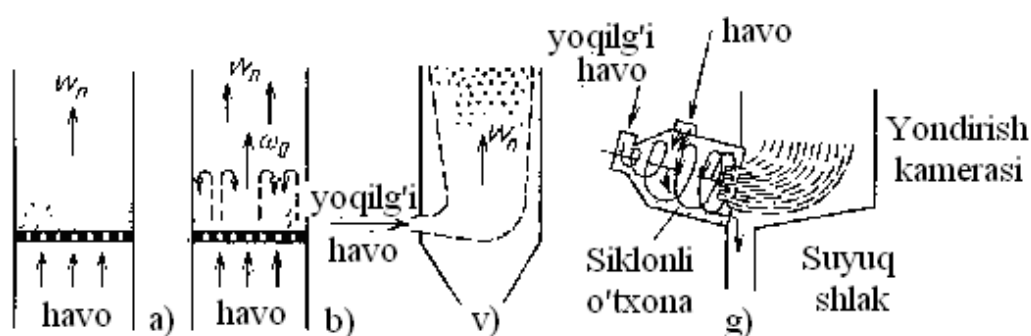
yoki



ya'ni 1 kg CO yonishi uchun  $\frac{4}{7}$  kg kislorod sarflanadi, reaksiya natijasida esa  $\frac{11}{7}$  kg CO<sub>2</sub> hosil bo'ladi va 5,1 MJ issiqlik ajraladi.

Yoqilg'i to'liq yonganda uglerod, vodorod va oltingugurtning yonishida olinishi mumkin bo'lgan barcha issiqlik chiqadi. Yonish mahsulotlarida yona olmaydigan moddalargina: karbonat angidrid CO<sub>2</sub>, suv bug'lari H<sub>2</sub>O va oltingugurt angidrid SO<sub>2</sub> qoladi. Yonuvchi elementlar chala oksidlanganda yonish mahsulotlari bilan birga ko'p miqdorda uglerod (II)–oksid CO, vodorod H<sub>2</sub>, metan CH<sub>4</sub> va yona oladigan boshqa uglevodorodli birikmalar ham chiqib ketadi.

Hozirgi zamon o'txona texnikasida qattiq yoqilg'ini yoqishning asosan to'rt xil usuli – qatlamli, qaynayotgan qatlamli, mash'alali va uyurmali yonish usullaridan foydalaniladi (12.2 - rasm).

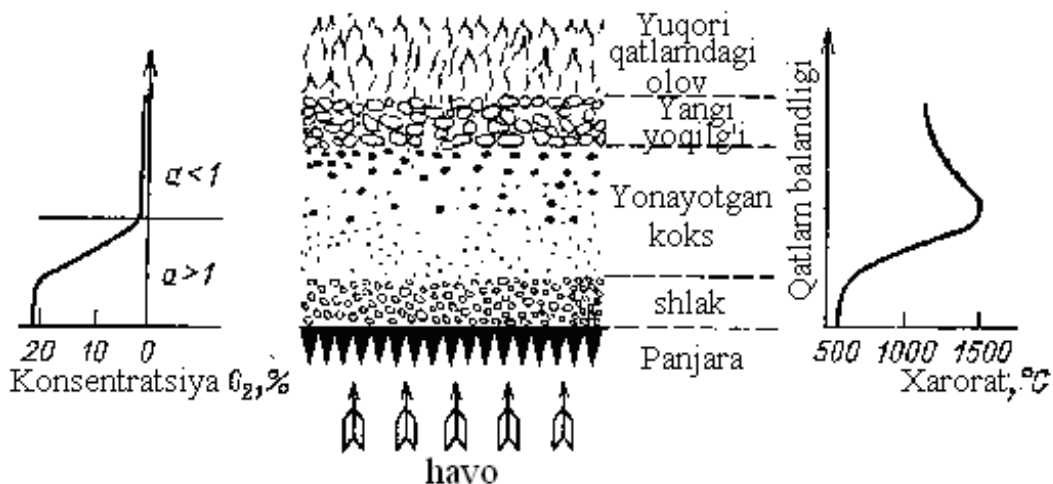


**8.15 – rasm. Qattiq yoqilg'i o'txonalari tasnifi**

*a) qatlamli usul; b) qaynayotgan qatlamli usul; v) mash'alali usul; g) uyurmali usul.*

Yonayotgan qatlam tuzilishini ko'rib chiqish yonish jarayonini chuqurroq o'rganish imkonini beradi (8.15 - rasm). Qatlamli yoqish – bu yoqilg'ini panjarali cho'g'donda qatlamlab yoqish usulidir. Yoqilg'i yonish natijasida bevosita

cho'g'donda kul va shlakdan iborat g'ovak yostiq hosil bo'ladi. Uning ustida yonayotgan koks qatlami bo'ladi. Koks ustiga yangi yoqilg'i qatlami beriladi. Bu yerda  $Q$  issiqlik hisobiga isiydi. So'ngra yoqilg'i quriydi, ya'ni undagi namlik bug'lanib ketadi, shundan keyin uchuvchan moddalarning chiqishi va koks hosil bo'lishi boshlanadi.



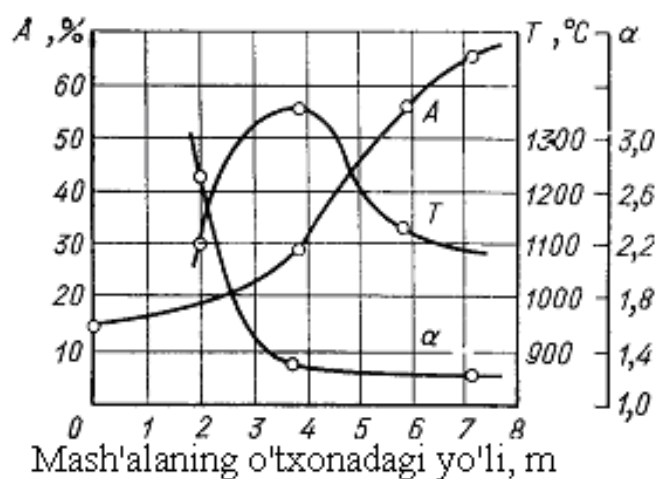
**8.16–rasm. Yoqilg'ining yonayotgan qatlamining tuzilishi.**

Uchuvchan moddalar va koksning yonishi natijasida issiqlik chiqadi va o'txona ichining temperaturasi ko'tariladi. Yonish uchun zaruriy havo kolosnik cho'g'don tagidan kiradi. Havo cho'g'don teshigi va g'ovak shlakli yostiq orqali o'tib isiydi. Havo keyingi harakati davomida o'z yo'lida koks va yoqilg'i qatlamiga duch keladi. Ular bilan o'zaro ta'sir etishib, yoqilg'i qatlami yonadigan o'txona gazlari oqimiga aylanadi va qatlam ustki alangasini hosil qiladi. Qattiq yoqilg'ini qatlamli yoqish quvvati past bo'lgan (bug' unumdorligi 35 m/soat gacha) qozonlarda keng tarqalgan.

Biroq bu usulni quvvati yuqori bo'lgan qozonlarda qo'llab bo'lmaydi, chunki bunda yonish yuzasi yetarli bo'lmaydi. Shuning uchun quvvati katta bo'lgan qozonlarda qattiq yoqilg'i chang holatiga keltirilib yoqiladi. Buning uchun yoqilg'i, avvalo maxsus tegirmonlarda chang holiga keltiriladi va kamerali o'txonaga gorelka orqali uzatiladi.

Kamerali o'txonalarda yoqilg'i mash'ala va uyurmali usullarda yondiriladi (8.15 – rasm, v va g). Mash'ala qilib yoqish usulida yoqilg'i va yonish uchun zaruriy havo o'txonaga maxsus moslamalar yordamida beriladi. Yonishning mash'ala usuli

yoqilg‘i zarralarining havo oqimi va yonish mahsulotlari bilan birgalikda to‘xtovsiz harakatlanib turishi bilan qatlamli yoqish usulidan farq qiladi. Shuning uchun qattiq yoqilg‘i chang (kukun) holatga keltirilishi lozim. Kukun zarralarining o‘lchami mikronlar bilan o‘lchanadi. Buning natijasida yoqilg‘ining havo kislorodlariga tegishi va reaksiyaga kirishish sirti kattalashadi. Ko‘mir changi kamerali o‘txonaga havo bilan (birlamchi havo) birgalikda gorelka orqali uzatiladi. Havoning qolgan qismi (ikkilamchi havo) yoqilg‘isiz o‘txonaga uzatiladi. Mash’ala uzunligi bo‘ylab yoqilg‘i yonishini uch bosqichga ajratish mumkin: tayyorgarlik bosqichi, yoqilg‘ini jadal yonish bosqichi va qoldiq koksni yonib tugash bosqichi (8.17 - rasm).



**8.17 – rasm. Mash’ala uzunligi bo‘ylab temperaturani, ortiqcha havoni va kul miqdorini o‘zgarishi**

Birinchi bosqichda temperatura  $T$  yuqori bo‘lmaydi, ortiqcha havo koeffitsienti  $\alpha$  katta, kul miqdori  $A^q$  esa oz bo‘ladi. Ikkinchi bosqichda temperatura keskin ko‘tariladi, ortiqcha havo koeffitsienti jadal kamayadi va kul miqdori tez ortadi. Demak bu bosqichda yoqilg‘i jadal yonadi. Uchinchi bosqich eng ko‘p davom etadi. Bunda  $\alpha$  deyarli o‘zgarmaydi,  $A^q$  tez ortib boradi va keyin ma’lum bir chegara qiymatiga yaqinlashadi. Demak, bu bosqichda qoldiq koks yonib bo‘ladi. Ekran quvurlariga issiqlik berish jadalligi, yonish tufayli ajralib chiqayotgan issiqlik jadalligidan katta bo‘lishi natijasida temperatura ancha pasayadi. Keyinchalik nuriy issiqlik berish, temperatura pasayishi bilan keskin kamayishi natijasida (Stefan–Boltsman qonuni), temperaturaning pasayishi sekinlashadi.

O'txona bo'shlig'ida kuchli, uyurmali oqim hosil qilish usuli bilan yoqilganda yoqilg'i zarralari uzoq vaqt o'txonada bo'ladi va to'liq yonadi. Havo oqimi yoqilg'i zarralarini uyurma trayektoriyasi bo'ylab olib yuradi va yaxshi yonishini ta'minlaydi. Uyurmaviy usulda qattiq yoqilg'ini chang holida emas, balki yaxshi maydalangan bo'laklar holida yoqish mumkin. Changsimon holatga keltirilgan qattiq yoqilg'ilarni yoqishning o'ziga xos afzalliklari bor:

- a) past navli ko'mirni, ko'mir qizib olishda va uni boyitishdagi qoldiq chiqindilarni katta quvvatli qozon qurilmalari o'txonalarida yoqish mumkin;
- b) ortiqcha havo koeffitsienti  $\alpha=1,2-1,25$  bo'lganda chala yonish hisobiga bo'ladigan isroflar juda kam va o'txona samaradorligi iqtisodiy jihatdan yuqori bo'ladi;
- v) yonish jarayonini to'la mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish mumkin;
- g) katta quvvatli o'txonalar qurish mumkin.

Bunday afzalliklari bilan birga qurilmalarning narxi qimmat, yoqilg'ini maydalashga qo'shimcha elektr energiyasi sarf bo'ladi, tutun gazlar bilan birgalikda ko'p miqdorda kul ham (yoqilg'idagi umumiy kul miqdorining 80% ga yaqini) atmosferaga uchib chiqadi va atrof muhitni ifloslantiradi. Yuqorida ko'rsatilgan kamchiliklarga qaramay, yirik elektr stansiyalarning asosiy qismi changsimon yoqilg'ida ishlaydi. Havoning nazariy jihatdan zaruriy miqdorini hisoblashda havo yoqilg'i bilan ideal aralashtiriladi va kislorodning har qaysi zarrasi yonuvchan element bilan birikishiga ulguradi, deb faraz qilinadi. Lekin, amalda havoning hisoblangan miqdori yoqilg'ining to'liq yonishi uchun yetarli bo'lmaydi. Yonish jarayonini kislorodning hammasi yonuvchan elementlar bilan kirishadigan qilib yetkazib bo'lmaydi. Uning bir qismi yonish reaksiyasiga kirishmaydi va tutun gazlar bilan birga erkin holda chiqib ketadi. Yoqilg'ining to'liq yonishi uchun havoni hisoblab topilganidan ko'proq miqdorda berish zarur. Haqiqiy beriladigan havo miqdori nazariy hisoblab topilganidan necha marta ko'pligini ko'rsatuvchi son ortiqcha havo koeffitsienti deyiladi va  $\alpha$  bilan belgilanadi:



$$\alpha = V/V_0, \quad (8.39)$$

$\alpha$  ning kattaligi yoqilg'ining turiga, jarayon sodir bo'ladigan sharoitlarga, yoqish usuliga, o'txonaning tuzilishiga bog'liq. Hisoblashlarda  $\alpha$  ning qiymati tegishli tajriba ma'lumotlari asosida tanlanadi.  $\alpha$  qanchalik kichik bo'lsa, yonish jarayoni shunchalik tejamli bo'ladi. Lekin  $\alpha$  juda ham kichik bo'lsa, yoqilg'i chala yonadi va qozon agregatining F.I.K. pasayadi.

Qattiq yoqilg'i qatlamli usulda yoqilsa, odatda  $\alpha=1,3-1,5$  ga teng bo'ladi, gaz va suyuq yoqilg'i kamerali o'txonalarda yoqilganda  $\alpha=1,1-1,15$  ga teng bo'ladi.

**Gaz va suyuq yoqilg'ining yonishi.** Gaz va suyuq yoqilg'ining yonishi bir – biridan kam farq qiladi, chunki suyuq yoqilg'i yonishidan oldin bug'lanadi. Yoqilg'i yonganda uning tarkibidagi yonuvchan elementlarning kimyoviy oksidlash jarayoni ro'y beradi va natijada jadal issiqlik ajralib, yonish mahsulotlari temperaturasi keskin ko'tariladi.

Yonish gomogen (ya'ni, yoqilg'i va oksidlovchi modda bir xil agregat holatida bo'ladi) yoki geterogen (ya'ni, yoqilg'i va oksidlovchi modda turli agregat holatida bo'ladi) bo'lishi mumkin. Suyuq yoqilg'ida ballast deyarli bo'lmaydi, shuning uchun u faqat mash'ala qilib yoqiladi. Yoqish paytida yoqilg'ini butunlay to'zitib yuborish kerak. Yoqilg'i yaxshi to'zitmasa, yonish mahsulotlari ichida ko'p miqdorda yonmagan sof uglerod C, uglerod (II) – oksid CO va uglevodorodlar  $C_mH_n$  qolishi mumkin. Gaz yoqilg'isini suyuq va qattiq yoqilg'iga qaraganda mash'ala usulida oson va samarali yoqish mumkin. Lekin barcha yoqilg'ini yoqishdagi singari uni ham havo bilan yaxshi aralashtirish lozim. Gaz yoqilg'isining yonish jarayoni gomogen bo'ladi. Yonish jarayoni boshlanishi uchun gaz va oksidlovchi modda bir – biriga tegib (tutashib) turishi va yetarli shart – sharoitlar bo'lishi lozim. Yonuvchan elementlar nisbatan past temperaturalarda ham oksidlanishi mumkin. Bunday sharoitda kimyoviy reaksiyalar tezligi kichik bo'ladi, temperatura ortishi bilan reaksiya tezligi oshadi. Ma'lum bir temperaturaga yetganda esa, gaz – havo aralashmasi alanganadi (o't oladi), reaksiyalar tezligi ortadi va ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori yoqilg'ini o'z – o'zidan yonishini ta'minlash

uchun yetarli bo‘ladi. Aralashma alanganadigan (o‘t oladigan) eng past temperaturaga alanganish (o‘t olish) temperaturasi deyiladi. Bu kattalik yoqilg‘ining fizik xossalariga, yondirish usuliga, aralashmadagi yoqilg‘i miqdoriga va shu kabilarga bog‘liq bo‘ladi. Masalan, vodorodning o‘t olish temperaturasi 820–870K, uglerod oksidi va metanniki mos ravishda 1020–930 va 120-1070K. Ba‘zi yoqilg‘ilarning o‘t olish temperaturalari 8.4–jadvalda keltirilgan.

**Yoqilg‘i o‘t olish temperaturasining  $\alpha$  koeffitsientga bog‘liqligi.** 8.6 – jadval.

Yoqilg‘i nomi	O‘t olish temperaturasi, °S			
	$\alpha = 1,0$	$\alpha = 1,3$	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 2,0$
Antratsit	2270	1845	1665	1300
Torf	1700	1510	1370	1110
Mazut	1125	1740	1580	1265
O‘tin	1855	1575	1435	1165
Gaz (Saratov)	2000	1149	1778	1167

Ma‘lumki, gaz mash‘ala bo‘lib yonadi. Mash‘ala bu yonish jarayoni kechayotgan, harakatlanayotgan gazlarning ma‘lum bir hajmidir. Yonish nazariyasi umumiy qoidalariga asosan, gazning mash‘ala qilib yoqish usuli kinetik va diffuzion usullarga ajratiladi. Kinetik yondirishda gaz va havo yonishidan oldin aralashtiriladi.

Gaz va havo, avvalo gorelkaning aralashtirish qurilmasiga uzatiladi. Aralashmaning yonishi aralashtirgichdan tashqarida ro‘y beradi. Bu holda jarayon tezligi kimyoviy reaksiyalar tezligi bilan chegaralanadi ya‘ni  $\tau_{yon} \approx \tau_{kim}$  bo‘ladi. Diffuzion yonish gaz bilan havoning aralashish jarayonida ro‘y beradi. Gaz havodan alohida holda ishchi hajmga yuboriladi. Bu holda jarayon tezligi gazning havo bilan aralashish tezligi bilan chegaralanadi, ya‘ni  $\tau_{yon} \approx \tau_{fiz}$ . Diffuzion yonishning yana bir ko‘rinishi aralash yonish (diffuzion-kinetik) bo‘lib, bunda gaz dastlab ma‘lum bir miqdordagi havo bilan (to‘liq yonish uchun yetarli bo‘lmagan) aralashadi. Shu yerga havoning qolgan qismi (ikkilamchi havo) alohida yuboriladi.

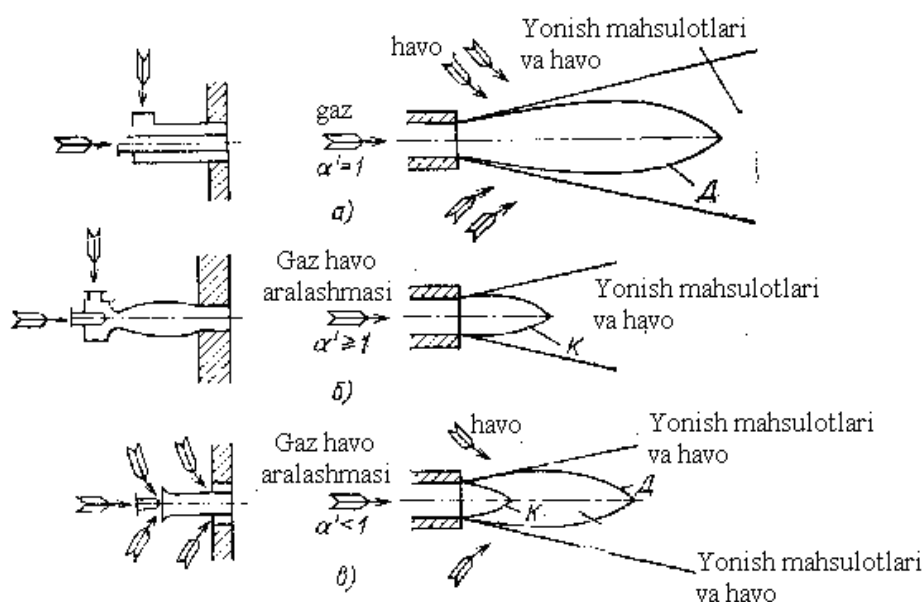
Qozon agregatlari o‘txonalarida asosan kinetik va aralash yondirish usullari qo‘llaniladi. Diffuzion usul ko‘proq sanoat pechlarida qo‘llaniladi. Gaz oqimining mash‘alasida harakat usuliga qarab, mash‘ala laminar va turbulent bo‘lishi mumkin.

Texnikada asosan turbulent yonish ishlatiladi. Gaz yoqilg'isining yondirish tartiblari 8.18-rasm tasvirlangan.

Sanoat issiqlik energetikasida foydalanilayotgan asosiy suyuq yoqilg'i mazut hisoblanadi. Suyuq yoqilg'ining yonishi asosan bug'-gaz fazada ro'y beradi, bunga sabab shuki, uning qaynash temperaturasi o't olish temperaturasidan ancha past bo'lgani tufayli, u o't olishdan oldin bug'lanadi. Suyuq yoqilg'ini yondirish jarayonini quyidagi bosqichlarga ajratish mumkin:

- 1) yoqilg'ini isishi va bug'lanishi;
- 2) yonuvchan aralashmani hosil bo'lishi (yoqilg'i bug'larini havo bilan aralashishi);
- 3) yonuvchan aralashmaning o't olishi;
- 4) aralashmaning yonishi.

Yonishni jadallashtirish uchun yonuvchi elementlarni havo bilan tez va puxta aralashtirish lozim. Yonish uchun zarur bo'lgan havoni mash'alani asosiga yuborilsa oksidlash reaksiyalari kuchayadi. Bug'-havo aralashmasining gomogen yonishi-kimyoviy jarayon, bug'lanish esa, o'zining tabiatiga ko'ra fizik jarayon. Shuning uchun yonishning pirovard tezligi va vaqti fizik yoki kimyoviy jarayonlarning jadalligi bilan belgilanadi. Agar hosil bo'layotgan bug'larning yonib bo'lish tezligi yoqilg'ining bug'lanish tezligidan ancha katta bo'lsa, u holda yonish tezligi sifatida bug'lanish tezligi olinadi va bunda  $\tau_{yon} = \tau_{bug'} = \tau_{fiz}$  bo'ladi. Teskari holatda esa, yondirish jarayoni jadalligi butunlay kimyoviy reaksiyalar tezligiga bog'liq bo'ladi, ya'ni  $\tau_{yon} = \tau_{kim}$ . Suyuqlikning bug'lanishi, suyuq yoqilg'i yonish bosqichlari ichida eng uzoq davom etadigani hisoblanadi. Shuning uchun uni butunlay to'zitiv yuborish kerak.



### 8.18-rasm. Gaz yoqilg'isining yondirish tartiblari.

*a-gaz va havoning tashqarida aralashishi; b-to'liq ichki aralashish; v-qisman ichki aralashish; k-kinetik yonish sohasi; d- diffuzion yonish sohasi.*

### 8.9. Yonish jarayonlarini hisoblash

Yonishning kimyoviy formulalari asosida 1 kg yoqilg'i to'liq yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdorini ( $V_0$ ) aniqlaymiz.

1 kg qattiq yoki suyuq yoqilg'ida uglerod  $C^i/100\text{kg}$ , vodorod  $H^i/100\text{kg}$ , oltinugurt  $S^i/100\text{kg}$ , kislorod  $O^i/100\text{kg}$  bo'ladi. 1 kg yoqilg'i to'liq yonishi uchun quyidagicha kislorod zarur :

$$M = \frac{8}{3} \cdot \frac{C^i}{100} + 8 \frac{H^i}{100} + \frac{S^i}{100} \quad (8.40)$$

1 kg yoqilg'ida  $O^i/100$  kg kislorod borligini va havoda kislorod 23% (massa bo'yicha) ekanligini e'tiborga olib, 1 kg yoqilg'i to'liq yonishi uchun zarur bo'lgan havoning nazariy miqdorini hisoblab topish mumkin:

$$\begin{aligned} L_0 &= \frac{100}{23} \left( \frac{8}{3} \cdot \frac{C^i}{100} + 8 \frac{H^i}{100} + \frac{S^i}{100} - \frac{O^i}{100} \right) = \\ &= 0,115(C^i + 0,375S^i) + 0,342H^i - 0,043O^i, \quad (8.41) \end{aligned}$$

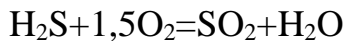
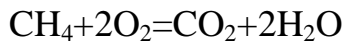
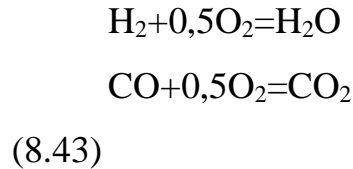
bu yerda

$L_0$ -zarur bo'lgan havoning nazariy miqdori, kg/kg.

Standart fizik sharoitda ( $t=0^{\circ}\text{S}$ ,  $p=1\cdot 10^5\text{Pa}$ ) .  $1\text{m}^3$  havo  $1,293\text{ kg}$  bo‘ladi.  $1\text{ kg}$  yoqilg‘i uchun havoning nazariy miqdori ( $\text{m}^3$ ) quyidagiga teng.

$$V_0 = \frac{L_0}{1,293} = 0,0889 (C^i + 0,375 S^i) + 0,265 H^i - 0,033 O^i \quad (8.42)$$

Gaz yoqilg‘isi uchun havo sarfi  $V_0$  yonuvchan elementlarning hajmiy ulushlaridan kelib chiqqan holda va quyidagi yonish reaksiyalari asosida aniqlanadi:



$1\text{m}^3$  gaz yoqilg‘isi to‘liq yonishi uchun zarur bo‘lgan havoning nazariy miqdori ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$V_0 = 0,0476 \left[ 0,5\text{CO} + 0,5\text{H}_2 + 1,5\text{H}_2\text{S} + 2\text{CH}_4 + \sum \left( m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - \text{O}_2 \right] \quad (8.44)$$

Ma’lumki, to‘liq yonishdagi yoqilg‘i mahsulotlari  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  larning aralashmasidan iborat. Bulardan tashqari yonish mahsulotlari tarkibida  $\text{N}_2$  va yonishda qatnashmagan havoning kislorodi bo‘ladi. Yoqilg‘i to‘liq yonmasa, (chala yonsa) yonish mahsulotlari tarkibida uglerod oksidi, vodorod, metan va boshqa yonuvchan elementlar bo‘lishi mumkin. Yonish mahsulotlari tarkibida ularning miqdori, odatda juda ozligi uchun bular deyarli hisobga olinmaydi. Yonish mahsulotlari hajmi  $V_{yo}$  ikki qismdan iborat:

Quruq gazlar  $V_{q.g}$  va suv bug‘lari  $V_{\text{H}_2\text{O}}$

$$V_{yo} = V_{q.g} + V_{\text{H}_2\text{O}} \quad (8.45)$$

$$\text{U holda } V_{yo} = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2} + V_{\text{N}_2} = V_{\text{O}_2} \quad (8.46)$$

$$\text{Tarkib foizi } \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{N}_2 + \text{O}_2 = 100\% \quad (8.47)$$

bu yerda  $\text{CO}_2 = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{k.z}} \cdot 100\%$ ;  $\text{SO}_2 = \frac{V_{\text{SO}_2}}{V_{k.z}} \cdot 100\%$  va hokazo.

Hisoblashni soddalashtirish uchun quruq yoqilg'i mahsulotlari tarkibidagi uch atomli gazlar miqdorini birgalikda hisoblaymiz va  $RO_2$  bilan belgilaymiz, ya'ni  $CO_2+SO_2=RO_2$

U holda

$$V_{k.z} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad (8.48)$$

Uch atomli gazlar miqdori quyidagiga teng:

$$V_{RO_2} = \frac{11}{3} \cdot \frac{C^i}{100\rho_{CO_2}} + 2 \frac{S^i}{100\rho_{SO_2}}, \quad (8.49)$$

bu yerda:

$\rho_{CO_2} = 1,977$   $CO_2$  ning zichligi

$\rho_{SO_2} = 2,927$   $SO_2$  ning zichligi.

U holda

$$V_{RO_2} = 0,0186(S^i + 0,375C^i) \quad (8.50)$$

Havoning tarkibida 79% (hajm bo'yicha) azot bo'lgani uchun, yonish mahsulotlari tarkibida quyidagicha azot bo'ladi. ( $m^3/kg$ ):

$$V_{N_2} = 0,79\alpha V_0 \quad (8.51)$$

Kislorod yonish mahsulotlari tarkibiga faqat ortiqcha havo bo'lsagina, kirib qoladi, u havoda 21% (hajm bo'yicha) bo'lgani uchun uning miqdori quyidagiga teng ( $m^3/kg$ ):

$$V_{O_2} = 0,21(V - V_0) = 0,21(\alpha - 1)V_0 \quad (8.52)$$

yonish mahsulotlaridagi quruq gazlar miqdori ( $m^3/kg$ ) quyidagiga teng:

$$V'_{kg} = 0,0186(C^i + 0,375S^i) + (\alpha - 0,21)V_0 + 0,79\alpha V_0 \quad (8.53)$$

Yoqilg'i tarkibidagi azot butunlay yonish mahsulotlariga o'tishini hisobga olsak, u holda:

$$V_{kg} = 0,0186(C^i + 0,375S^i) + (\alpha - 0,21)V_0 + 0,008N^i \quad (8.54)$$

1 kg yoqilg'i yonganda hosil bo'lgan suv bug'lari miqdori yoqilg'idan chiqqan suv bug'lari va havo bilan kirgan suv bug'lari yig'indisiga teng:

$$V_{H_2O} = \frac{1}{\rho_{H_2O}} \left( 9 \cdot \frac{H^i}{100} + \frac{W^i}{100} + W_c \right) \quad (8.55)$$

bu yerda

$$\rho_{H_2O} = 0,804 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ -suv bug'i zichligi;}$$

$W_c$ - havo bilan o'txonaga kirayotgan suv bug'i massasi (8-10g/kg ga teng deb hisoblanadi);

$\rho_{H_2O}$  va  $W_c$  qiymatlarini formulaga qo'yib suv bug'i hajmini ( $\text{m}^3/\text{kg}$ ) aniqlaymiz.

$$V_{H_2O} = 0,0124(9H^u + W^u) + 0,0161\alpha V_0 \quad (8.56)$$

Agar mazutni yoqishda bug' forsunkalari qo'llanilsa, u holda forsunka orqali uzatilayotgan suv bug'i miqdorini ham hisobga olish zarur.

Gaz yoqilg'isi uchun yonish mahsulotlari miqdori ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) quyidagiga teng:

$$V_{yo} = V_{RO_2} + V_{N_2} + (\alpha - 1)V_O + V_{H_2O} \quad (8.57)$$

bu yerda

$$V_{N_2} = 0,79V_0 + 0,01N \quad (8.58)$$

$$V_{R_2O} = 0,01(CO_2 + CO + CH_4 + H_2S + \sum mC_m H_n) \quad (8.59)$$

$$V_{H_2O} = 0,01(H_2 + 2CH_4 + H_2S + \sum 0,5nC_m H_n + 0,016V_0 + 0,124d_r) \quad (8.60)$$

bu yerda

$d_r$  -gaz yoqilg'isining namligi,  $\text{g}/\text{m}^3$ .

Yoqilg'i chala yonsa, yonish mahsulotlari tarkibida yuqorida keltirilgan komponentlardan tashqari yana uglerod oksidi CO bo'ladi. U holda yonish mahsulotlari tarkibi (hajm bo'yicha) quyidagicha bo'ladi:

$$RO_2 + CO + N_2 + O_2 + H_2O = 100 \% \quad (8.61)$$

yonish reaksiyasiga asosan:

$$V_{RO_2} + V_{CO} = 1,86 \frac{(C^i + 0,375 S^i)}{100} \quad (8.62)$$

Shunday qilib, qattiq va suyuq yoqilg'i uchun yonish mahsulotlari hajmi ( $\text{m}^3/\text{kg}$ ) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$V_{kg} = 1,86 \frac{(C^i + 0,375 S^i)}{RO_2 + CO} \quad (8.63)$$

gaz yoqilg'isi uchun ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

$$V_{kg} = \frac{CO_2 + CO + CH_4 + \sum m C_m H_n}{CO_2 + CO + CH_4} \quad (8.64)$$

Issiqlik qurilmalarini hisoblash uchun gazlarning entalpiyasini bilish kerak. Qurilmaga kirishdagi va chiqishdagi entalpiyalar farqi foydali ishlatilgan issiqlikka teng bo'ladi. Gazlar entalpiyasini 1kg yondirilgan yoqilg'iga nisbatan olinadi va quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$h = \sum (V C_p t)_k = V_{RO_2} + V_{O_2} (C_p t)_{O_2} + V_{N_2} (C_p t)_{N_2} + V_{H_2O} (C_p t)_{H_2O} \quad (8.65)$$

bu yerda

$(c_p)_k$  - yonish mahsulotlarining o'zgarmas bosimdagi o'rtacha issiqlik sig'imi  $J/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ .

## 8.10. Yoqilg'ini yondirishga tayyorlash

**Changsimon ko'mir yoqilg'i tayyorlash.** Yirik energetik qurilmalarda changsimon va juda maydalangan yoqilg'i asosiy yoqilg'i hisoblanadi. U maxsus ko'mir tegirmonlarida antratsit, toshko'mir va qo'ng'ir ko'mir, torf hamda slanets bo'laklaridan va maydalaridan foydalanib tayyorlanadi. Yoqilg'ini maydalash uning sirtini keskin oshirib yuboradi va yanada to'liq yonishiga imkon tug'diradi.

Elektrostansiyalarga yoki qozonxonalarga ko'mirning o'lchamlari turlicha bo'lgan (1-300 mm) bo'laklar ko'rinishida keladi. Ko'mir bo'laklari maydalash mashinalarida 15-25 mm gacha maydalanadi. Maydalangan ko'mir bo'laklari tegirmonlarga yuboriladi va u yerda o'lchami 0,1 – 1000 mkm gacha bo'lgan chang (kukun) holiga keltirilib, ko'mir changini yoqish gorelkasiga yuboriladi. Tegirmonlar quyidagi turlarga ajratiladi: Aylanish chastotasi 0,25-0,42  $\text{s}^{-1}$  bo'lgan sekin aylanadigan tegirmonlar. Bunday turdagi tegirmonlarga shar barabanli tegirmon misol bo'la oladi(8.19-rasm).

Diametri  $\varnothing$  2-4 m bo'lgan Silindrik baraban elektrovigatel 7 va shesternyalar 4-6 yordamida aylanadi. Barabanning ichki qismiga yedirilishga chidamli marganesli po'lat plitalar qoplangan. Barabanga diametri 30-40 mm li po'lat sharlar

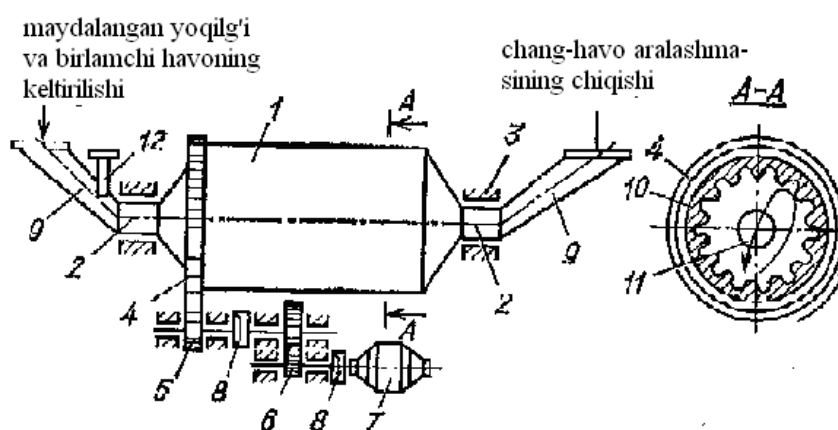


va maydalab kukunga aylantirilishi lozim bo'lgan yoqilg'i solinadi. Sharlar dumalab, yoqilg'ini urib kukunga aylantiradi. Bunday tegirmonlarda namligi yuqori bo'lgan qo'ng'ir ko'mir va torfdan tashqari barcha qattiq yoqilg'ilarni maydalash mumkin.

Aylanish chastotasi  $0,85-1,3 \text{ s}^{-1}$  bo'lgan o'rtacha aylanadigan tegirmonlar.

Ular ikki xil bo'ladi:

Aylanuvchi silindrlri – silindrlar aylanayotgan plitalar ustida dumalab, yoqilg'ini ezadi va maydalaydi. Bunday tegirmonlarda uchuvchan moddalar miqdori o'rtacha va namligi ham o'rtacha bo'lgan toshko'mirlarni maydalash mumkin;

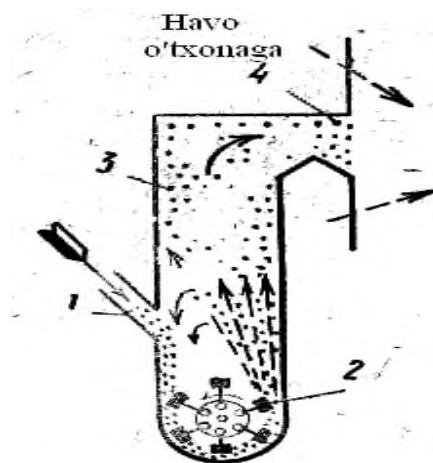


**8.19-rasm. Shar barabanli tegirmon.**

1-baraban; 2- sapfalar; 3-podshipniklar; 4-katta shesternya; 5-kichik shesternya; 6- reduktor; 7-elektrodvigatel; 8-ulash muftasi; 9- qo'zg'almas potrubkalar; 10- zirxli plitalar; 11- sharlarning harakat trayektoriyasi; 12-separatoridan qaytish.

Sharli – bunday tegirmonlarda sharlar aylanuvchan xalqada dumalab, yoqilg'ini maydalaydi. Aylanish chastotasi  $12,5-25 \text{ s}^{-1}$  bo'lgan tez aylanuvchi tegirmonlar. Bularga quyidagilar kiradi:

**To'qmoqli tegirmonlar.** Bunda aylanib turadigan to'qmoqlar yordamida yoqilg'i maydalanadi.(8.20-rasm) Bunday tegirmonlarda namligi kam bo'lgan qo'ng'ir ko'mirlar maydalanadi.

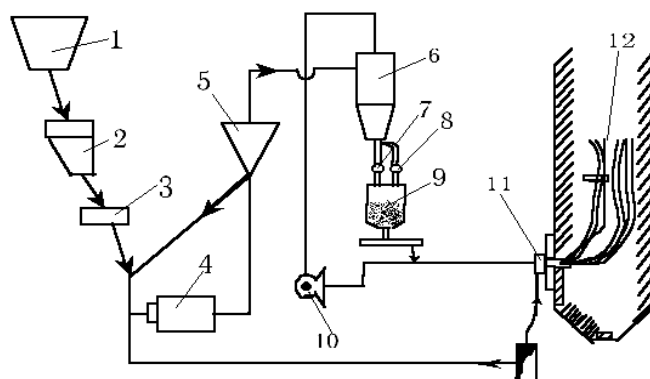


**8.20-rasm. Shaxta tegirmon sxemasi.**

Tegirmon ventilyatorlar-parraklari marganesli po'latdan tayyorlangan ventilyator tushayotgan yoqilg'i bo'laklarini maydalaydi. Bunday tegirmonlardan namligi yuqori bo'lgan qo'ng'ir ko'mirlarni va torfni maydalashda foydalaniladi. 8.20-rasmda to'qmoqli tegirmonning sxemasi ko'rsatilgan.

Shaxta 3 ning tubida marganesli po'latdan tayyorlangan to'qmoqcha 2 li rotor joylashgan. Shaxtaning ichki qismi zirx bilan himoya qilingan. Yoqilg'i patrubka 1 orqali tegirmon shaxtasi 3 ga solinadi va aylanib turadigan to'qmoqchalar 2 ga tushadi. To'qmoqcha 700-900 ayl/min. tezlik bilan aylanib, o'ziga tushayotgan yoqilg'ini parchalaydi va maydalaydi. Hosil bo'lgan yoqilg'i bo'laklari bilan chang aralashmasini qaynoq havo oqimi shaxtaning yuqorigi qismiga ilashtirib ketadi. Yoqilg'ining yirik bo'laklari tegirmon shaxtasiga qaytib tushadi va yana maydalanadi.

Qattiq yoqilg'ini changsimon holga keltirish alohida sxema yoki oraliq bunkerli sxema bo'yicha amalga oshiriladi. Alohida sxema bo'yicha chang bevosita tegirmondan o'txonaga o'tadi. Oraliq bunkerli sxemalarda ko'mir changining zahirasi bo'lishi nazarda



**8.21-rasm. Oraliq bunkerli chang tayyorlash sxemasi.**

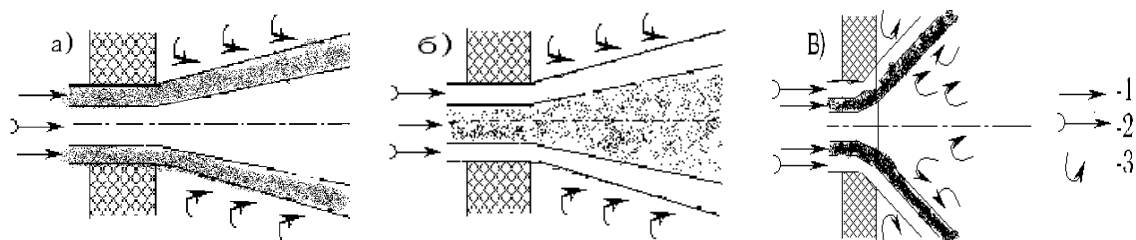
tutiladi. Bu sxema eng ishonchli sxemadir, shu sababli mamlakatimizdagi yirik

elektr stansiyalarining qozonxonalarida keng ko‘lamda qo‘llaniladi. 8.21-rasmda chang tayyorlash usulining oraliq bunkerli sxemasi keltirilgan. Yoqilg‘i bunker 1 dan tarozi 2 ga beriladi, so‘ngra esa, ta‘minlagich 3 ga uzatilib, undan tegirmon barabani 4 ga o‘tadi. Barabanga harorati 250-400°S li qaynoq havo puflanadi. Bu yerda yoqilg‘i quriydi va maydalanadi. Havo changni tegirmondan separator 5 ga olib chiqadi, bu yerda chang fraksiyalarga ajraladi. Tayyor chang separatoridan tegirmon ventilyatori yordamida siklon 6 ga yo‘naltiriladi, yoqilg‘ining yaxshi maydalanmagan zarralari esa, tegirmonga qaytariladi. Siklonda changning 90%ga yaqini havodan ajraladi va cho‘kadi, klapan 7 lar orqali oraliq bunker 9 ga yoki shnek 8 orqali boshqa bunkerga yo‘naltiriladi.

Siklondagi ozgina chang aralashgan havoni ventilyator so‘rib oladi va aralashtirgichga yo‘naltiradi, bu yerga bir vaqtning o‘zida oraliq bunkeridan yoqilg‘i changi ham beriladi. Tayyor chang yoqish uchun o‘txona 12 ning gorelkasi 11 ga puflanadi. Ko‘mir changining sifati, asosan uning mayinlik darajasi, oxirgi namligi va portlash havfi yo‘qligi bilan aniqlanadi.

**Ko‘mir changini yoqish gorelkasi.** Changsimon yoqilg‘ining tez va tejamli yonishi hamda hosil bo‘ladigan mash‘alaning barqarorligi asosan, ko‘mir changining yonish kamerasiga purkab beradigan gorelkalarning ishlashiga bog‘liq. Gorelkalar quyidagi talablarga javob berishi kerak: yoqilg‘i bilan havoni yaxshi aralashtirishi lozim; yonuvchi aralashmaning yondirilishi puxta bo‘lishi kerak; mash‘ala o‘txona kamerasini butunlay to‘ldirishi kerak va gorelkani sozlash oson bo‘lishi lozim. Changsimon yoqilg‘ini yoqishda, asosan, gorelkalarning ikki xili: uyurmali (aralashma va ikkilamchi havo shiddat bilan uyurma hosil qilib harakatlanadi) va to‘g‘ri oqimli tirqishli gorelkalar ishlatiladi. Tirqishli gorelkalarda chang – havo aralashmasi o‘txonaga tor tirqish orqali uzatiladi. Aralashmaning bunday uzatilishida mash‘alaning uzoqqa otilishi ancha ortadi. Bunday gorelkalar o‘txona kamerasida qarama-qarshi yoki burchaklarga o‘rnatiladi. Uyurmali gorelkalarda mash‘ala uzunligi katta bo‘lmaydi va ular o‘txona kamerasining ro‘parasidagi devorga o‘rnatiladi. Chang havo aralashmasini va ikkilamchi havoni o‘txonaga uzatish sxemasi 8.22-rasmda ko‘rsatilgan.

8.22-rasmda (a,b) chang havoni va havoni to'g'ri oqimli tirqishli gorelkaga uzatish usullari ko'rsatilgan. Shu rasmda yana uyurmali gorelkaga chang havoni va havoni uzatish ko'rsatilgan. Chang havo aralashmasi markaziy quvur orqali uzatiladi, ikkilamchi havo esa, chekkadagi kanaldan uzatiladi.



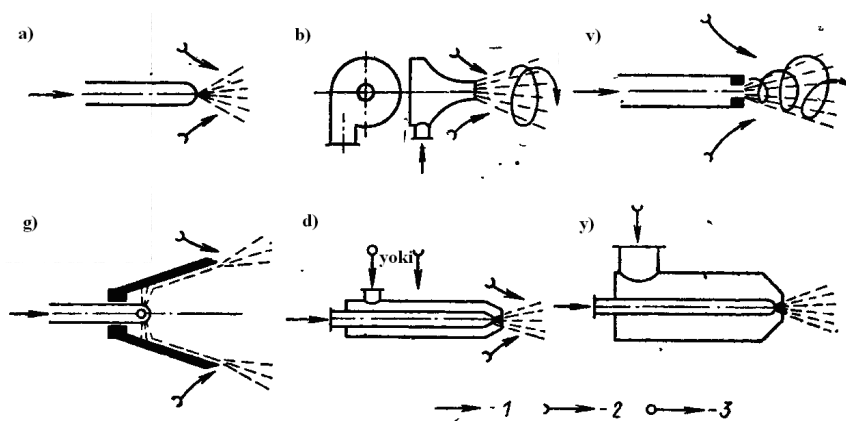
**8.22-rasm. Ko'mir changini yoqish gorelkalarining asosiy sxemalari.**

*a,b- to'g'ri oqimli gorelkalar; v-uyurmali gorelkalar;*

*1-ikkilamchi havo; 2-chang-havo aralashmasi; 3-qaynoq gazlarning aylanishi.*

**Suyuq va gaz yoqilg'i yoqiladigan gorelka va forsunkalar.** O'txonalarda yoqiladigan suyuq yoqilg'i gorelkaning tarkibiy qismi bo'lgan forsunkalar yordamida purkaladi va purkalgan yoqilg'i havo bilan yaxshi aralashib to'liq yonadi. Qozon qurilmalarida suyuq yoqilg'ilardan faqat mazut yoqiladi. Yaxshi purkalishi uchun mazut oldindan 140-160°S gacha isitib olinadi. U bir vaqtning o'zida mazut tashishni ham osonlashtiradi, chunki harorat ko'tarilishi bilan mazutning qovushqoqligi kamayadi. Mazut g'ilof-quvurli IAA larida bug' va issiq suv yordamida isitiladi. Mazutning qotib qolishining oldini olish uchun uni IAA va gorelka orasida uzluksiz aylanishi ta'minlanadi. Mazutni mayda qattiq zarralardan tozalash uchun, uning teshiklari soni har 1 sm<sup>2</sup> da 5 ÷40 ta bo'lgan filtrlardan o'tkaziladi. Mazut forsunkalari purkash usuliga qarab to'rt guruxga ajratiladi: bug'li, havoli, kombinatsiyalangan va mexanikaviy.

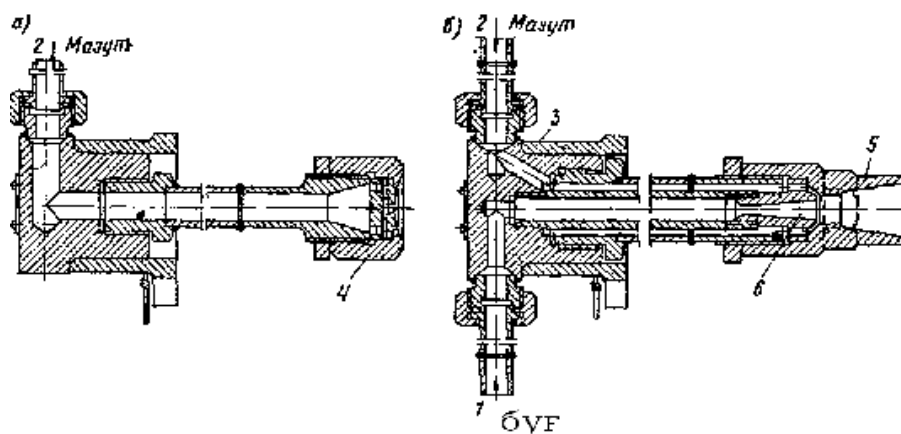
8.23-rasmda qo'llanilayotgan forsunkalarning asosiy sxemalari ko'rsatilgan.



**8.23-rasm. Mazut forsunkalarining asosiy sxemalari.**

*1-yoqilg'i; 2-havo; 3-bug'.*

Mexanikaviy forsunkalarni to'g'ri oqimli, markazdan qochirma va rotatsion forsunkalarga bo'lish mumkin. To'g'ri oqimli forsunkalarda, yoqilg'i oqimi kichik diametrli soplo orqali o'tishida 1-2 MPa bosim bilan siqiladi va natijada u to'zg'itiladi(8.23-rasm,a). Markazdan qochirma forsunkalarda yoqilg'i markazdan qochirma kuchlar ta'sirida to'ziviladi (8.23-rasm, b,v). Rotatsion forsunkalarda (8.23-rasm,g) yoqilg'i tez aylanib sohib turuvchi stakan ichiga uzatiladi, u yerda yoqilg'i markazdan qochirma kuchlar ta'sirida yupqa plenka hosil qilib oqib chiqadi. Stakandan chiqaverishda yupqa plyonkaning birlamchi havo ilashtirib ketadi. Bug'li va havoli forsunkalarni bir guruxga – to'zg'itadigan muhitli forsunkalarga birlashtirish mumkin. Bug'li forsunkalarda (8.23-rasm, d)bunday muhit sifatida bosimi 0,4-1,6MPa bo'lgan suv bug'i ishlatiladi. Mazut forsunkaga 0.3-0,4MPa bosim ostida uzatiladi. Bug' oqimi tezligi qanchalik katta bo'lsa, yoqilg'i shunchalik mayda purkaladi. Aksariyat yoqilg'i forsunkalarida bug'ning kritik tezligiga erishiladi. Bug'li forsunkalarning tuzilishi mexanikaviy forsunkalarga qaraganda sodda lekin bug'ning sarfi katta bo'lganligi (1 kg mazutga 0,30-0,35 kg bug') va kuchli shovqin tufayli ular unumdorligi 3,3 kg/s gacha bo'lgan qozon agregatlarida ishlatiladi.



**8.24-rasm. Mazut forsunkalari.**

*a*-markazdan qochirma: *b*-bug‘li. 1,2- bug‘ va mazut uchun quvurlar; 3-qobiq; 4-uzatish kanali; 5-nasadka; 6-soplo.

Havoli forsunkalarda to‘zg‘ituvchi muhit sifatida havo ishlatiladi. Bunday forsunkalarni past va yuqori bosimli forsunkalarga ajratish mumkin. Birinchi gurux forsunkalarida havoning bosimi 0,2-1 MPa ga teng bo‘ladi(8.23-rasm,d), ikkinchi gurux forsunkalarida esa, havoning bosimi 0,002-0,008 MPa ga teng bo‘ladi.

8.24-rasmda markazdan qochirma va bug‘li forsunkalarning tuzilishi ko‘rsatilgan.

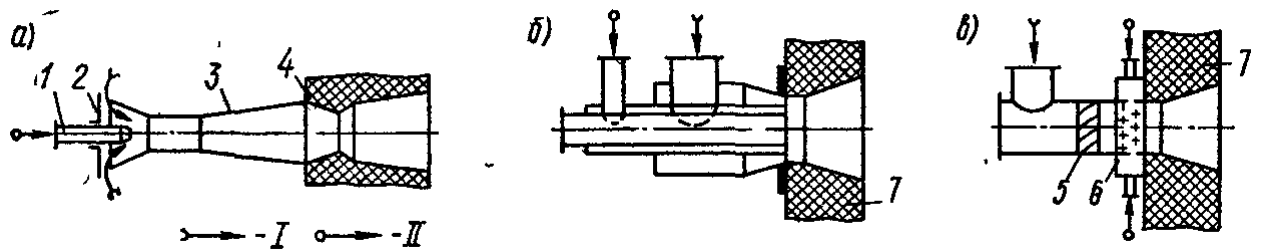
Gaz gorelkalari ishlash usuliga qarab quyidagilarga bo‘linadi:

**Kinetik gorelkalar**–bunda gaz havo bilan gorelkadan chiqishidan oldin to‘liq aralashadi;

**Diffuzion** – kinetik gorelkalar – bunda gaz havo bilan qisman aralashadi;

**Diffuzion gorelkalar**–bunda gaz havo bilan gorelkadan tashqarida aralashadi.

Havoni uzatish usuliga qarab gorelkalar injeksion va havo majburiy uzatiladigan (puflanadigan) gorelkalarga bo‘linadi. Shunga asosan gorelkalar past bosimli (5kPa gacha), o‘rta bosimli (5kPa-0,3 MPa) va yuqori bosimli (0,3MPa dan yuqori) gorelkalarga bo‘linadi. 8.25-rasmda gaz gorelkalarining asosiy sxemalari ko‘rsatilgan.



**8.25-rasm. Gaz gorelkalari sxemalari.**

1- gaz soplosi; 2-havo qopqog‘i; 3-aralashtirgich; 4-sopol nasadka; 5-kurakli uyurmalantirgich; 6-gaz kollektori; 7-o‘txonaning qoplamasi; I-havo; II-gaz; a- injeksion gorelka; b- havo majburiy uzatiladigan gorelka.

Injeksion gorelkada (8.25-rasm,a) gaz soplodan chiqayotgan havoni so‘radi va u bilan aralashadi. Gaz-havo aralashmasi gorelkaga bevosita qo‘shilib ketgan o‘tga chidamli materialdan tayyorlangan nasadkada yonadi. Gorelkadan o‘tayotgan gazning sarfi tuzilishiga bog‘liq ravishda 0,5 dan 1000m<sup>3</sup>/soat gacha o‘zgaradi. Nasadkaning uzunligi 1m gacha, gaz-havo aralashmasining tezligi esa 30-80 m/s bo‘lishi mumkin. 8.25-rasmda (b) havo majburiy uzatiladigan oddiy gorelkaning sxemasi tasvirlangan. Gorelkada ichki quvurlar orasiga gaz uzatiladi. Tashqi quvurlar orasiga esa havo uzatiladi. Gaz ichki quvur orqali yondiriladi va shu orqali gorelkaning ishlashi kuzatilib turiladi. Gaz-mazut gorelkalari asosiy yoqilg‘i gaz va zahiradagi yoqilg‘i mazut bo‘lgan ko‘pgina hollarda qo‘llaniladi. Bunday gorelkalarda gaz yoki mazutni alohida va bir vaqtning o‘zida ikkala yoqilg‘ini yondirish mumkin. Lekin gaz va mazut birgalikda yoqilganda o‘txona isroflanadi, ya’ni q<sub>3</sub> (kimyoviy) va q<sub>4</sub>(mexanik) isroflar ortib ketadi. Mazut forsunkasi gorelkaning markaziy kanali ichida joylashadi. Qozonlar, odatda ikki xil yoqilg‘ini yoqish imkoniyatidan kelib chiqqan holda loyihalanadi. Masalan, changsimon yoqilg‘i uchun o‘txonalarda zahira yoqilg‘isi sifatida asosan gaz ishlatiladi. Bunday hollarda ko‘mir changini yoqish gorelkalari chang – gaz gorelkalariga o‘zgartirilib, unga gaz yoqilg‘isi uzatiladi.

## **8- mavzu bo‘yicha nazorat savollari.**

1. Qozon agregatining tarkibiy qismi.

2. Qozon agregatining asosiy isitish sirlari.
3. Qozon qurilmasining yordamchi qurilmalari.
4. Kul tutgichlar qanday ishlaydi?
5. Qozon agregatining issiqlik balansi.
6. Qattiq yoqilg‘i tarkibini keltiring.
7. Gaz yoqilg‘isi tarkibini keltiring.
8. Yoqilg‘i turlari.
9. Yonuvchan massa qanday elementlardan tashkil topgan?
10. Kokslashni tushuntirib bering.
11. Yoqilg‘ining yonish issiqligi.
12. O‘t olish temperaturasi qanday aniqlanadi?
13. Changsimon yoqilg‘i qanday tayyorlanadi?
14. Gorelkalar qanday ishlaydi?
15. Forsunkalar qanday ishlaydi?



## 9-MAVZU. ATOM ELEKTR STANSIYALARI. QAYTA TIKLANADIGAN ISSIQLIK MANBALARI.

### REJA

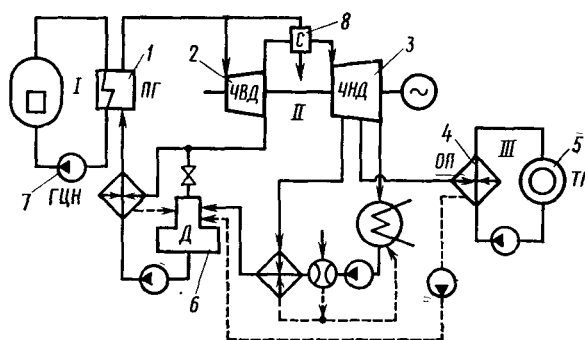
9.1. Atom elektr stansiyalarning issiqlik sxemalari.

9.2. Atom issiqlik stansiyalari (AIS).

9.3. Qayta tiklanadigan issiqlik manbalari.

#### 9.1. Atom elektr stansiyalarning issiqlik sxemalari

Bug‘ turbinali elektr stansiyalardan farqli ravishda atom elektr stansiyalarida issiqlik manbaasi sifatida atom yadrosini parchalanish energiyasi qo‘llanadi. Atom yadrosini parchalanishi reaktordan o‘tadi. Parchalanish oqibatida hosil bo‘lgan issiqlik ma‘lum moddaga beriladi va u bilan birga issiqlik olib ketiladi. Bunday modda gaz, suv, suyuq metall issiqlik tashuvchi deb ataladi va issiqlik dvigatellarida ishlatiladi. Reaktorda rivojlangan issiqlik yordamida hosil bo‘layotgan bug‘ turbinaga keladi.



9.1 – rasm. VVER tipdagi reaktorli AIEM prinsipial issiqlik sxemasi.

*I – radiaktiv kontur; II – noradiaktiv kontur; III – «toza» kontur;*

*1 – bug‘ generatori; 2 – turbinaning yuqori bosimli qismi; 3 – turbinaning past bosimli qismi; 4 – asosiy tarmoq isitgichi; 5 – issiqlik iste‘molchisi; 6 – deaerator;*

*7 – bosh sirkulyatsion nasos; 8 – separator.*

Ishchi issiqlikni keyingi harakati bug‘ turbinali elektr stansiyalardagi harakatiga o‘xshashdir, shu sababdan atom elektr stansiyalarning prinsipial issiqlik sxemasi bug‘-turbinali stansiyalarning issiqlik sxemasini eslatadi. Bundan tashqari atom stansiyalarning komponovkasi ham bug‘-turbinali stansiyalarning

komponovkasiga o‘xshaydi. Atom reaktorini ishchi rejimini hisobga olmagan holda atom stansiyalarning issiqlik sxemasini ko‘rib chiqamiz.

Bugungi kunda VVER, RBJ va VTGR tipdagi reaktorlar qo‘llanmoqda.

9.1-rasmda VVER tipdagi reaktor bilan jihozlangan atom issiqlik markazining issiqlik sxemasi ko‘rsatilgan.

Birinchi konturning issiqlik tashuvchisi sifatida 16 Mpa bosim ostidagi suv qo‘llangan bo‘lib neytronlarni sekinlashtiradi. Reaktorning aktiv zonasi po‘latdan bajarilgan, diametrlari 3,5÷5,0 m va balandligi 10÷12 m teng bo‘lgan kontur ichida joylashadi.

Ikkinchi konturdagi bug‘ generatorida 6,5 Mpa bosimli to‘yingan bug‘ hosil bo‘ladi va turbinada elektr energiyani ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. So‘ng bug‘-turbinadan (radiaktivlikdan holi bo‘lib) yuza turdagi isitkichlarga keladi.

Bug‘ sarfi, kg/s (t/ch)	64 (230)	118 (425)	410/1470
Reaktorga kirishdagi suv harorati, °S	250	270	292
Reaktordagi suvni o‘rtacha isitilishi, °S	19	31	33
Uranning oritilishi, T	38	42	66
Yoqilg‘ini yonishi natijasida o‘rtacha qoldiq mahsulotlari, MVT-sut/kg	13	28	40

Nisbatan kichik quvvatli isitish uchun kerakli bo‘lgan issiqlikni ishlab chiqaruvchi atom issiqlik elektr markazini qurishda va jihozlashda VK turdagi qaynovchi reaktorlar qo‘llanadi. Masalan VK-50 turdagi reaktor 50 MVT elektr energiyasiga mo‘ljallangan bo‘lib quyidagi parametrlarga ega: issiqlik quvvati – 250 MVT, bug‘ ishlab chiqarishlik ko‘rsatkichi-78 kg/s, bug‘ bosimi-7 Mpa, ta‘minlovchi suv harorati-200°S; uran oritilishi-9t; o‘rtacha yoqilg‘ini yonishi-23 MVT-sut/kg. VK turdagi reaktori bilan jihozlangan atom issiqlik elektr markazining prinsipial issiqlik sxemasi bir konturli qilib bajariladi va RBMK turdagi reaktori bilan jihozlangan. AIEM analogig. Qaynovchi reaktorlarda birinchi konturning suvidan 6÷8 Mpa bosimli radiaktiv bug‘ baraban-seperatorga hosil bo‘ladi. So‘ng bug‘ turbinaga, suv esa sirkulyatsion nasoslar yordamida reaktorga jo‘natiladi.

VK turdagi reaktorlarli atom issiqlik elektr markazi bir konturli sxema bo'yicha bug' turbinasi radiaktiv bug'da ishlaydi.

RVMK turdagi reaktori uran-grafitli bo'lib issiqlik tashuvchisi-suv sifatida olingan, grafit sekinlashtiruvchi qilib tanlangan. Bunday reaktorli atom issiqlik elektr markazi bir konturli sxemaga ko'ra ishlaydi va radiaktiv xavfsizlikni ta'minlash uchun sxemaga oraliq ikkinchi-konturni kiritish zarur. RBMK turdagi reaktor qaynaydigan bo'lgani sababli aktiv zonasida xiyol to'yingan bug' hosil bo'ladi va baraban-separatorida separatsiyalanib turbinaga uzatiladi. Reaktorning aktiv zonasi ko'p sonli ishchi kanallardan yig'ilib grafitdan bajarilgan reaktorning po'lat niqobini qoplagan qatlamiga joylashtiriladi. Baraban-separatoridan ajralgan nasoslar yordamida kollektorlar tizimi orqali reaktorga jo'natiladi. Issiqlik tarqatuvchi elementlarning sirkoniydan bajarilgan quvurlar zanglamaydigan austenit quvurlar guruhi bilan payvand qilingan bo'lib kollektorga ulanadi.

Aktiv zonada chiqishda ham sirkoniy quvurlari yana kollektorning austenit quvurlari bilan payvandlanadi.

RBMK turdagi reaktorlarining asosiy xarakteristikalari jadvalda keltirilgan.

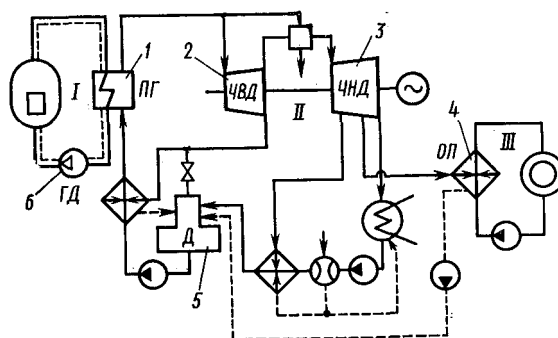
<b>Ko'rsatkich nomi</b>	<b>RBMK-1000</b>	<b>RBMK-1500</b>
Yuritilish yili	1975	1983
Reaktorning issiqlik quvvati, MVT	3200	4800
Bug' bosimi, Mpa	6,5÷7,0	6,5÷7,0
Bug' harakati, °S	280	280
Bug' sarfi, kg/s (t/ch)	150 (5400)	228 (8200)
Uranning ortilishi, t	192	189
Bug'lanish kanallar soni	1693	1661

9.2-rasmda VTGR turdagi reaktori qo'llangan atom issiqlik elektr markazining prinsipial issiqlik sxemasi keltirilgan.

Reaktorning birinchi konturida issiqlik tashuvchi sifatida inert gaz-geliy hamda keramik yadroviy yoqilg'ini qo'llanilishi oqibatida issiqlik tashuvchisi reaktordan chiqishda yuqori haroratga ega bo'ladi.

Atom zonasi grafitdan bajarilib uning radiaktiv xavfsizligi ta'minlanadi. VTGR turdagi reaktor qo'llangan blokning tarkibidagi bug' turbinalari

ishchi rejimi organik yoqilg'ida ishlaydigan IEM ning turbinalari ulanish sxemalariga o'xshash.



**9.2-rasm. VTGR tipdagi reaktorli AIEM ning prinsipial issiqlik sxemasi.**

*I-kuchsiz radiaktiv kontur; II-bug' turbinaning noradiaktiv konturi; III-«toza» kontur.*

*1-bug' generatori; 2-turbinaning yuqori bosimli qismi; 3-turbinaning past bosimli qismi; 4-asosiy tizim isitgichi; 5-deaerator; 6-gaz pudagich.*

VVER turdagi reaktorlarning kamchiliklari:

1. Uran yadrosini parchalanish jarayonida hosil bo'ladigan energiya bilan to'la foydalanmaslik.
2. Yuqori haroratli issiqlik bilan sanoat korxonalarini ta'minlay olmaslik (reaktor bug' generatorlarida ishlab chiqilayotgan to'yingan bug' harorati  $280\div 300^{\circ}\text{S}$  ortmaydi)
3. Bug' parametrlarini nisbatan kichik dastlabki qiymatlar (AES ning f.i.k  $30\div 32\%$  ortmaydi)
4. Sovuq manbaaga chiqariladigan issiqlikni katta miqdori atrof-muhitni ifloslantiradi.
5. Issiqlik tashuvchisini radiatsion ifloslanish xavfi oraliq konturini qurish bug' o'zgartkichlar va hokazolarni o'rnatishni talab qiladi.
6. Elektr yuklamalar grafigining o'zgaruvchan qismida ishlash mumkin bo'lmasligi.
7. To'yingan bug' bilan ishlaydigan yangi teplofikatsion turbinalar yaratish ehtiyoji.

Atom energetikasini rivojlanishi tahliliga ko'ra bugungi kunda VTGR tipdagi reaktorlar keng qo'llanilmoqda, keyingi yillarga esa suyuq-tuzli reaktorlar ishlatilishi ko'zda tutilmoqda.

VTGR turdagi reaktorlarda geliy issiqlik tashuvchisi, grafit, keramik qoplamali issiqlikni tarqatuvchi elementlar, kuchli jelezobetondan bajarilgan korpusni ishlatilishi sovituvchi suvni kichik miqdorda va atrof-muhitni issiqlikdan kamroq zararlanishiga sababchi bo'ladi. Yuqori darajada radiatsion xavfsizligi geliyning termik, kimyoviy va radiatsion inertligi va reaktivlikni manfiy koeffitsienti bilan belgilanadi. Bundan tashqari aktiv zona, korpusi va avariya qarshi stansiyaning qoplami konstruktiv jihatdan o'ta mustahkamligi qulay neytron-fizik xarakteristikalarini va yoqilg'ini qayta tiklanish koeffitsientini oshirishga imkon beradi.

VTGR turdagi reaktorlarning kamchiliklariga: issiqlik tashuvchini katta hajmda sarfi (oqibatda birinchi kontur va issiqlik tashuvchini xaydashga bo'lgan elektr energiya sarfi ortadi), issiqlik tarqatuvchi keramik elementlarni ishlab chiqish texnologiyasini hamda geliyning oquvchanligiga ko'ra birinchi konturning uskunalari qimmatligi.

## **9.2. Atom issiqlik stansiyalari(AIS).**

Ma'lum vaziyatda organi yoqilg'ini qo'llash mumkin bo'lmaganda atom issiqlik ta'minoti issiqlik yuklamasi 500÷1000 MVT ga teng bo'lgan stansiyalarni qurish maqsadga muvofiq.

Bunda eng muhim masalalardan: tizimni yadroviy xavfsizligi va aholiga uzatiladigan issiqlik tashuvchisini radiaktiv jihatdan tozaligi. Atom issiqlik stansiyasi o'rnatilgan rayonning ishonchli muhofaza qilish maqsadida reaktorlar yeraro joylanadi yoki AIS to'la yer ostida montajlanadi. Ayniqsa, aholi zich joylashgan joylarda radiatsiya jihatdan o'ta ishonchli qilib AIS lar yer tagida yig'iladi. Bunday stansiyalarning kamchiligi ularning qurish muddatini uzunligi va 15÷20% qimmatligi.

Atom stansiyalarda tarmoq suvini isitish uchun suv reaktorlari qo‘llanib ulardagi issiqlik tashuvchisining birinchi konturdagi bosimi qolgan shu turga mansub energetik reaktoridagi bosimidan ancha kichik.

**Atom stansiyalarning parametrlari.**

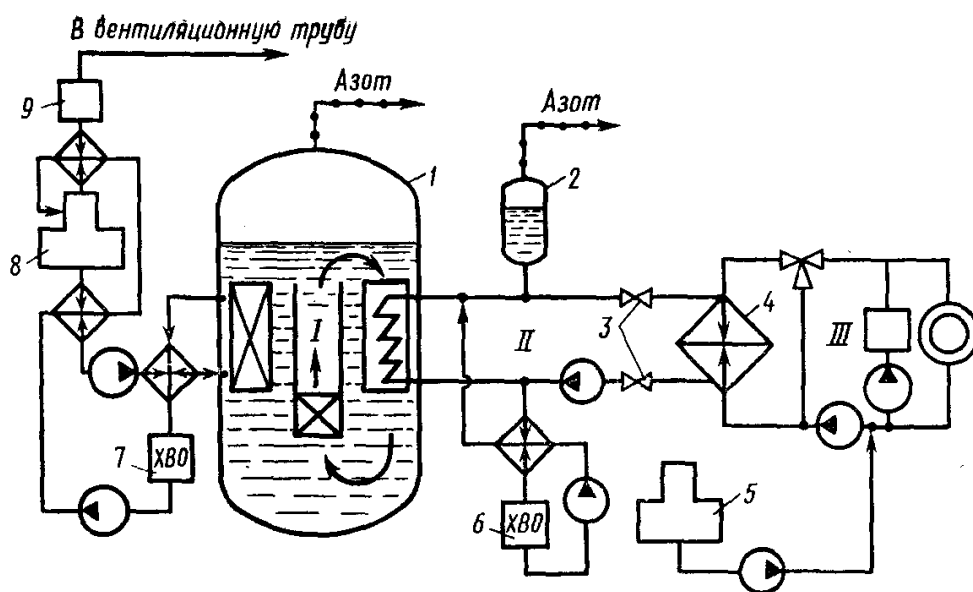
**9.1-jadval.**

<b>Parametrlar nomi</b>	<b>Stansiyadagi AIS</b>	<b>Shvetsiya va Finlyandiyadan AIS</b>	<b>AIS-500 MDX da</b>
Reaktorning issiqlik quvvati, MVT	100	200	500
Konturlar soni	3	3	3
I Konturning parametrlari: Bosim, Mpa	0,85	0,7	1,6
Reaktor kirishidagi harorat, °S	130	90	150
Aktiv zonadan chiqishda bug‘ning mavjudligi, %	0	0	30
Birinchi konturdagi sirkulyatsiya	Sun‘iy	Sun‘iy	Sun‘iy
Oraliq konturdagi bosim, Mpa	1,0	1,6	1,2
Tarmoq konturidagi bosim, Mpa	0,8	0,8	1,6
Issiqlik tarqatuvchi stansiyalar soni	96	144	121
Energetik kuchlanish, MVt/m <sup>3</sup>	74	41	30
Maksimal issiqlik oqimi, Vt/sm <sup>2</sup>	175	70	50
Boyitish, %	4,0	2,58	1,8
Issiqlik tashuvchisini sarfi, kg/s	2600	1900	2080

Issiqlik tashuvchini kichik bosimi va nisbatan past harorati konturdagi germetik muvozanati yo‘qolishi natijasida mumkin bo‘lgan avariya holatini ehtimolligini kamaytiradi. Bundan tashqari reaktorning aktiv zonasini issiqlik kuchini kamaytiradi va issiqlik tarqatuvchi elementlarni ishini ishonchliroq bo‘lishiga sababchi bo‘ladi.

Atom issiqlik stansiyalarda uch konturli sxemani qo‘llash tarmoq suvini to‘la radiaktiv chiqindilardan holi qiladi. 9.3-rasmda AST-500 sxemasi ko‘rsatilgan.

Bunda birinchi konturi aktiv zona va issiqlikni generatsiya qiluvchi seksiyadan iborat bo'lib reaktor ichida joylashgan; ikkinchi oraliq konturi tarmoq isitgichi, sirkulyatsiyalaydigan nasos va issiqlikni generatsiya qiluvchini o'z ichiga oladi; uchinchi konturi issiqlik tarmog'i, tarmoq isitgichi va tarmoq nasosidan iborat. Oraliq konturidagi bosim (1,2 Mpa) uchinchi konturdagi bosimdan (1,6 Mpa) pastroq bo'ladi, bu esa tarmoq suviga radiaktiv moddalarni tushishini to'la bartaraf qiladi va issiqlik iste'molchilarga toza ishlatishda uzatiladi. Oraliq konturdagi bosimni doimiy ushlab turish uchun hajm kompensatori ishlatiladi. Aktiv zonani sovishini ishonchliligini oshirish maqsadida yadroviy reaktor tabiiy sirkulyatsiyali qilib bajarilgan va shu sababdan birinchi konturining sirkulyatsion nasoslarini avariya to'xtashlari bo'lmaydi.



**9.3 – rasm. AST-500 ning prinsipial sxemasi.**

*1 – reaktor; 2 – ikkinchi kontur kompensatori; 3 – tezkor berkituvchi armatura; 4 – tarmoq isitgichi; 5 – issiqlik tarmog'ining ta'minlovchi deaeratori; 6 – ikkinchi konturning suv tozalash tarmog'i; 7 – birinchi konturning suv tozalash tarmog'i; 8 – birinchi konturning deaeratori; 9 – gaz tozalash tarmog'i; I – birinchi kontur; II – ikkinchi (oraliq) kontur; III – uchinchi (issiqlik tarmog'i).*

Reaktordagi bosim  $1,6 \div 2,0$  Mpa tashkil qiladi. Shuning uchun korpus devorini qalinligi kichik (40 mm). Birinchi va ikkinchi konturlarda suvni kimyoviy tozalanish tarmog'i mavjud bo'lib deaeratsiya jarayoni ham kechadi. Issiqlik

tarmog'ini ta'minlash xususiy deaerator orqali ta'minlovchi nasos yordamida bajariladi. AST dan chiqqan to'g'ri tarmoq suvining maksimal harorati 150°S ga teng. AST dan uzatilayotgan issiqlikni rostlash uchun oraliq konturining suv haroratini reaktor kirishida 90°S ga teng qilib avtomatik ravishda ushlab turish lozim hamda reaktorning bug' bosimi 1,6 MPa teng bo'lishi kerak.

### **9.3. Qayta tiklanadigan issiqlik manbalari.**

Yer yuzida qayta tiklanadigan issiqlik manbaalaridan quyosh nurlanishi va yer issiqligi. Quyosh energiyasi bilan xalq xo'jaligida ratsional foydalanish muammolarini gelioenergetika, Yer issiqlik energiyasini esa geotermal energika fan yo'nalishlari o'rganadi. Issiqlik ta'minoti maqsadida quyosh va yer energiyasi qo'llanadi.

Ma'lumki, Quyoshdan yer yuziga keladigan energiya odamzod sarflaydigan to'la energiyadan bir yarim ming marotaba ko'proq. Quyosh energiyasi tabiiy sirkulyatsiyasi natijasida tabiatdagi suv va havoni aylanishiga sababchi bo'ladi va gidro-hamda shamol stansiyalarda qo'llanadi. Quyosh energiyasini qo'llashda qiyinchilik nurlar oqimini zich bo'lmaganligi uchun paydo bo'ladi.

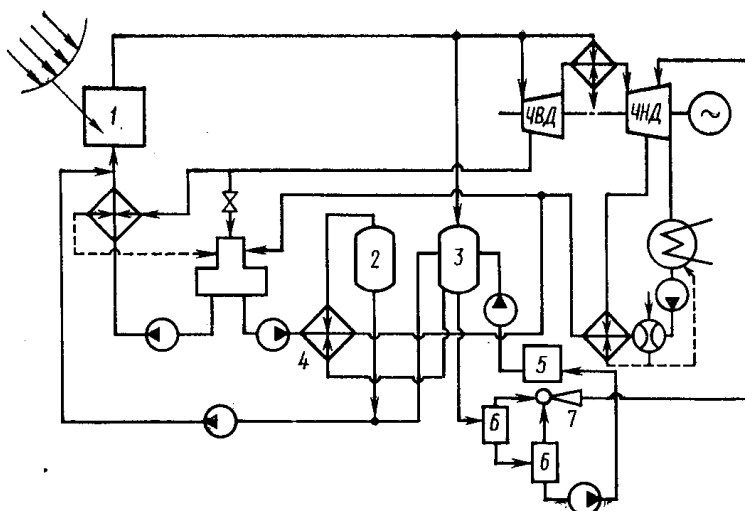
Yer yuzining har bir kvadrat metriga faqat 100÷200 Vt quyosh energiyasi to'g'ri keladi. Katta quvvatni olishda quyosh energiyasi konsentratsiyalanish zarur, buning uchun katta yer maydonida juda katta yuzaga ega bo'lgan oyna bilan foydalanish lozim.

Quyosh energiyasi hisobiga katta hajmda elektr va issiqlik energiyalarni ishlab chiqishda eng zamonaviy va istiqbolli yo'nalish-Renkin sikli hisoblanadi. Bunday quyosh elektr stansiyalar quyosh energiyasi konsentratorlari (geliostatlar), bug' generatorlari (bug' ishlab chiquvchi) va turbogeneratorlardan (yordamchi uskunalardan bilan elektr energiyani ishlab chiqaruvchi) iborat.

Masalan 1000 MVt quvvatga ega bo'lgan quyosh elektr stansiyasi 35÷85 km<sup>2</sup> yer maydonini talab qiladi. Bundan tashqari elektr energiyasi ta'minoti uchun sutkaning qorong'i qismida quyosh stansiyalarda akkumulyatorlar mavjud bo'lishi kerak.



Stansiyaning prinsipial issiqlik sxemasi 9.4-rasmda ko'rsatilgan.



**9.4 – rasm. SES – 5 ning prinsipial issiqlik sxemasi.**

*1 – quyosh bug‘ generatori; 2 – issiq suvning oraliq akkumulyatori; 3 – bug‘ suv akkumulyatori; 4 – issiqlik akkumulyatsiyalash tarmog‘ining bug‘ generatori; 5 – suv akkumulyatori; 6 – kengaytirgichlar; 7 – ejetor.*

Quyosh elektr stansiyalarning asosiy texnik xarakteristikalari

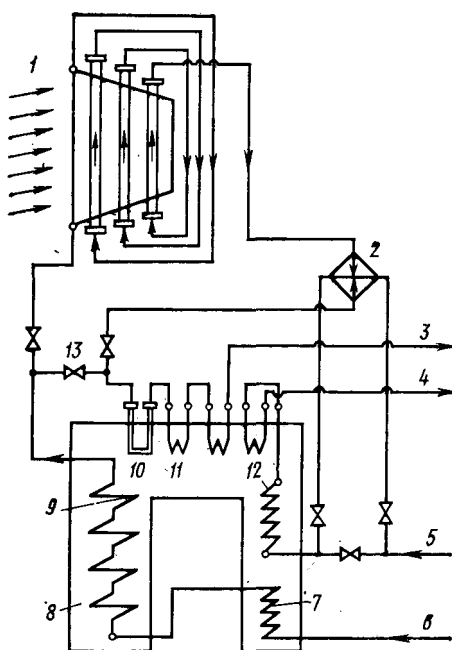
<b>Ko‘rsatkichlar nomi</b>	<b>Qiymati</b>
O‘rnatilgan elektr quvvati	5 MVt
Bug‘ parametrlari:	4 Mpa
Bosim	
Harorati	250°S
Bir yil davomida ishchi soat son	1920
Quyosh nurlanishni o‘rtacha intensivligi	770 kg/m <sup>2</sup>
Geliostatlar soni	1600 sht
Geliostatning oynali yuzasi	25 m <sup>2</sup>
Oynani umumiy yuzasi	40 ming m <sup>2</sup>
Qurilish maydoni	15,1 ga
O‘z ehtiyojlariga bo‘lgan elektr energiyani sarfi	15,3 %
Elektr stansiyalarning foydali ish koeffitsienti	0,32

Bunda yuzasi 40 ming m<sup>2</sup> teng bo‘lgan 1600 geliostatlar o‘rnatilgan. Geliostatlar avtomatik uskunalar yordamida quyosh tomon aylanadi va quyosh energiyasini bug‘ generatori tomon konsentratsiyalaydi va balandligi 70 m bo‘lgan bosh minorada joylashadi. 4 Mpa bosimga harorati 250°S ga teng bo‘lgan energiyani ishlab chiqishda ishlatiladi.

Kechasi va yog‘ingarchilik kunlari quyosh stansiyalarida elektr energiyani ishlab chiqish uchun suv va bug‘ akkumulyatorlari; issiqlikni akkumulyatsiya qilish bug‘ generatorlari hamda yordamchi uskunalar qo‘llanadi.

Quyosh radiatsiyasi va katod sharoitlarini noturg‘unligi bug‘ generatorining quyosh yuklamasini o‘zgaruvchanligini tekislash uchun aralash quyosh-yoqilg‘i elektr stansiyalari ishlab chiqilgan bo‘lib har qaysi sharoitda elektr energiyani ishlab chiqarishga mo‘ljallangan. Bunday stansiyalarda aralash quyosh-yoqilg‘i bug‘ generatorlari qo‘llanadi va bunda birdaniga ham quyosh energiyasi, ham yoqilg‘ini yoqishdan hosil bo‘ladi.

Aralash quyosh-yoqilg‘i bug‘ generatori bug‘ qozoni va alohida minorada o‘rnatilgan quyosh issiqlik qabul qiluvchining isitish yuzasi qozon agregatining birlamchi bug‘ quvuriga ulangan.



**9.5– rasm. Quvvati 300 MVt bo‘lgan STES tipdagi energoblok uchun qozon qurilmasining prinsipial sxemasi.**

1 – quyosh issiqlik iste‘molchisi; 2 – bug‘ issiqlik almashuvlik uskunasi; 3 – birlamchi bug‘ni olib ketish; 4 – ikkilamchi bug‘ni olib ketish; 5 – ikkilamchi bug‘ni olib kelish; 6 – ta‘minlovchi suvni olib kelish; 7 – ekonomayzer; 8 – TGMP-314 tipdagi bug‘ qozoni; 9 – o‘txona ekrani; 10 – to‘siqli bug‘ qayta qizdirgichi;

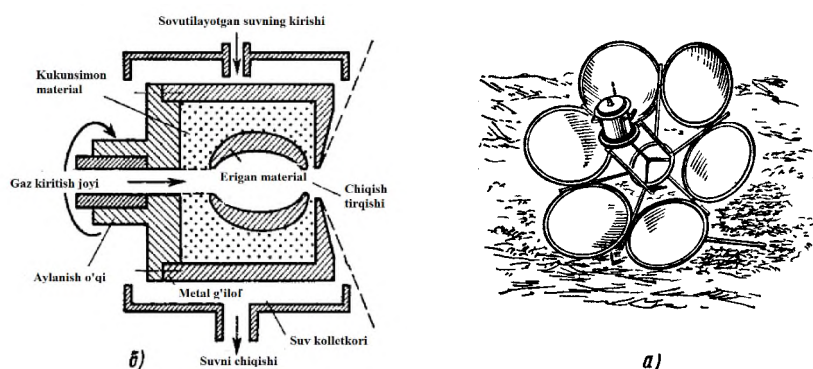
11 – konvektiv bug‘ qayta qizdirgichi; 12 – ikkilamchi bug‘ qayta qizdirgich; 13 – peremichka.

9.5-rasmda bunday qozon agregati o‘rnatilgan quyosh issiqlik elektr stansiyaning prinsipial sxemasi berilgan.

Blok tarkibiga seriyali gaz-mazutli TGMP-344 tipdagi bug‘ qozoni kiradi. (uning bug‘ samaradorligi 278 kg/s (1000 t/ch) ga teng, bug‘ parametrlari: bosimi-25,5 Mpa, harorati 545/545°S) hamda issiqlik qabul qiluvchi 1 (issiqlik harorati 250 MVt) kiradi.

Yuqori haroratli quyosh uskunalarining boshqa turi quyosh pechlaridir. Ular Fransiya, AQSH, Yaponiya va boshqa mamlakatlarda qurilgan.

Dunyoda eng katta quyosh pechi Man-Lui (Frantsiyada qurilgan bo‘lib yuzasi 90 m<sup>3</sup> teng bo‘lgan parabolosimon oynasi mavjud. Bunday qurilmada ikki marotabali quyosh nurini aksi ishlatiladi: dastlab quyosh nurlari katta yupqa qatlamli oynakka, keyin paraboloidsimon vertikal yuzada joylashgan



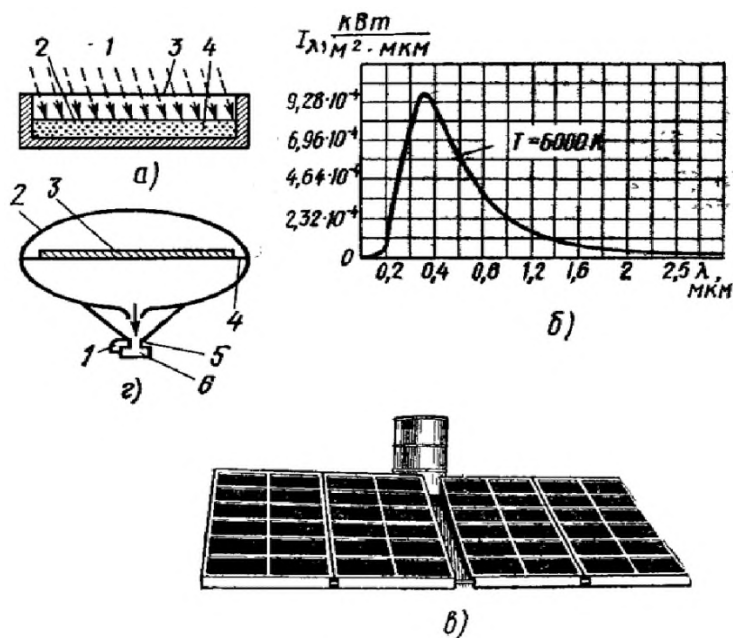
**9.6-rasm. Aylantirilgan quyosh pechi va uning sxemasi**

Oqibatda faqat yupqa oynani aylantirish mumkin. Paraboloidsimon nur qaytargich va issiqlikni qabul qiluvchi qurilma harakatsiz bo‘ladi.

Npyu-Meksiko (AQSH) shahrida otjatelli diametri 76 m ga teng bo‘lgan quyosh pechi qurilgan. AQSHda bugungi kungacha bir necha o‘nlik quyosh pechlari qo‘llanadi. Konsentratorlarning narxini arzonlashtirish maqsadida qimmatbaho va og‘ir vaznli metall va oynadan bajarilgan ko‘zgularni o‘rniga doira kesim yuzali plastmassaga metaldan qatlam surilgan arzon otrajatellar qo‘llanadi.

Issiqlik ta'minoti maqsadida bugungi kunda «kichik» geliotexnika qo'llanilib quyosh energiyasini suvni tuzlardan tozalash va aholi yashaydigan binolarni isitish uchun foydalanilmoqda.

Bunday uskunlarning eng oddiyi kichik haroratli isitkich-«issiq quticha» 200°S gacha bo'lgan issiqlikni olishga imkon beradi. «Kichik geliotexnika» uskunlarning iqtisodiy jihatdan harorati 55÷85°S (tashqi havo harorati 15÷20°S bo'lganda) va foydali ish koeffitsienti 20÷40% teng bo'lganlar hisoblanadi. «Issiq quticha» (12.7-rasm) taxta yoki betondan yasalgan quti bo'lib, devorlari qalin va pastki qismi yaxshi izolyatsiyalangan qilib bajariladi. Qutini usti bir yoki bir necha qatlamli deraza oyna bilan yopilib «zamazka» bilan yonlaridagi teshiklari yopishtiriladi. Oyna qisman infraqizil uzunligi 0,8 dan 3 m km bo'lgan) nurlarni yutadi. Spektrning bu qismida asosiy quyosh energiyasi mujassamlashgan (9.6-rasm). Nurlar oynadan o'tib qutidagi metall dan bajarilgan plastinaga tushadi. Plastina qora rangga bo'yalgan bo'lib nurlarni yutadi va natijada isiydi.



**9.7-rasm. Past haroratli quyosh issiqlik generatorlari**

Oynani himoyalovchi qatlamlar sonini 7 donagacha oshirib quti ichidagi haroratni 200°S gacha oshirish mumkin. Lekin issiqlikni yo'qotishlari ham mavjud bo'lgani sababli (oyna orqali, pastki qismida, devorlarida va hokazo da) uskuna samaradorligi pasayib boradi.

O‘zbekistonda quyosh kollektori yordamida suv isitilib, binolarni isitish uchun qo‘llanilmoqda. Kollektor issiqlikni izolyatsiya qiladigan materialdan bajarilib usti yorug‘likni o‘tkazadigan plyonka bilan qoplanadi. Kollektor ichida «parnik» effekti hosil bo‘ladi va quyosh issiqligi ilonsimon isitkich orqali suvga beriladi va isitish natijasida harorati 90°S va undan ortiq bo‘lishi mumkin. Kollektorlar binolar tomida joylanadi va quyosh tomon yo‘naltiriladi (9.7-rasm). Bunday tuzilishdagi isitkichlar bino va inshootlarni isitish uchun dunyoning ko‘p mamlakatlarida qo‘llanilmoqda.

Quyosh isitgichlari qishloq xo‘jaligi va sanoat korxonalarida texnologik jarayon ehtiyojlari uchun kichik va o‘rtacha potentsialli issiqlikni ishlab chiqarib berish uchun qo‘llaniladi. Misol qilib Avstraliyadagi, quyosh-kimyoviy uskunasini keltirish mumkin. Ushbu uskuna quyosh energiyasi hisobiga ammiakni vodorod va azotga parchalaydi. Keyingi bosqichdagi vodorod bilan azotni sintezi natijasida yuqori potentsialli issiqlik hosil bo‘lib issiqlik elektr markaziga uzatiladi va bunda elektr va issiqlik energiyasini ishlab chiqarish uchun sarflanadi. Ammiakni parchalanish energiyasini azot va vodorodni alohida idishlarda saqlash yo‘li bilan akkumulyatsiya qilish imkoni bor. Kechasi va yog‘ingarchilik bo‘lgan kunlari ushbu ikki gazni aralashtirib kerakli issiqlikni olish mumkin.

### **9- mavzu bo‘yicha nazorat savollari.**

1. Atom elektr stansiyaning ishlash printsipini tushuntiring
2. Atom elektr stansiyalarning issiqlik sxemalari nimadan iborat?
3. VVER turdagi reaktorning kamchiliklarini aytib o‘ting.
4. Atom reaktorning vazifasi qanday?
5. AES ning birinchi va ikkinchi konturlari nimadan iborat?
6. Quyosh elektr stansiyaning issiqlik sxemasini tushuntirib bering.
7. Quyosh elektr stansiyaning asosiy ko‘rsatkichlarini aytib bering.
8. Geotermik energetikaning asosiy vazifalarini aytib o‘ting.
9. Aralash – quyosh – yoqilg‘i stansiyaning ishlash printsipi qanday?
10. Past haroratli quyosh issiqlik generatori qanday ishlaydi?

## ILOVALAR

1-ilova

### O'LCHOV BIRLIKLARI ORASIDAGI MUNOSABAT

<b>Kattaliklar</b>	<b>SI (xalqaro)</b>	<b>MKGCC (texnik)</b>	<b>CGC (fizik)</b>	<b>Boshqalar</b>
<b>Uzunlik</b>	m	m	cm	dyum, km
<b>Massa</b>	kg	kgs·s <sup>2</sup> /m	g	t (tonna)
<b>Vaqt</b>	s	s	s	sut (sutka)
<b>Yuza</b>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	sm <sup>2</sup>	km <sup>2</sup> ga(gektar)
<b>Hajm</b>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	sm <sup>3</sup>	l(litr)
<b>Tezlik</b>	m/s	m/s	sm/s	
<b>Zichlik</b>	kg/m <sup>3</sup>	kgs·s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>	g/cm <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>
<b>Kuch</b>	N (nyuton)	kgs (kilogram kuch)	dina	
<b>Bosim</b>	Pa (paskal)	kgs/m <sup>2</sup>	din/sm <sup>2</sup>	at (atmosfera)
<b>Dinamik qovushqoqlik</b>	Pa·s	kgs·s/m <sup>2</sup>	P (puaz)	santiP (santipauz)
<b>Kinematik qovushqoqlik</b>	m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /s	St (stoks)	santiCT (santistoks)
<b>Massaviy sarf</b>	kg/s	kgs·s/m	g/s	t/s
<b>Hajmiy sarf</b>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	sm <sup>3</sup> /s	l/s, m <sup>3</sup> /sut
<b>Solishtirma og'irlik</b>	N/m <sup>3</sup>	kgs/m <sup>3</sup>	din/sm <sup>3</sup>	kgs/dm <sup>3</sup>

**SUYUQLIKLIKNING O'RTACHA ZICHLIGI VA KINEMATIK  
QOVUSHQOQLIGINING HARORATIGA BOG'LIQLIGI**

Suyuqlik nomi	Zichligi, $\text{kg/m}^3$		Kinematik qovushqoqlik koeffitsienti			
	T=20 °C	T=50 °C	T=20 °C	T=40 °C	T=60 °C	T=80 °C
Suv	998	-	0,010	0,0065	0,0047	0,0036
Yengil neft	884	-	0,25	-	-	-
Og'ir neft	924	-	1,4	-	-	-
Benzin	745	-	0,0073	0,0059	0,0049	-
Kerosin T-1	808	-	0,025	0,018	0,012	0,010
Kerosin T-2	819	-	0,010	-	-	-
Dizel yoqilg'isi	846	-	0,28	0,12	-	-
Glitserin	1245	-	9,7	3,3	0,88	0,38
Simob	13550	-	0,0016	0,0014	0,0010	-
Kastor yog'i	960	-	15	3,5	0,88	0,25
Transformator yog'i	884	880	0,28	0,13	0,018	0,048
AMG-10 yog'i	-	850	0,17	0,11	0,085	0,65
Vereten AU yog'i	-	892	0,48	0,19	0,098	0,059
Industrial 12 yog'i	-	883	0,48	0,19	0,098	0,059
Industrial 20 yog'i	-	891	0,85	0,33	0,14	0,080
Industrial 30 yog'i	-	901	1,8	0,56	0,21	0,11
Industrial 50 yog'i	-	910	5,3	1,1	0,38	0,16
Turbina yog'i	-	900	0,97	0,38	0,16	0,088

**SUVNING KINEMATIK QOVUSHQOQLIK KOEFFITSIENTINI  
HARORATGA BOG‘LIQLIGI**

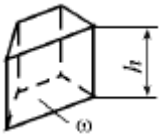
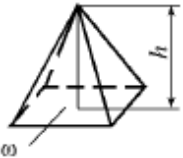
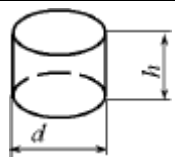
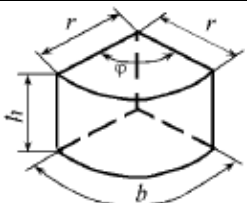
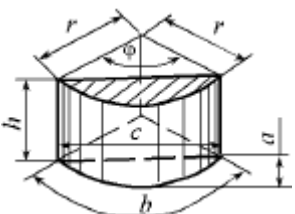
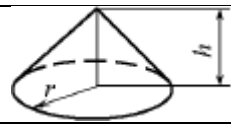
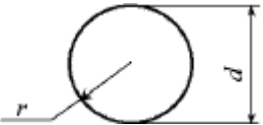
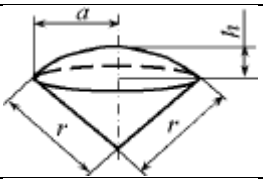
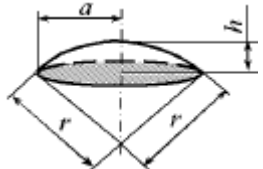
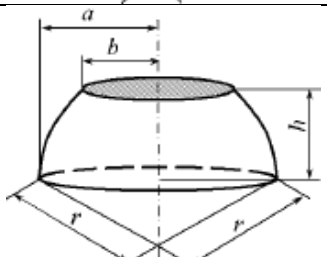
<b><i>t</i></b> , °C	<b><i>v</i></b> , $m^2/s$	<b><i>t</i></b> , °C	<b><i>v</i></b> , $m^2/s$	<b><i>t</i></b> , °C	<b><i>v</i></b> , $m^2/s$	<b><i>t</i></b> , °C	<b><i>v</i></b> , $m^2/s$
<b>1</b>	$1.72 \cdot 10^{-6}$	<b>26</b>	$0,88 \cdot 10^{-6}$	<b>51</b>	$0.54 \cdot 10^{-6}$	<b>76</b>	$0.37 \cdot 10^{-6}$
<b>2</b>	$1.67 \cdot 10^{-6}$	<b>27</b>	$0.86 \cdot 10^{-6}$	<b>52</b>	$0.53 \cdot 10^{-6}$	<b>77</b>	$0.36 \cdot 10^{-6}$
<b>3</b>	$1,61 \cdot 10^{-6}$	<b>28</b>	$0.84 \cdot 10^{-6}$	<b>53</b>	$0.52 \cdot 10^{-6}$	<b>78</b>	$0.36 \cdot 10^{-6}$
<b>4</b>	$1.56 \cdot 10^{-6}$	<b>29</b>	$0.82 \cdot 10^{-6}$	<b>54</b>	$0.5 \cdot 10^{-6}$	<b>79</b>	$0.35 \cdot 10^{-6}$
<b>5</b>	$1.52 \cdot 10^{-6}$	<b>30</b>	$0.81 \cdot 10^{-6}$	<b>55</b>	$0.51 \cdot 10^{-6}$	<b>80</b>	$0.35 \cdot 10^{-6}$
<b>6</b>	$1.47 \cdot 10^{-6}$	<b>31</b>	$0.79 \cdot 10^{-6}$	<b>56</b>	$0.50 \cdot 10^{-6}$	<b>81</b>	$0.34 \cdot 10^{-6}$
<b>7</b>	$1.43 \cdot 10^{-6}$	<b>32</b>	$0.77 \cdot 10^{-6}$	<b>57</b>	$0.49 \cdot 10^{-6}$	<b>82</b>	$0.34 \cdot 10^{-6}$
<b>8</b>	$1.39 \cdot 10^{-6}$	<b>33</b>	$0.76 \cdot 10^{-6}$	<b>58</b>	$0.48 \cdot 10^{-6}$	<b>83</b>	$0.33 \cdot 10^{-6}$
<b>9</b>	$1.35 \cdot 10^{-6}$	<b>34</b>	$0.74 \cdot 10^{-6}$	<b>59</b>	$0.47 \cdot 10^{-6}$	<b>84</b>	$0.33 \cdot 10^{-6}$
<b>10</b>	$1.31 \cdot 10^{-6}$	<b>35</b>	$0.73 \cdot 10^{-6}$	<b>60</b>	$0.47 \cdot 10^{-6}$	<b>85</b>	$0.33 \cdot 10^{-6}$
<b>11</b>	$1.27 \cdot 10^{-6}$	<b>36</b>	$0.71 \cdot 10^{-6}$	<b>61</b>	$0.46 \cdot 10^{-6}$	<b>86</b>	$0.32 \cdot 10^{-6}$
<b>12</b>	$1,24 \cdot 10^{-6}$	<b>37</b>	$0.70 \cdot 10^{-6}$	<b>62</b>	$0.45 \cdot 10^{-6}$	<b>87</b>	$0.32 \cdot 10^{-6}$
<b>13</b>	$1.21 \cdot 10^{-6}$	<b>38</b>	$0.68 \cdot 10^{-6}$	<b>63</b>	$0.44 \cdot 10^{-6}$	<b>88</b>	$0.31 \cdot 10^{-6}$
<b>14</b>	$1.17 \cdot 10^{-6}$	<b>39</b>	$0.67 \cdot 10^{-6}$	<b>64</b>	$0.44 \cdot 10^{-6}$	<b>89</b>	$0.31 \cdot 10^{-6}$
<b>15</b>	$1.14 \cdot 10^{-6}$	<b>40</b>	$0.66 \cdot 10^{-6}$	<b>65</b>	$0.43 \cdot 10^{-6}$	<b>90</b>	$0.31 \cdot 10^{-6}$
<b>16</b>	$1.12 \cdot 10^{-6}$	<b>41</b>	$0.65 \cdot 10^{-6}$	<b>66</b>	$0.43 \cdot 10^{-6}$	<b>91</b>	$0.30 \cdot 10^{-6}$
<b>17</b>	$1.09 \cdot 10^{-6}$	<b>42</b>	$0.63 \cdot 10^{-6}$	<b>67</b>	$0.42 \cdot 10^{-6}$	<b>92</b>	$0.30 \cdot 10^{-6}$
<b>18</b>	$1.06 \cdot 10^{-6}$	<b>43</b>	$0.62 \cdot 10^{-6}$	<b>68</b>	$0.41 \cdot 10^{-6}$	<b>93</b>	$0,29 \cdot 10^{-6}$
<b>19</b>	$1.03 \cdot 10^{-6}$	<b>44</b>	$0.61 \cdot 10^{-6}$	<b>69</b>	$0.41 \cdot 10^{-6}$	<b>94</b>	$0.29 \cdot 10^{-6}$
<b>20</b>	$1.01 \cdot 10^{-6}$	<b>45</b>	$0.60 \cdot 10^{-6}$	<b>70</b>	$0.40 \cdot 10^{-6}$	<b>95</b>	$0.29 \cdot 10^{-6}$
<b>21</b>	$0.99 \cdot 10^{-6}$	<b>46</b>	$0.59 \cdot 10^{-6}$	<b>71</b>	$0,39 \cdot 10^{-6}$	<b>96</b>	$0.28 \cdot 10^{-6}$
<b>22</b>	$0.96 \cdot 10^{-6}$	<b>47</b>	$0.58 \cdot 10^{-6}$	<b>72</b>	$0.39 \cdot 10^{-6}$	<b>97</b>	$0.28 \cdot 10^{-6}$
<b>23</b>	$0.94 \cdot 10^{-6}$	<b>48</b>	$0.57 \cdot 10^{-6}$	<b>73</b>	$0.38 \cdot 10^{-6}$	<b>98</b>	$0.28 \cdot 10^{-6}$
<b>24</b>	$0.92 \cdot 10^{-6}$	<b>49</b>	$0.56 \cdot 10^{-6}$	<b>74</b>	$0,38 \cdot 10^{-6}$	<b>99</b>	$0.27 \cdot 10^{-6}$
<b>25</b>	$0,90 \cdot 10^{-6}$	<b>50</b>	$0.55 \cdot 10^{-6}$	<b>75</b>	$0.37 \cdot 10^{-6}$	<b>0</b>	$1.78 \cdot 10^{-6}$



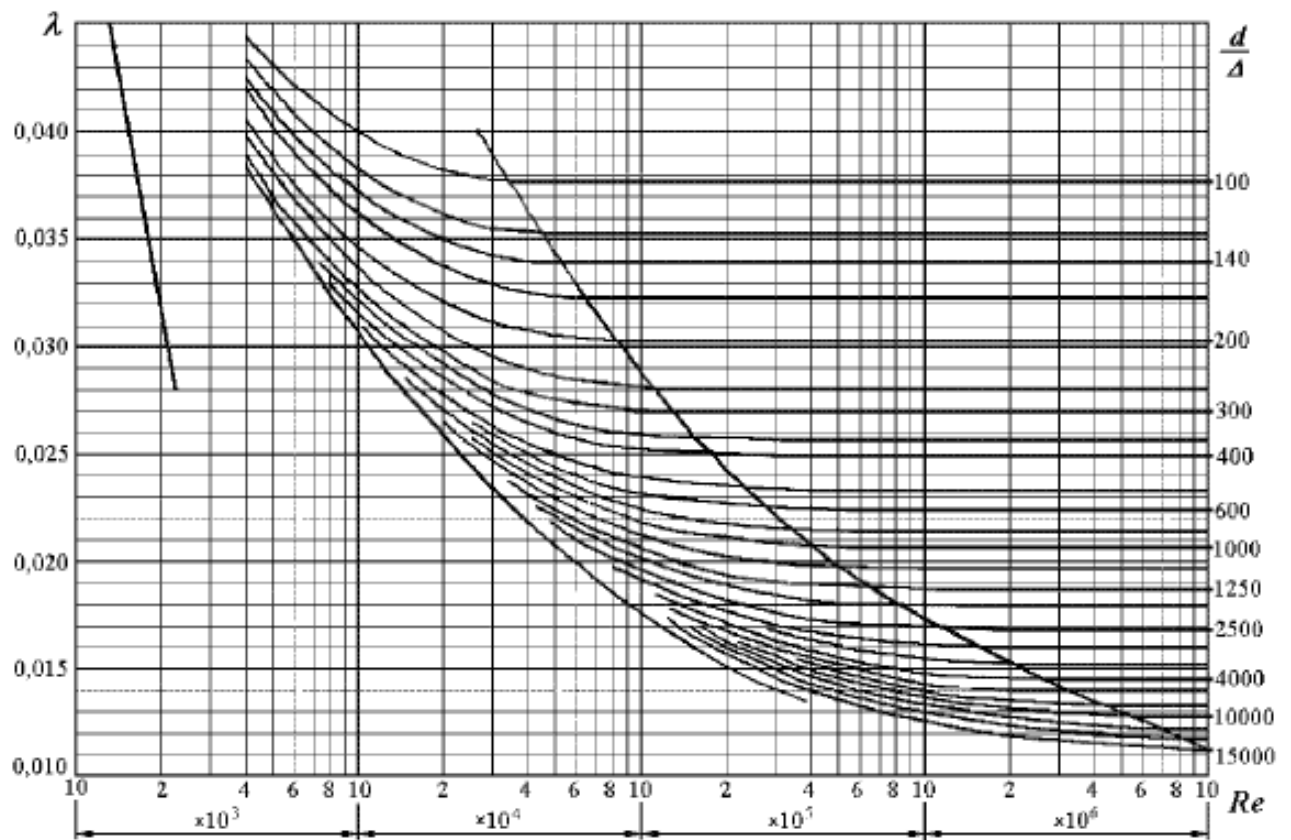
**INERSIYA MOMENTI, OG'IRLIK MARKAZI, YUZA, BOSIM MARKAZINI VA BOSIM KUCHNI TOPISH FORMULALARI**

Shakllar	Inersiya momenti $I_{x_0}$	Og'irlik markaz i $h_c$	Yuza $S$	Bosim markazi $h_D$	Bosim kuch F
	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{h}{2}$	$bh$	$\frac{2}{3}h$	$\rho g \frac{bh^2}{2}$
	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{2}{3}h$	$bh$	$\frac{3}{4}h$	$\rho g \frac{bh^2}{3}$
	$\frac{1}{36} h^3 \frac{a^2 + 4ab + b^2}{a + b}$	$\frac{1}{3} h \frac{a + 2b}{a + b}$	$\frac{1}{2} h(a + b)$	$\frac{h}{2} \frac{a + 3b}{a + b}$	$\rho g \frac{h^2}{6} (a + 2b)$
	$\frac{1}{4} \pi R^2$	$R$	$\pi R^2$	$\frac{5}{4} R$	$\rho g \pi R^3$
	$\frac{1}{4} \pi (R^4 - r^4)$	$R$	$\pi (R^2 - r^2)$	$R + \frac{R^2 + r^2}{4R}$	$\rho g \pi R (R^2 - r^2)$
	$\frac{1}{4} \pi a^3 b$	$a$	$\pi ab$	$\frac{5}{4} a$	$\rho g \pi a^2 b$

## GEOMETRIK JISMLARNING HAJMI

Shakl	Nomlanishi	Hajm formulasi
	To'g'ri prizma	$V = \omega h$
	Piramida	$V = \frac{1}{3} \omega h$
	Silindr	$V = \frac{\pi d^2}{4} h$
	Silindrik sektor	$V = \frac{1}{2} brh = \frac{\varphi}{360} \pi r^2 h$
	Silindrik segment	$V = \frac{r^2 h}{2} \left( \frac{\pi \varphi}{180} - \sin \varphi \right) = \frac{r(b - c) + ca}{2} h$
	Konus	$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$
	Shar	$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = 4.189 r^3 = \frac{1}{6} \pi d^3 = 0.523 \pi d^3$
	Shar sektori	$V = \frac{2}{3} \pi r^2 h$
	Shar segmenti	$V = \frac{\pi h}{6} (3a^2 + h^2) = \frac{\pi h^2}{3} (3r - h)$
	Shar qirqimi	$V = \frac{\pi h}{6} (3a^2 + 3b^2 + h^2)$

**YANGI PO‘LAT QUVUR UCHUN GIDRAVLIK ISHQALANISH  
KOEFFITSIENTI  $\lambda = f(Re, \frac{d}{\Delta})$  NI ANIQLASH GRAFIGI**



**AYLANASIMON QUVURLARNING TURLI TO‘LISH DARAJASIGA  
BOG‘LIQ HOLDA ASOSIY GEOMETRIK VA GIDRAVLIK  
ELEMENTLARI**

$\Delta = \frac{h}{r}$	$B' = \frac{B}{r}$	$\omega' = \frac{\omega}{r^2}$	$\chi' = \frac{\chi}{r}$	$R' = \frac{R}{r}$	$\Delta = \frac{h}{r}$	$B' = \frac{B}{r}$	$\omega' = \frac{\omega}{r^2}$	$\chi' = \frac{\chi}{r}$	$R' = \frac{R}{r}$
0.20	1.20	0.164	1.29	0.127	1.15	1.98	1.870	3.44	0,543
0.25	1.32	0.227	1.45	0.157	1.20	1.96	1.968	3.54	0.555
0.30	1.43	0.300	1.59	0.186	1.25	1.94	2.066	3.65	0,566
0.35	1.52	0.369	1.73	0.214	1.30	1.91	2.162	3.75	0,576
0.40	1.60	0.447	1.86	0.241	1.35	1.87	2,256	3.86	0.585
0.45	1.67	0.529	1.98	0.268	1.40	1,83	2.349	3.97	0,593
0.50	1.73	0.614	2.09	0.293	1.45	1.79	2.439	4.08	0.599
0.55	1.79	0.702	2.21	0.318	1.50	1.73	2.527	4.19	0.603
0.60	1.83	0.793	2.32	0.342	1.55	1.67	2.613	4.31	0.607
0.65	1.87	0.885	2.43	0.365	1.60	1.60	2.694	4.43	0.608
0.70	1.91	0.980	2.53	0.387	1.626	1.56	2.735	4.49	0.609
0.75	1.94	1.076	2.64	0.408	1.65	1.52	2.772	4.56	0.608
0.80	1.96	1.174	2.74	0.429	1.70	1.43	2.846	4.69	0.606
0.85	1.98	1.272	2.84	0.448	1.75	1.32	2.915	4.84	0.603
0.90	1.99	1.371	2.94	0.466	1.80	1.20	2,978	5.00	0.5%
0.95	2.00	1.471	3.04	0.484	1.85	1.05	3.038	5.17	0.587
1.00	2.(K)	1.571	3.14	0.500	1.90	0.87	3.083	5,38	0,573
1.05	2.00	1.671	3.24	0.515	1.95	0.63	3,121	5.65	0,553
1.10	1.99	1.771	3,34	0.530	2.00	0.00	3.142	6,28	0.500

**PARABOLIK KESIMLI KANALLAR UCHUN TURLI TO‘LISH  
DARAJASIGA BOG‘LIQ HOLDA ASOSIY GEOMETRIK VA  
GIDRAVLIK ELEMENTLARI**

$\Delta = \frac{h}{p}$	$B' = \frac{B}{p}$	$\omega' = \frac{\omega}{p^2}$	$\chi' = \frac{\chi}{p}$	$R' = \frac{R}{p}$	$\Delta = \frac{h}{p}$	$B' = \frac{B}{p}$	$\omega' = \frac{\omega}{p^2}$	$\chi' = \frac{\chi}{p}$	$R' = \frac{R}{p}$
0.1	0.89	0.06	0.92	0,065	2.4	4.38	7.01	6.8	1.03
0.2	1.26	0.17	1.34	0,125	2.6	4.56	7.91	7,24	1.09
0.3	1.55	0.31	1.69	0.183	2.8	4.74	8.89	7.68	1.15
0.4	1.79	0.48	2	0.238	3	4.9	9.8	8.11	1.21
0.5	2	0.67	2.3	0.29	3.2	5.06	10.8	8.54	1.27
0.6	2.19	0.88	2.57	0.341	3.4	5.22	11.85	8,97	1.32
0.7	2.37	1.1	2.84	0.389	3.6	5.37	12.88	9.4	1.37
0.8	2.53	1.35	3.1	0.436	3.8	5.52	13.97	9.82	1.42
0.9	2.68	1.61	3.35	0,481	4	5.66	15.09	10.25	1.47
1	2.83	1.89	3.6	0.524	4.2	5.8	16.26	10.67	1.52
1.1	2.97	2.18	3.84	0.567	4.4	5.94	17.4	11.1	1.57
1.2	3.1	2.48	4.08	0.608	4.6	6.07	18.6	11.52	1.62
1,3	3,22	2.79	4.31	0.647	4.8	6.2	19.83	11.94	1.66
1.4	3.35	3.12	4.55	0.687	5	6.33	21.08	12.36	1.71
1.5	3.46	3.46	4.78	0.725	5.2	6.45	22.35	12.78	1.75
1.6	3.58	3.82	5.01	0.76	5.4	6.57	23.65	13.2	1.8
1.8	3.8	4.55	5.47	0.83	5.6	6,7	25	13.61	1.84
2	4	5.33	5.92	0.9	5.8	6.81	26.35	14.03	1.88
2.2	4.2	6.15	6.36	0.97	6	6.93	27.73	14.45	1.92

**TURLI G‘ADIR-BUDURLIK KOEFFITSIENTIGA TEZLIK  
XARAKTERISTIKASINI BOG‘LIQLIGI,  $W$ , [m/s]**

<b><math>R</math>, m</b>	<b>n g‘adir-budurlik koefitsienti</b>													
	<b>0.011</b>	<b>0.012</b>	<b>0.013</b>	<b>0.014</b>	<b>0.015</b>	<b>0.017</b>	<b>0.018</b>	<b>0.02</b>	<b>0.0225</b>	<b>0.025</b>	<b>0.0275</b>	<b>0.03</b>	<b>0.035</b>	<b>0.04</b>
<b>0,10</b>	21.3	19.0	17.2	15.6	14.2	12.0	11.2	9.67	8.22	7.09	6.19	5.46	4.35	3.56
<b>0.12</b>	23,9	21.4	19,3	17.6	16,1	13,7	12.7	11,0	9,41	8.15	7.14	6,32	5.07	4.18
<b>0,14</b>	26.3	23.6	21.4	19.5	17.9	15.2	14.1	12.3	10.6	9.17	8.06	7.16	5.77	4.78
<b>0,16</b>	28,6	25.7	23,3	21.3	19,5	16,7	15.5	13,6	11.7	10,2	8.95	7,97	6.45	5,36
<b>0,18</b>	30.8	27.8	25.2	23.0	21.2	18.1	16.9	14.8	12.7	11.1	9.81	8.75	7.12	5.94
<b>0.20</b>	33,0	29.7	27,0	24.7	22,7	19,5	18.2	16,0	13.8	12,0	10,7	9,52	7.78	6,50
<b>0.22</b>	35.0	31.6	28.7	26.3	24.2	20.8	19.4	17.1	14.8	12.9	11.5	10.3	8.42	7.06
<b>0.24</b>	37,0	33.4	30.4	27.5	25.7	22,1	20.7	18,2	15.8	13,8	12.3	11,0	9.05	7,61
<b>0,26</b>	38.9	35,2	32.1	29.4	27.1	23.4	21.9	19.3	16.7	14.7	13,1	11.7	9.67	8.15
<b>0.28</b>	40.8	36,9	33,7	30.9	28,5	24,6	23.0	20,3	17.7	15,6	13,8	12,4	10.3	8,69
<b>0.30</b>	42.6	38.6	35.2	32.3	29.9	25.8	24.2	21.4	18.6	16.4	14.6	13.1	10.9	9.22
<b>0.32</b>	43,5	39.4	36,0	33.1	30.5	26.4	24.7	21,9	19.0	16,8	15.0	13,5	11.2	9,48
<b>0.34</b>	46.1	41.8	38.2	35.1	32,5	28.1	26.4	23.4	20.4	18.0	16.1	14.5	12.1	10.3
<b>0.36</b>	47.8	43.4	39.6	36.5	33,8	29.3	27.5	24.3	21.2	18.8	16.8	15.2	12.6	10.8
<b>0.38</b>	49.4	44.9	41,1	37.8	35,0	30,4	28.5	25,3	22.1	19,6	17.5	15,8	13.2	11.3
<b>0.40</b>	51,1	46.4	42,5	39.1	36,2	31,5	29.5	26,2	22.9	20,3	18.2	16,5	13.8	11.8
<b>0.45</b>	55,0	50.0	45,9	42.3	39,2	34,1	32.1	28,5	25.0	22,2	20.0	18,1	15.2	13.0
<b>0.50</b>	58.8	53.5	49.1	45.3	42.1	36.7	34.5	30.7	27.0	24.0	21.6	19.6	16.5	14.2
<b>0.55</b>	62.4	58.9	52.2	48.3	44.8	39.2	36.9	32.9	28.9	25.8	23.2	21.1	17.8	15.4
<b>0.60</b>	65.9	60.2	55.3	51.1	47.5	41.6	39.1	35.0	30.8	27.5	24,8	22.6	19.1	16.5
<b>0.65</b>	69.3	63,3	58.2	53.9	50.1	43.9	41.4	37.0	32.7	29.2	26,4	24.0	20.4	17.6
<b>0.70</b>	72.6	66.4	61.1	56.6	52.6	46.2	43.5	39.0	34.5	30.8	27,9	25.4	21.6	18.7
<b>0.75</b>	75.8	69.4	63.9	59.2	55,1	48.4	45.0	40.9	36.2	32.4	29.4	26.8	22.8	19.8
<b>0.80</b>	79.0	72.3	66,6	61.7	57,5	50.6	47.7	42.8	37.9	34.8	30.8	28.2	24.0	20.9
<b>0.85</b>	82.1	75.1	69.3	64.2	59.9	52.7	49.7	44.7	39.6	35.6	32.2	29.5	25.2	21.9
<b>0.90</b>	85,1	77.9	71,9	66.7	62,2	54,8	51.7	46,5	41.2	37,1	33.6	30,8	26.3	23.0
<b>0.95</b>	88,0	80.6	74,4	69.1	64,4	56,8	53.7	48,3	42.9	38,5	35.0	32,1	27.5	24.0
<b>1.0</b>	90.9	83.3	76.9	71.4	66.7	58.8	55.6	50.0	44,4	40,0	36.4	33.3	28,6	25.0

**TURLI G‘ADIR-BUDURLIK KOEFFITSIENTIGA TEZLIK  
XARAKTERISTIKASINI BOG‘LIQLIGI,  $W$ , [m/s]**

<b>R. m</b>	<b>n g‘adir-budurlik koefitsienti</b>													
	<b>0.011</b>	<b>0.012</b>	<b>0.013</b>	<b>0.014</b>	<b>0.015</b>	<b>0.017</b>	<b>0.018</b>	<b>0.02</b>	<b>0.0225</b>	<b>0.025</b>	<b>0.0275</b>	<b>0.03</b>	<b>0.035</b>	<b>0.04</b>
	....													
<b>1.1</b>	96.5	88.5	81.8	76,0	71.0	62,7	59.3	53.4	47,5	42,8	39.0	35.8	30,7	27,0
<b>1.2</b>	102	93.6	86.5	80.4	75.2	66,5	62.9	56.7	50.5	45,6	41.5	38.2	32,9	28,9
<b>1.3</b>	107	98.5	91.1	84.7	79.2	70.1	66.3	59.9	53.4	48.3	44.0	40.5	34.9	30.7
<b>1.4</b>	112	103	95.5	88.9	83.1	73.7	69.7	60.3	56.3	50.9	46.4	42.7	36.9	32.5
<b>1.5</b>	117	108	99.8	92.9	87.0	77.1	73.0	66.0	59.0	53.4	48.8	44.9	38.8	34.3
<b>1.6</b>	122	112	104	96.9	90.7	80.5	76.2	69.0	61.7	55.9	51.1	47.1	40.7	36.0
<b>1.7</b>	127	117	108	101	94.3	83.8	79.4	71.8	64.3	58.3	53.3	49.1	42.6	37.7
<b>1.8</b>	131	121	112	105	97.9	87,0	82.4	74.6	66,9	60,6	55.5	51.2	44.4	39.3
<b>1.9</b>	136	125	116	108	101	90,1	85.4	77.4	69.3	62,9	57.6	53.2	46.2	40.9
<b>2.0</b>	140	129	120	112	105	93.2	88.4	80.1	71.8	65.1	59.7	55.1	47.9	42.5
<b>2.2</b>	149	137	127	119	ill	99,1	94.0	85.3	76,5	69,5	63.7	58.9	51,2	45,5
<b>2.4</b>	157	145	135	126	118	105	99.5	90.3	81,1	73,7	67.6	62.5	54,4	48,4
<b>2.6</b>	165	152	142	132	124	110	105	95.2	85.5	77.7	71.3	66.0	57.5	51.1
<b>2.8</b>	173	160	148	138	130	116	110	99.8	89.7	81.6	74.9	69.3	60.5	53.8
<b>3.0</b>	181	167	155	145	136	121	115	104	93.8	85.3	78.4	72.5	63.3	56.4

**KVADRATIK QARSHILIK SOHASI UCHUN SOLISHTIRMA  
QARSHILIKNING QIYMATI**

Shartli diametr $D, mm$	Po'lat quvur		Cho'yan quvur	
	Hisobiy ichki diametr $D_r, mm$	Solishtirma qarshilik $S_{0kv}, c^2/m^6$	Hisobiy ichki diametr $D_r, mm$	Solishtirma qarshilik $S_{0kv}, c^2/m^6$
50	64	3686	51.6	11540
60	70	2292	-	-
75	83	929	-	-
80	95	454	82.6	953
100	114	173	102	312
125	133	76.4	127.2	96,7
150	158	30.7	152.4	37,1
175	170	20.8	-	-
200	209	6.96	202.6	8.09
250	260	2.19	25.3	2.53
300	311	0.85	304.4	0.95
350	363	0.373	352.4	6.437
400	414	0.186	401.4	0219
450	466	0.099	450.6	0,199
500	516	0.058	500.8	0.0678
600	616	0.0226	600.2	0.026
700	706	0.011	699.4	0.0115
800	804	0.00551	799.8	0.00567
900	904	0,00296	899.2	0.000305
1000	1004	0.0017	998.4	0.00175
1200	1202	0.00654	1199.2	0.000663
1400	1400	0.000292	-	-
1500	1500	0.000202	-	-
1600	1600	0.000144	-	-



**SUYUQLIKNING TESHİK VA NAYCHADAN OQIB CHIQISHIDA  
TEZLIK  $\varphi$ , SIQILISH  $\varepsilon$  VA SARF KOEFFITSIENTLARI  $\mu$ .**

<b>TESHIK YOKI NAYCHALARNI TURI</b>	<b><math>\varphi</math></b>	<b><math>\varepsilon</math></b>	<b><math>\mu</math></b>
<b>Yupqa devorli kichik teshik</b>	0.97	0.64	0.62
<b>Tashqi slindrik naycha</b>	0.82	1.00	0.82
<b>Ichki slindrik naycha</b>	0.71	1.00	0.71
<b>Torayuvchi konusli naycha</b>	0.96	0.98	0.95
<b>Kengayuvchi konusli naycha</b>	0.45	1.00	0.45
<b>Konoidal naycha</b>	0.98	1.00	0.98

**GAZLARNING 0<sup>0</sup> DAN t °C HARORAT ORALIG'IDAGI O'RTACHA  
ISSIQLIK SIG'IMI**

*Gazlarning o'zgarmas bosimdagi o'rtacha issiqlik sig'imi, kJ/kmol · K*

<b>t, °C</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>Havo</b>
0	29,274	29,019	29,123	35,86	33,499	38,85	29,073
100	29,538	29,048	29,178	38,112	33,741	40,65	29,152
200	29,931	29,132	29,303	40,059	34,118	42,33	29,299
300	30,4	29,287	29,517	41,755	34,575	43,88	29,521
400	30,878	29,5	29,789	43,25	35,09	45,22	29,789
500	31,334	29,764	30,099	44,573	35,63	46,39	30,095
600	31,761	30,044	30,425	45,453	36,195	47,35	30,405
700	32,15	30,341	30,752	46,813	36,789	48,23	30,723
800	32,502	30,635	31,07	47,763	37,392	48,94	31,028
900	32,825	30,924	31,376	48,617	38,008	49,61	31,321
1000	33,118	31,196	31,665	49,392	38,619	50,16	31,598
1100	33,386	31,455	31,937	50,099	39,226	50,66	31,862
1200	33,633	31,707	32,192	50,74	39,825	51,08	32,109
1300	33,863	31,941	32,427	51,322	40,407	-	32,343
1400	34,076	32,163	32,653	51,858	40,976	-	32,575
1500	34,282	32,372	32,858	52,348	41,525	-	32,774
1600	34,474	32,565	33,051	52,8	42,056	-	32,967
1700	34,67	32,93	33,27	53,50	42,20	-	33,17
1800	34,834	33,10	33,44	53,91	42,67	-	33,35
1900	35,02	33,26	33,69	54,29	43,12	-	33,51
2000	35,17	33,42	33,75	54,64	43,56	-	33,66
2200	35,50	33,70	34,02	55,27	44,37	-	33,95
2400	35,80	33,95	34,26	55,85	45,13	-	34,21
2600	36,09	34,18	34,48	56,35	45,81	-	34,45
2800	36,36	34,39	34,68	56,82	-	-	34,67
3000	36,61	34,58	34,86	57,23	-	-	34,87

## GAZLARNING ASOSIY XOSSALARI

Gaz	Kimyoviy formulasi	Molekulyar massasi, kg/kmol	Gaz doimiysi, J/kg·grad	Zichligi, kg/m <sup>3</sup>
Kislorod	O <sub>2</sub>	32	259,8	1,429
Vodorod	H <sub>2</sub>	2	4124,3	0,090
Azot	N <sub>2</sub>	28	296,8	1,250
Uglerod oksidi	CO	28	296,8	1,250
Havo	—	28,96	287	1,293
Uglerod II oksidi	CO <sub>2</sub>	44	189	1,977
Suv bug'i	H <sub>2</sub> O	18	481,6	0,804
Geliy	He	4	2077,2	0,178
Argon	Ar	40	208,2	1,784
Ammiak	NH <sub>3</sub>	17	488,2	0,771
Asitilen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26	320	1,171
Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,1	106	-
Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,1	143	2,673
Azot oksidi	NO <sub>2</sub>	46	181	-
Oltingugurt oksidi	SO <sub>2</sub>	64,1	130	2,93
Metan	CH <sub>4</sub>	16	519	0,72
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,1	189	2,02
Propilen	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,1	198	1,91
Vodorod sulfidi	H <sub>2</sub> S	34,1	244	1,54
Xlor	Cl <sub>2</sub>	70,9	117	3,22
Etilen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,1	297	1,26
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,1	277	1,36

GAZLARNING O'ZGARMAS HAJMDAGI O'RTACHA ISSIQLIK  
SIG'IMI, KJ/KMOL · K

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Havo
0	20,959	20,704	20,808	27,545	25,184	30,52	20,758
100	21,223	20,733	20,863	29,797	25,426	32,52	20,838
200	21,616	20,8	20,988	31,744	25,803	34	20,984
300	22,085	20,972	21,202	33,44	26,26	35,55	21,206
400	22,563	21,185	21,474	34,935	26,775	36,89	21,474
500	23,019	21,449	21,784	36,258	27,315	38,06	21,78
600	23,446	21,729	22,11	37,438	27,88	39,02	22,09
700	23,835	22,027	22,437	38,498	28,474	39,9	22,408
800	24,187	22,32	22,755	39,448	29,077	40,61	22,713
900	24,51	22,609	23,061	40,302	29,693	42,28	23,006
1000	24,803	22,881	23,35	41,077	30,304	41,83	23,283
1100	25,071	23,14	23,622	41,784	30,911	42,33	23,547

1200	25,318	23,322	23,877	42,425	31,51	42,75	23,794
1300	25,548	23,626	24,112	43,007	32,092	-	24,028
1400	25,761	23,848	24,338	43,543	32,661	-	24,25
1500	25,967	24,057	24,543	44,033	33,21	-	24,459
1600	26,159	24,25	24,736	44,485	33,741	-	24,652
1700	26,343	24,434	24,916	44,903	34,261	-	24,836
1800	26,519	24,602	25,087	45,289	34,755	-	25,004
1900	26,691	24,765	25,246	45,644	35,224	-	25,167
2000	26,854	24,916	25,393	45,975	35,68	-	25,326

15-ilova

**GAZLARNING O'ZGARMAS BOSIMDAGI O'RTACHA MASSAVIY  
ISSIQLIK SIG'IMI, KJ/KG·K**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Havo
0	0,9148	1,0304	1,0396	0,8148	1,8594	0,607	1,0036
100	0,9282	1,0316	1,0417	0,8658	1,8728	0,636	1,0061
200	0,9353	1,0346	1,0463	0,9102	1,8937	0,662	1,0115
300	0,95	1,04	1,0538	0,9487	1,9192	0,687	1,0191
400	0,9651	1,0475	1,0634	0,9826	1,9477	0,708	1,0283
500	0,9793	1,0567	1,0748	1,0128	1,9778	0,724	1,0387
600	0,9927	1,0668	1,0861	1,0396	2,0092	0,737	1,0496
700	1,0048	1,0777	1,0978	1,0639	2,0419	0,754	1,0605
800	1,0157	1,0881	1,1091	1,0852	2,0754	0,762	1,071
900	1,0258	1,0982	1,12	1,1045	2,1097	0,775	1,0815
1000	1,035	1,1078	1,1304	1,1225	2,1436	0,783	1,0907
1100	1,0434	1,117	1,1401	1,1384	2,1771	0,791	1,0999
1200	1,0509	1,1258	1,1493	1,153	2,2106	0,795	1,1082
1300	1,058	1,1342	1,1577	1,166	2,2429	-	1,1166
1400	1,0647	1,1422	1,1656	1,1782	2,2743	-	1,1242
1500	1,0714	1,1497	1,1731	1,1895	2,3048	-	1,1313
1600	1,0773	1,1564	1,1798	1,1995	2,3346	-	1,138
1700	1,0831	1,1631	1,1865	1,2091	2,363	-	1,1443
1800	1,0886	1,169	1,1924	1,2179	2,3907	-	1,1501
1900	1,094	1,1748	1,1983	1,2259	2,4166	-	1,156
2000	1,099	1,191	1,2033	1,2334	2,4422	-	1,161
2100	1,104	1,197	1,208	1,240	2,466	-	1,166
2200	1,109	1,201	1,213	1,247	2,490	-	1,171
2300	1,114	1,206	1,218	1,253	2,512	-	1,176
2400	1,118	1,210	1,222	1,259	2,533	-	1,180
2500	1,123	1,214	1,226	1,264	2,554	-	1,185
2600	1,127	1,216	1,231	1,271	2,574	-	1,189
2700	1,131	1,222	1,235	1,275	2,594	-	1,103
2800	1,135	1,226	1,238	1,284	2,612	-	1,197
2900	1,139	1,231	1,242	1,288	2,630	-	1,201

**GAZLARNING O'ZGARMAS HAJMDAGI O'RTACHA MASSAVIY  
ISSIQLIK SIG'IMI, kJ/kg·K**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Havo
0	0,6548	0,7352	0,7427	0,6259	1,398	0,477	0,7164
100	0,6632	0,7365	0,7448	0,677	1,4114	0,507	0,7193
200	0,6753	0,7394	0,7494	0,7214	1,4323	0,532	0,7243
300	0,69	0,7448	0,757	0,7599	1,4574	0,557	0,7319
400	0,7051	0,7524	0,7666	0,7938	1,4863	0,578	0,7415
500	0,7193	0,7616	0,7775	0,824	1,516	0,595	0,7519
600	0,7827	0,7716	0,7892	0,8508	1,5474	0,607	0,7624
700	0,7448	0,7821	0,8009	0,8746	1,5805	0,624	0,7733
800	0,7557	0,7926	0,8122	0,8964	1,614	0,632	0,7842
900	0,7658	0,803	0,8231	0,9157	1,6483	0,645	0,7942
1000	0,775	0,8127	0,8336	0,9332	1,6823	0,653	0,8039
1100	0,7834	0,8219	0,8432	0,9496	1,7158	0,662	0,8127
1200	0,7913	0,8307	0,8566	0,9638	1,7488	0,666	0,8215
1300	0,7984	0,839	0,8608	0,9772	1,7815	-	0,8294
1400	0,8051	0,847	0,8688	0,9893	1,8129	-	0,8369
1500	0,8114	0,8541	0,8763	1,0006	1,8434	-	0,8441
1600	0,8173	0,8612	0,883	1,0107	1,8728	-	0,8508
1700	0,8231	0,8675	0,8893	1,0203	1,9016	-	0,857
1800	0,8286	0,8738	0,8956	1,0291	1,9293	-	0,8633
1900	0,834	0,8792	0,9014	1,0371	1,9552	-	0,8688
2000	0,839	0,894	0,9064	1,0446	1,9804	-	0,8742
2100	0,844	0,900	0,912	1,052	2,005	-	0,879
2200	0,849	0,905	0,916	1,058	2,028	-	0,884
2300	0,854	0,909	0,921	1,064	2,050	-	0,889
2400	0,858	0,914	0,925	1,070	2,072	-	0,893
2500	0,863	0,918	0,929	1,075	2,093	-	0,897
2600	0,868	0,920	0,931	1,080	2,113	-	0,900
2700	0,872	0,923	0,934	1,084	2,132	-	0,903
2800	0,875	0,926	0,936	1,089	2,151	-	0,906
2900	0,878	0,929	0,939	1,093	2,168	-	0,908

**GAZLARNING O'ZGARMAS BOSIMDAGI O'RTACHA HAJMIY  
ISSIQLIK SIG'IMI, kJ/m<sup>3</sup>·K**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Havo
0	1,3059	1,2946	1,2992	1,5998	1,493	1,733	1,2971
100	1,3176	1,2958	1,3017	1,7003	1,502	1,813	1,3004
200	1,3352	1,2996	1,3071	1,7873	1,5223	1,888	1,3071
300	1,3561	1,3067	1,3167	1,8627	1,5424	1,955	1,3172

400	1,3775	1,3163	1,3289	1,9297	1,5654	2,018	1,3289
500	1,398	1,3276	1,3427	1,9887	1,5897	2,068	1,3427
600	1,4168	1,3402	1,3574	2,0411	1,6148	2,114	1,3565
700	1,4344	1,3536	1,372	2,0884	1,6412	2,152	1,3708
800	1,4499	1,367	1,3862	2,1311	1,668	2,181	1,3842
900	1,4645	1,3796	1,3396	2,1692	1,6957	2,215	1,3976
1000	1,4775	1,3917	1,4126	2,2035	1,7229	2,236	1,4097
1100	1,4892	1,4034	1,4248	2,2349	1,7501	2,261	1,4214
1200	1,5005	1,4143	1,4361	2,2638	1,7769	2,278	1,4327
1300	1,5106	1,4252	1,4465	2,2898	1,8028	-	1,4432
1400	1,5202	1,4348	1,4566	2,3136	1,828	-	1,4528
1500	1,5294	1,444	1,4658	2,3354	1,8527	-	1,462
1600	1,5378	1,4528	1,4746	2,3555	1,8761	-	1,4708
1700	1,5462	1,4612	1,4825	2,3743	1,8996	-	1,4867
1800	1,5541	1,4687	1,4901	2,3915	1,9213	-	1,4867
1900	1,5617	1,4758	1,4972	2,4074	1,9423	-	1,4939
2000	1,5692	1,4825	1,5039	2,4221	1,9628	-	1,501

18-ilova

**GAZLARNING O'ZGARMAS HAJMDAGI O'RTACHA HAJMIY  
ISSIQLIK SIG'IMI, kJ/m<sup>3</sup>·K**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Havo
0	0,9349	0,9236	0,9282	1,2288	1,1237	1,361	0,9261
100	0,9466	0,9249	0,9307	1,3293	1,1342	1,44	0,9295
200	0,9642	0,9286	0,9362	1,4164	1,1514	1,516	0,9362
300	0,9852	0,9357	0,9458	1,4918	1,1715	1,587	0,9462
400	1,0065	0,9454	0,9579	1,5587	1,1945	1,645	0,9579
500	1,027	0,9567	0,9718	1,6178	1,2188	1,7	0,9718
600	1,0459	0,9692	0,9864	1,6701	1,2439	1,742	0,9856
700	1,0634	0,9826	1,0011	1,7174	1,2703	1,779	0,9998
800	1,0789	0,996	1,0153	1,7601	1,2971	1,813	1,0132
900	1,0936	1,0086	1,0287	1,7982	1,3247	1,842	1,0262
1000	1,1066	1,0207	1,0417	1,8326	1,3519	1,867	1,0387
1100	1,1183	1,0325	1,0538	1,864	1,3791	1,888	1,0505
1200	1,1296	1,0434	1,0651	1,8929	1,4059	1,905	1,0618
1300	1,1396	1,0542	1,0756	1,9188	1,4319	-	1,0722
1400	1,1493	1,0639	1,0856	1,9427	1,457	-	1,0819
1500	1,1585	1,0731	1,0948	1,9644	1,4817	-	1,0911
1600	1,1669	1,0819	1,1036	1,9845	1,5052	-	1,0999
1700	1,1752	1,0902	1,1116	2,0034	1,5286	-	1,1078
1800	1,1832	1,0978	1,1191	2,0205	1,5504	-	1,1158
1900	1,1907	1,1049	1,1262	2,0365	1,5713	-	1,1229
2000	1,1978	1,1116	1,1329	2,0511	1,5918	-	1,1296

**SUV VA SUV BUG‘INING FIZIK XOSSALARI**

To‘yingan suv bug‘i (harorat bo‘yicha)

<b>t, °C</b>	<b>P<sub>n</sub>, MPa</b>	<b>v', m<sup>3</sup>/kg</b>	<b>v'', m<sup>3</sup>/kg</b>	<b>ρ, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>h', kJ/kg</b>	<b>h'', kJ/kg</b>	<b>r, kJ/kg</b>	<b>s', kJ/kg.K</b>	<b>s'', kJ/kg.K</b>
0	0,0006108	0,0010002	206,3	0,004847	0	2500,8	2500,8	0	9,1644
10	0,0012271	0,0010004	106,42	0,009398	42,04	2519,2	2477,3	0,1511	8,8995
20	0,002337	0,0010018	57,84	0,01729	83,9	2537,2	2453,4	0,2964	8,6663
30	0,004241	0,0010044	32,93	0,03036	125,69	2555,6	2430	0,4367	8,4523
40	0,007375	0,0010079	19,55	0,05115	167,51	2573,6	2406,1	0,5723	8,256
50	0,012335	0,0010121	12,05	0,08302	209,3	2591,6	2382,3	0,7038	8,0751
60	0,01992	0,0010171	7,678	0,1302	251,12	2609,2	2358	0,8311	7,9084
70	0,03116	0,0010228	5,045	0,1982	292,99	2626,4	2333,3	0,955	7,7544
80	0,4736	0,001029	3,409	0,2933	334,94	2643,1	2308,2	1,0752	7,6116
90	0,07011	0,0010359	2,361	0,4235	376,98	2659,5	2282,5	1,1924	7,4785
100	0,10132	0,0010435	1,673	0,5977	419,1	2675,8	2256,7	1,3071	7,3545
120	0,19854	0,0010603	0,8917	1,122	503,7	2706,3	2202,7	1,5278	7,1289
140	0,3614	0,0010798	0,5087	1,966	589,1	2734	2144,9	1,7392	6,9304
160	0,618	0,0011021	0,3068	3,259	675,3	2757,8	2082,5	1,9427	6,7508
180	1,0027	0,0011275	0,1939	5,157	763,3	2778,4	2015,1	2,1395	6,5858
200	1,555	0,0011565	0,1272	7,863	852,4	2793	1940,6	2,3308	6,4318
220	2,3202	0,00119	0,08606	11,62	943,7	2801,4	1857,7	2,5179	6,2848
240	3,348	0,0012291	0,05967	16,76	1037,5	2803,1	1765,6	2,7022	6,1425
260	4,694	0,0012755	0,04215	23,72	1135	2796,4	1661,3	2,8851	6,0014
280	6,419	0,0013321	0,03013	33,19	1236,8	2779,6	1542,8	3,0685	5,8573
300	8,592	0,0014036	0,02164	46,21	1344,8	2749,1	1404,3	3,2548	5,7049
320	11,28	0,001499	0,01545	64,74	1462	2699,6	1237,6	3,4495	5,5354
330	12,864	0,001562	0,01297	77,09	1526,1	2665,7	1139,6	3,5521	5,4412

340	14,608	0,001639	0,01078	92,77	1594,8	2621,8	1027	3,6605	5,3361
350	16,537	0,001741	0,008805	113,6	1671,4	2564,6	893	3,7786	5,2117
360	18,674	0,001894	0,006943	144,1	1761,4	2481,1	719,7	3,9163	5,053
370	21,053	0,00222	0,00493	202,4	1892,4	2330,8	438,4	4,1135	4,7951
474	22,087	0,0028	0,00347	288	2031,9	2147	114,7	4,3258	4,5029

To'yingan suv bug'i (bosimlar bo'yicha)

<b>P, MPa</b>	<b>t, °C</b>	<b>v',m<sup>3</sup>/kg</b>	<b>v'',m<sup>3</sup>/kg</b>	<b>ρ,kg/m<sup>3</sup></b>	<b>h', kJ/kg</b>	<b>h'', kJ/kg</b>	<b>r,kJ/kg</b>	<b>s',kJ/kg.K</b>	<b>s'',kJ/kg.K</b>
0,002	17,486	0,001	67,24	0,0149	73,4	2533,1	2459,7	0,2603	8,7227
0,004	29,95	0,001	34,93	0,0286	121,33	2553,7	2432,3	0,4225	8,4737
0,006	36,17	0,001	23,77	0,0421	151,49	2567,1	2415,6	0,5209	8,3297
0,008	41,53	0,001	18,13	0,0552	173,89	2576,4	2402,5	0,5919	8,2273
0,010	45,82	0,001	14,7	0,0681	191,84	2583,9	2392,1	0,6496	8,1494
0,020	60,08	0,001	7,652	0,1307	251,48	2609,2	2357,7	0,8324	7,9075
0,03	69,12	0,001	5,232	0,1911	289,3	2624,6	2335,3	0,9441	7,7673
0,04	75,87	0,001	3,999	0,2501	317,62	2636,3	2318,7	1,0261	7,671
0,05	81,33	0,001	3,243	0,3083	340,53	2645,2	2304,7	1,0912	7,5923
0,06	85,94	0,001	2,734	0,3658	359,9	2653,1	2293,2	1,1453	7,5313
0,08	93,5	0,001	2,089	0,4787	391,75	2665,3	2273,5	1,2331	7,4342
0,10	99,62	0,001	1,696	0,5896	417,47	2674,9	2257,5	1,3026	7,3579
0,12	104,8	0,001	1,43	0,6992	439,34	2683	2243,6	1,361	7,2972
0,16	113,31	0,0011	1,092	0,916	475,41	2696,3	2220,8	1,455	7,2017
0,2	120,23	0,0011	0,886	1,129	504,74	2706,8	2202	1,5306	7,1279
0,3	133,54	0,0011	0,6055	1,652	561,7	2725,5	2163,8	1,6716	6,9922
0,4	143,62	0,0011	0,4623	2,163	604,3	2738,7	2134,1	1,7766	6,8969

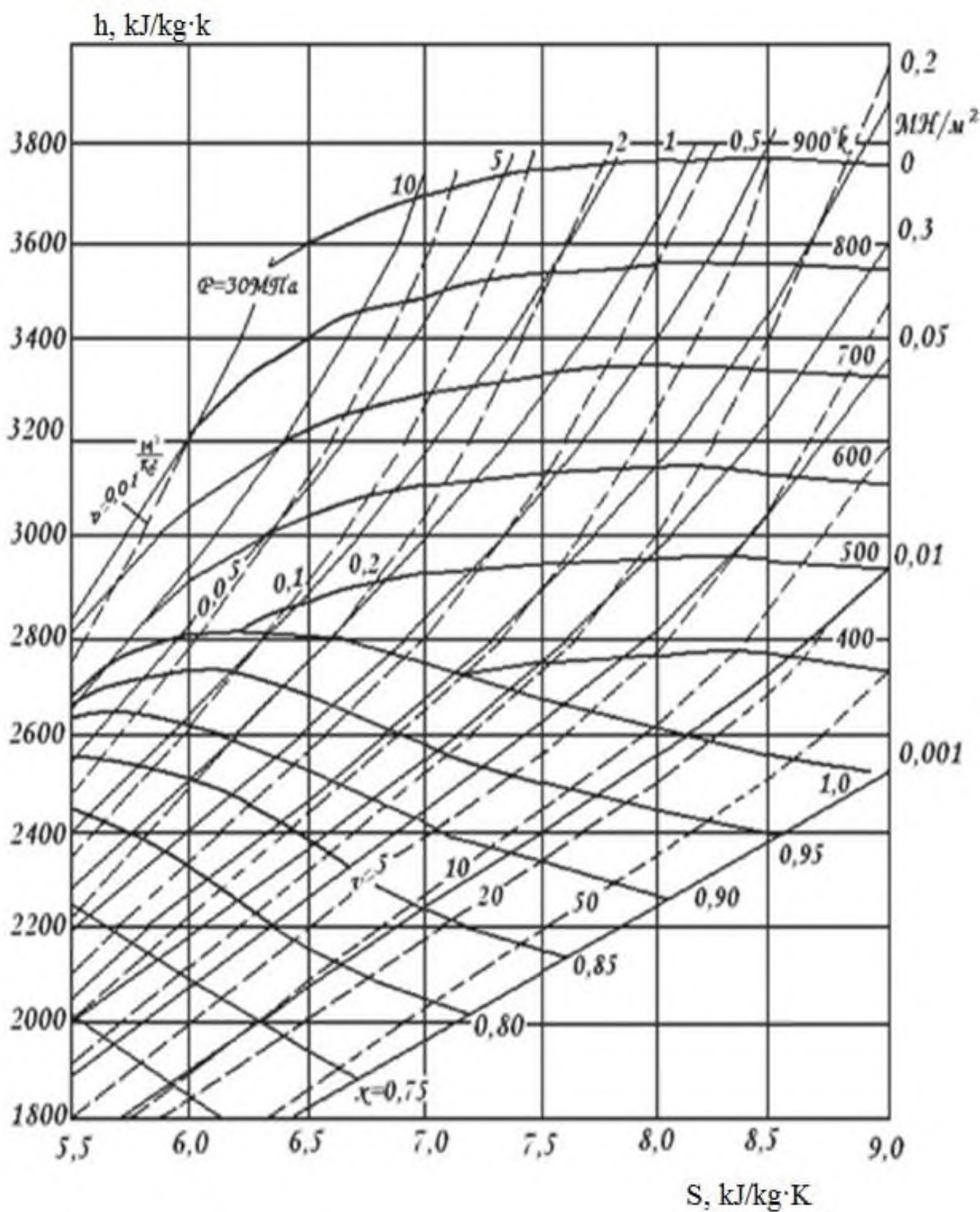
<b>P, MPa</b>	<b>t, °C</b>	<b>v',m<sup>3</sup>/kg</b>	<b>v'',m<sup>3</sup>/kg</b>	<b>ρ,kg/m<sup>3</sup></b>	<b>h', kJ/kg</b>	<b>h'', kJ/kg</b>	<b>r,kJ/kg</b>	<b>s',kJ/kg.K</b>	<b>s'', kJ/kg.K</b>
1	179,88	0,0011	0,1945	5,143	762,4	2777,8	2015,3	2,1383	6,5867
2	212,36	0,0012	0,0996	10,04	908,6	2799,2	1890,7	2,4471	6,3411
3	233,83	0,0012	0,0666	15,01	1009,4	2803,1	1794,7	2,6455	6,1859
4	250,33	0,0013	0,0498	20,09	1087,5	2800,6	1713,2	2,7965	6,0689
5	263,91	0,0013	0,0394	25,39	1154,2	2793,9	1639,6	2,921	5,9739
6	275,56	0,0013	0,0324	30,84	1213,9	2784,4	1570,5	3,0276	5,8894
7	285,8	0,0014	0,0274	36,53	1267,6	2772,3	1504,7	3,1221	5,8143
8	294,98	0,0014	0,0235	42,52	1317,3	2758,6	1441,2	3,2079	5,7448
9	303,31	0,0014	0,0205	48,8	1363,9	2742,6	1378,8	3,2866	5,6783
10	310,96	0,0015	0,018	55,47	1407,9	2724,8	1316,9	3,3601	5,6147
11	318,04	0,0015	0,016	62,62	1450,2	2705,2	1255	3,4297	5,5528
12	324,64	0,0015	0,0143	70,15	1491,1	2684,6	1193,5	3,4966	5,493
13	330,81	0,0016	0,0128	78,22	1531,3	2662,3	1131,1	3,5606	5,4333
14	330,63	0,0016	0,0115	87,04	1570,8	2637,9	1067	3,6233	5,3731
16	347,32	0,0017	0,0093	107,3	1649,6	2581,7	932,1	3,7456	5,2478
18	356,96	0,0018	0,0075	133,2	1732,2	2510,6	778,4	3,8708	5,1054
20	365,71	0,002	0,0059	170,5	1826,8	2410,3	583,4	4,0147	4,928
22	373,7	0,0027	0,0037	272,5	2016	2168	152	4,303	4,591



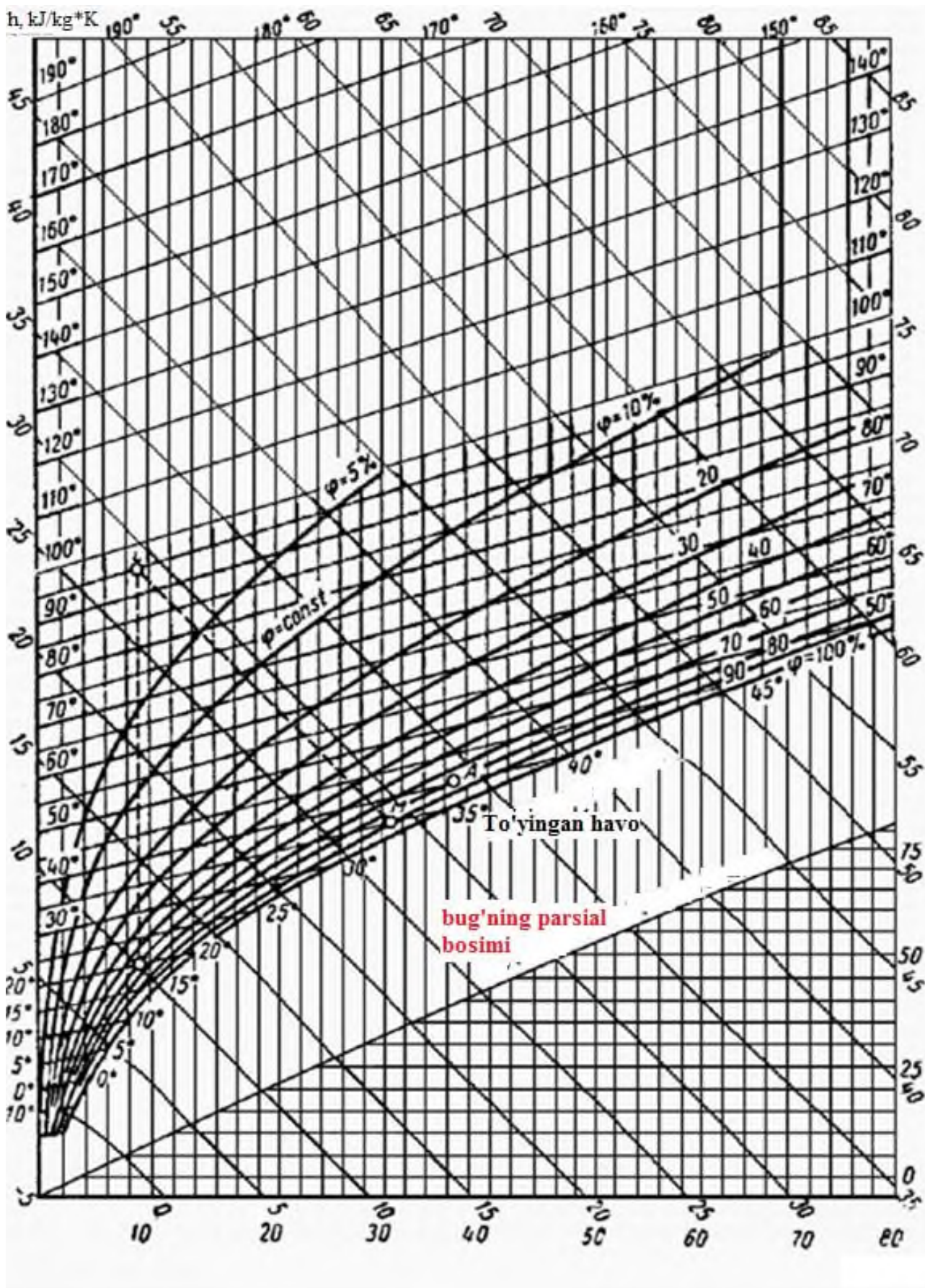
**AYRIM MATERIALLARNING FIZIK XOSSALARI**

<b>Materiallar nomi</b>	<b><math>\rho</math>, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>t, °C</b>	<b><math>\lambda</math>, Vt/m·grad</b>	<b>c, kJ/m·grad</b>	<b><math>a \cdot 10^6</math> m<sup>2</sup>/sek</b>
<b>Azbest</b>	770	30	0,11163	0,816	0,186
<b>Beton</b>	2300	20	0,279	1,13	0,622
<b>Nam tuproq</b>	1700	17	0,657	2,01	0,192
<b>Pishiq g'isht</b>	1800	0	0,768	0,879	-
<b>Muz</b>	920	0	2,25	2,26	1,08
<b>Quruq qum</b>	1500	20	0,326	0,795	2,74
<b>Shisha</b>	2500	20	0,744	0,67	0,444
<b>Alyuminiy</b>	2670	0	204	0,921	86,7
<b>Mis</b>	8800	0	384	0,381	112,5
<b>Nikel</b>	9000	20	58	0,461	17,8
<b>Kumush</b>	10500	0	458	0,234	170
<b>Uglerodli po'lat</b>	7900	20	45	0,461	14,7
<b>Suv</b>	999,9	0	0,5513	4,212	0,131
<b>Havo (quruq)</b>	1,293	0	0,0244	1,005	18,8
<b>Kislorod</b>	1,429	0	0,0247	0,915	18,8

SUV BUG'INING hS-DIAGRAMMASI



### NAM HAVONING hd-DIAGRAMMASI



## GLOSSARIY

<b>Absolyut oq jism</b>	-o'ziga tushadigan nurlarni barchasini qaytaradigan jism.
<b>Absolyut qora hajm</b>	-o'ziga tushadigan nurlarni barchasini yutadigan jism.
<b>Absolyut tiniq jism</b>	-o'ziga tushadigan nurlarni barchasini o'tkazadigan jism.
<b>Adiabatik jarayon</b>	-termodinamik tizim tashqi muhit bilan issiqlik almashmaydigan jarayon.
<b>Arximed kuchi</b>	<i>-jismni suyuqlik yoki gaz ichidan itarib chiqarishga intiluvchi kuch.</i>
<b>Atmosfera bosimi</b>	<i>-atmosfera havosining 0 °C dagi haroratda dengiz sathidagi o'rtacha bosimi.</i>
<b>Aylanma sikl</b>	-termodinamik sistema boshlang'ich holatdan ketma- ket keladigan turli jarayonlar orqali boshlang'ich holatiga kelishi.
<b>Barqaror harakat</b>	<i>-barqaror harakat yoki harakatlanayotgan suyuqlik zarrachalarining tezligi yo'nalishi vaqt bo'yicha o'zgarmasdir.</i>
<b>Beqaror harakat</b>	<i>-harakatlanayotgan suyuqlik zarrachalarining tezligi va yo'nalish bo'yicha o'zgarib turadigan hol.</i>
<b>Binar siklli bug' turbinali qurilma</b>	-ikkita ish jismidan iborat qurilma.
<b>Bir jinsli suyuqlik</b>	<i>-bir jinsli suyuqlik yoki berilgan vaqtda ma'lum hajmda fizikaviy va mexanikaviy xossalari o'zgarmas suyuqliklar.</i>
<b>Borda tenglamasi</b>	<i>-o'zan keskin kengaygan yerdagi bosim sarfini hisoblash ifodasi</i>
<b>Bosim</b>	<i>-yuza birligiga ta'sir etuvchi kuch.</i>
<b>Bosim chizig'i</b>	<i>- pito naychasidagi suyuqlik gorizonti bo'yicha o'tkazilgan chiziq.</i>
<b>Bosim pulsatsiyasi</b>	<i>-bosimning sakrashsimon o'zgarib turishi, miqdor jihatdan o'rtacha bosim bilan oniy bosim ayirmasiga teng.</i>
<b>Bosim yoki to'liq bosim (suyuqlik oddiy oqimi misolida)</b>	<i>-to'liq solishtirma energiya bo'lib, oqimning solishtirma potensial va kinetik energiyalarining yig'indisiga teng.</i>
<b>Bosim yoki to'liq bosim (elementar oqimcha misolida)</b>	<i>-kichik oqimcha bo'lgan hol uchun to'la bosim yoki kichik oqimchanning to'la solishtirma energiyasi.</i>
<b>Bosimli harakat</b>	<i>-suyuqlikning bosimli harakati yoki bu holda harakatlanayotgan suyuqlik erkin sirtga ega bo'lmaydi</i>
<b>Bosimning mahalliy yo'qolishi</b>	<i>-ma'lum joydagi bosim sarfi ishqalanish kuchi bajargan ishi hisobiga ma'lum joydagi to'liq bosimning kamayishi.</i>
<b>Bosimsiz harakat</b>	<i>-bosimsiz harakat o'zandagi suyuqlik erkin sirtga ega bo'lgan holdagi harakat</i>

<b>Bosimsiz oqim</b>	<i>-erkin yuzaga ega bo'lgan suyuqlik oqimi</i>
<b>Bug' qizdirgich</b>	<i>-bug'ni quritish va uni berilgan temperaturagacha qizdirish uchun mo'ljallangan IAA.</i>
<b>Bug' -turbinali qurilma</b>	<i>-yoqilg'ining yonishida hosil bo'ladigan issiqlikni mexanikaviy ishga aylantiradigan qurilma.</i>
<b>Bug' turbinasi</b>	<i>-bug'ning issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beruvchi qurilma.</i>
<b>Bug'lanish</b>	<i>-suyuqlik malekulalarini bug' holatiga o'tishi.</i>
<b>Darsi-veysbax tenglamasi</b>	<i>-dumaloq quvurdagi bosimli tekis barqaror harakat uchun bosimning uzunlik bo'yicha sarfini hisoblash ifodasi</i>
<b>Diffuzor</b>	<i>-ko'ndalang kesimi oqim bo'yicha kengayib boruvchi quvur.</i>
<b>Eksergiya</b>	<i>-termodinamik tizimning maksimal foydali ishi.</i>
<b>Elementar oqim naychasi</b>	<i>-cheksiz kichik yuzachani chegaralovchi sirt bo'lib u oqim chiziqlari sistemasidan tashkil topgan bo'ladi.</i>
<b>Elementar oqimcha</b>	<i>-oqim egallagan fazodagi harakatlanayotgan suyuqlikning bir qismi bo'lib, u elementar yuzacha bilan yopiq konturni har bir nuqtasidan o'tuvchi oqim chiziqlari sistema bilan chegaralangan bo'ladi.</i>
<b>Ental'piya</b>	<i>-tizimning holat funksiyasi bo'lib, tizim ichki energiyasi va bosim energiyasi yig'indisiga teng.</i>
<b>Entropiya</b>	<i>-termodinamik tizimning holat funksiyasi bo'lib, aylanish, o'zgarish ma'nosini beradi.</i>
<b>Eyler soni</b>	<i>-ba'zi hollarda dinamik o'xshashlik mezoni sifatida foydalaniladigan o'lchovsiz ifoda.</i>
<b>Forsunka</b>	<i>-suyuq yoqilg'i yondiriladigan qurilma</i>
<b>G'adir-budirlik koefitsienti</b>	<i>-dag'allik, g'adir-budir koefitsiyenti /o'zan devorlarning g'adir-budirligini xarakterlovchi son.</i>
<b>Gaz -turbinali qurilma</b>	<i>-yonish mahsulotlari energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi qurilma.</i>
<b>Geometrik bosim</b>	<i>-qaralayotgan suyuqlik holatining solishtirma energiyasi teng bo'lib, miqdor jihatidan suyuqliklari qaralayotgan nuqtadan kuzatish tekisligigacha bo'lgan masofa</i>
<b>Geometrik o'xshash oqim</b>	<i>-o'xshash o'lchovlar nisbatlari bir xil bo'lgan oqimlar</i>
<b>Gidravlik diametr</b>	<i>-gidravlik diametr qiymat jihatdan gidravlik radiusning to'rt baravariga teng bo'lgan shartli kattalik</i>
<b>Gidravlik qarshilik</b>	<i>-suyuqlik qatlamlarining o'zaro ishqalalanishidan hosil bo'ladigan qarshilik</i>
<b>Gidravlik gradiyent (gidravlik nishablik)</b>	<i>to'liq bosimini oqim bo'yicha uzunlik birligida kamayishi.</i>
	<i>2. teskari ishora bilan bosimdan oqim yo'nalishi bo'yicha olingan hosila.</i>

<b>Gidravlik ishqalanish koeffitsienti yoki darsi koeffitsienti</b>	<i>-umumiy holda o'zan devorining nisbiy notekisligiga bog'liq kattalik.</i>
<b>Gidravlik radius</b>	<i>-gidravlik radius yoki kesim va uning o'lchovlarining oqimi tezligiga ta'sirini ifodalovchi parametr bo'lib, oqim ko'ndalang kesimi yuzini oqim ho'llangan kesim parametriga teng.</i>
<b>Gidravlik sakrash</b>	<i>-gidravlik sakrash, oqim chuqurligi keskin o'zgarganda vujudga keladigan holat.</i>
<b>Gidravlik sakrashning funksiyasi</b>	<i>-gidravlik sakrash sohasi planda gidravlik sakrash joylashtirilgan chiziq.</i>
<b>Gidroaralashma</b>	<i>-suyuqlik bilan boshqa jismlarning mexanik aralashmasi.</i>
<b>Gidrodinamik bosim</b>	<i>-o'zgarmas kattalik bo'lib, harakatdagi suyuqlik to'latgan fazo qismida o'zaro perpendikulyar bo'lgan 3 ta tekislikda ta'sir qilayotgan normal kuchlanishlarning o'rtacha arifmetik qiymatiga teng.</i>
<b>Gidrodinamika yoki suyuqlik dinamikasi</b>	<i>-suyuqliklarga qo'yilgan tashqi kuchlar ta'sirida vujudga keladigan harakatni o'rganadi.</i>
<b>Gidromexanika yoki suyuqlik mexanikasi</b>	<i>-gidromexanika yoki suyuqliklarning muvozanat va harakatdagi holatlarini hamda suyuqliklar bilan qattiq jismlarning o'zaro ta'sirini qonuniyatlarini o'rganuvchi fan.</i>
<b>Gidrostatik bosim</b>	<i>-gidrostatik kuch <math>P</math> ta'sir qilayotgan yuzaga nisbatan yuzaga nolga intilganda limitga gidrostatik bosim deyiladi.</i>
<b>Gidrostatik bosim yig'indisi</b>	<i>-gidrostatik bosimlar yig'indisi yoki qaralayotgan yuzani tashkil etuvchi elementar yuzachalarga muvozanatdagi suyuqlik tomonidan ta'sir qilayotgan gidrostatik kuchlarning geometrik yig'indisi</i>
<b>Gidrostatik og'irlik bosimi</b>	<i>-qarayotgan erkin sirtidan chuqurlashuvi natijasida yuzaga keladigan bosim.</i>
<b>Gidrotransport</b>	<i>-qattiq jismlarni suyuqlik bilan birga oqizish.</i>
<b>Gorelka</b>	<i>-qattiq yoqilg'ini kukun holda va gaz yoqilg'isini yondirish qurilmasi.</i>
<b>Hajmiy kuchlar</b>	<i>-zichligi hamma yerda bir-xil bo'lgan suyuqlikka ta'sir etayotgan massa kuchlari.</i>
<b>Havo isitkichlar</b>	<i>-o'txonaga yuboriladigan havoni isitish uchun mo'ljallangan IAA.</i>
<b>Ho'llangan perimetr uzunligi</b>	<i>-ho'llangan perimetr uzunligi yoki oqim kesimida suyuqlik bilan qattiq devorning o'zaro tutashgan joyi uzunligi.</i>
<b>Holat solishtirma energiyasi</b>	<i>-faqat og'irlik kuchi vektor maydonidagi suyuqlik og'irlik birligi potensial energiyasining miqdori.</i>
<b>Ichki energiya</b>	<i>-jismning tashkil etgan zarralarning kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi.</i>

<b>Ichki ishqalanish</b>	<i>-oqim ichida tanlab olingan ixtiyoriy sirtga ta'sir etuvchi hamma elementar ichki ishqalanish kuchlarning geometrik yig'indisi.</i>
<b>Ichki silindrik naycha</b>	<i>-idish devorining ichki tomoniga o'rnatilgan dumaloq kalta quvurcha</i>
<b>Ideal suyuqlik</b>	<i>-ideal suyuqlik yoki yopishqoqligi yo'q bosim va harorat o'zgarganda hajmi sira o'zgarmaydi deb faraz qilingan suyuqlik.</i>
<b>Ikki (ko'p) fazali</b>	<i>-suyuqlik bilan qattiq jism zarrachalari gaz yoki par pufakchalari, boshqa suyuqlik tomchilarining aralashmasi</i>
<b>Ikki o'lchovli harakat</b>	<i>-ikki o'lchovli harakat yoki yechimlari fazoni X,Y koordinatalariga bog'liq bo'lgan gidromexanik masala.</i>
<b>Inersion bosim</b>	<i>-vaqt bo'yicha kinetik inergiya o'zgarishi hisobiga to'liq bosimni birinchi va ikkinchi kesimlarda o'zgarish miqdori.</i>
<b>Issiqlik almashinuv apparatlari</b>	<i>-issiqlik tashuvchini qizdirish yoki sovitish uchun mo'ljallangan qurilma.</i>
<b>Issiqlik nasosi</b>	<i>-issiqlik qabul qiluvchining isishidan foydalanuvchi qurilma.</i>
<b>Issiqlik o'tkazuvchanlik</b>	<i>-bu temperaturalar farqi borligi tufayli tutash muhitda issiqlikning molekulyar uzatilishidir.</i>
<b>Issiqlik sig'imi</b>	<i>-jismni bir gradusga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori.</i>
<b>Issiqlik uzatish</b>	<i>-jismlar orasida va issiqlikning bir jism ichida tarqalish qonunlarini o'rganadigan fandır.</i>
<b>Izoborik jarayon</b>	<i>-o'zgarmas bosimda kechadigan jarayon</i>
<b>Izotermik jarayon</b>	<i>-o'zgarmas temperaturada kechayotgan jarayon.</i>
<b>Izoxormik jarayon</b>	<i>-o'zgarmas hajmda kechadigan jarayon.</i>
<b>Jonli qirqim</b>	<i>-oqim ko'ndalang kesimi, bu yerda kesim sirti oqim chiziqlariga doimo normal yo'nalishda bo'ladi.</i>
<b>Jonli qirqim yuzasi</b>	<i>-oqim ko'ndalang kesim yuzasi yoki oqimdagi chiziqqa perpendikulyar sirt.</i>
<b>Karno sikli</b>	<i>-issiqlik mashinalarining ideal sikli.</i>
<b>Kinematik qovushqoqlik koefitsienti</b>	<i>-miqdor jihatdan dinamik yopishqoqlik koefitsientining suyuqlik zichligiga nisbati.</i>
<b>Kinetik energiya koefitsienti yoki koriolis koefitsienti</b>	<i>-suyuqlik massasi kinetik energiyasining shu massaning shartli kinetik energiyasi nisbatiga teng.</i>
<b>Kompressor</b>	<i>-turli xil gazlarni siqish va haydash uchun mo'ljallangan qurilma.</i>
<b>Konfuzor</b>	<i>-oqim bo'yicha diametri kichrayib boruvchi quvur.</i>
<b>Konvektsiya</b>	<i>-bir tekis isimagan suyuqlik yoki gazning xarakati va aralashishi natijasida issiqlik uzatish jarayoni.</i>

<b>Kritik chuqurlik</b>	<i>-bu shunday chuqurlikki, uning kesimining solishtirma energiyasi berilgan sarf va o'zanning berilgan ko'ndalang kesimi uchun eng kichik bo'ladi.</i>
<b>Kritik nishablik</b>	<i>- bu slindrik yoki prizmatik o'zanlarga berilishi mumkin bo'lgan qiyalik bo'lib berilgan sarf va tekis bosimsiz harakatdagi suyuqlik uchun normadagi chuqurlik kritik chuqurlik bilan bir xil bo'ladi, bu yerda me'yordagi kritik chuqurlik chizig'i bilan ustma-ust tushadi.</i>
<b>Kritik tezlik</b>	<i>-qaralayotgan oqim kesimidagi o'rtacha tezlik bo'lib uning o'zgarishi oqim tartibining o'zgarishiga olib keladi.</i>
<b>Laminar tartib</b>	<i>-suyuqlik zarrachalarining harakati faqat harakat yo'nalishi trayektoriyasi bo'ylab bo'kadigan harakat tartibi.</i>
<b>Manometrik bosim</b>	<i>-qaralayotgan nuqta uchun mutloq bosim bilan atmosfera bosimi ayirmasiga teng bosim.</i>
<b>Massa kuchlari</b>	<i>-suyuqlik hajmiga ta'sir etuvchi kuch.</i>
<b>Murakkab quvur tizimi</b>	<i>-yon tomonlarga tarmoqlangan quvurlar sistemasiga ega bo'lgan quvurli uzatkichlar</i>
<b>Nam havo</b>	<i>-quruq havo bilan suv bug'i aralashmasiga aytiladi.</i>
<b>Naycha (nasadok)</b>	<i>-bosim ostidagi suyuqlik oqib o'tadigan kalta quvurcha yoki bosimni uzunlik bo'yicha o'zgarishi hisobiga olinmaydigan darajadagi kalta quvur.</i>
<b>Notekis harakat</b>	<i>-oqimning turlicha harakat kesimida tezlik miqdori turlicha bo'lgan harakat.</i>
<b>Nuqtadagi solishtirma inersiya kuchi</b>	<i>-tezlanish vektoriga qarama-qarshi yo'nalgan vektor bo'lib, uning moduli suyuqlikning elementar hajmning og'irligi nolga intilgandagi nisbati limitiga teng</i>
<b>Nurli issiqlik almashinish</b>	<i>-issiqlik bir jismdan ikkinchisiga nur orqali uzatish jarayoni.</i>
<b>Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar</b>	<i>-suyuqlik modellarida ichki ishqalanishning normal kuchlanishi tezlik gradientini birdan farqli darajasiga proporsional deb faraz qilinadi.</i>
<b>Nyuton suyuqliklari</b>	<i>-suyuqlik modellarida ichki ishqalashning urinma zo'riqishi tezlik gradientiga to'g'ri proporsional deb faraz qilinadi.</i>
<b>O'rtacha tezlik</b>	<i>-qaralayotgan kesimdagi mahalliy tezlikning o'rtacha qiymatini bildiradi;</i>
<b>O'txona qurilmalari</b>	<i>-yoqilg'ini yoqish jarayoni kechadigan qurilma.</i>
<b>O'zan tubining nishabligi</b>	<i>-bosimsiz oqim o'zani asosi chizig'ining gorizont bilan hosil qilga burchagi sinusi.</i>
<b>O'zanning gidravlik ko'rsatkichi</b>	<i>-o'zanning gidravlik ko'satkichlari sarf moduli ko'rsatkichli ifodasiga kiruvchi daraja ko'satkichining qiymati.</i>



<b>Ochiq o‘zan</b>	<i>-o‘zanning ko‘ndalang kesimi ochiq egri chiziqdan iborat bo‘ladigan hol.</i>
<b>Oddiy quvur</b>	<i>-oddiy quvurli uzatkich yoki yon tomonlarida tarmoqlangan quvurlar bo‘lmagan quvurli uzatkichlar</i>
<b>Oqimning o‘zgarishi</b>	<i>-oqim chiqayotgan teshik yaqinida uning ko‘ndalang kesimi shaklining o‘zgarishi</i>
<b>Ortiqcha havo koeffitsenti</b>	<i>-haqiqiy beriladigan havo miqdorini nazariy hisoblab topilgandan necha marta ko‘pligini ko‘rsatuvchi son.</i>
<b>Pezometr</b>	<i>-kichik diametrli ingichka naycha</i>
<b>Pezometrik balandlik</b>	<i>-o‘zakka o‘rnatilgan ingichka naychadagi suyuqlik sathi bilan oqim o‘qigacha bo‘lgan masofa.</i>
<b>Pezometrik bosim</b>	<i>-pezoetrik balandlikka teng bo‘lgan bosimning solishtirma energiyasi.</i>
<b>Pezometrik chiziq</b>	<i>-fikran oqim yo‘nalishi bo‘yicha o‘rnatilgan pezometrlardagi suyuqlik gorizontlari bo‘yicha o‘tkazilgan chiziq.</i>
<b>Pezometrik nishablik</b>	<i>-oqim chizig‘i yoki oqim bo‘yicha olingan uzunlik birligiga to‘g‘ri keladigan potensial bosimning kamayishi.</i>
<b>Pito naychasi</b>	<i>-uchi to‘g‘ri burchak ostida qayrilgan kichik diametrli naycha. U oqimga qarshi quyiladi, naychada suyuqlikning ko‘tarilishi tezlik bosimini beradi.</i>
<b>Politrop jarayon</b>	<i>-sig‘im o‘zgarmas bo‘lgan jarayon</i>
<b>Pordpor chizig‘i</b>	<i>-oqim yo‘nalishi bo‘yicha chuqurligi kamayib boruvchi oqovanning erkin sirti chizig‘i.</i>
<b>Prizmatik o‘zan</b>	<i>-ko‘ndalang kesim shakli va o‘lchamlari uzunlik bo‘yicha o‘zgarmas bo‘lgan o‘zan yoki quvur.</i>
<b>Puaz</b>	<i>-dinamik yopishqoqlik koeffitsienti o‘lchov birligi.</i>
<b>Pulsatsion tezlik</b>	<i>-sakrashsimon o‘zgarib turuvchi tezlik miqdor jihatdan uzunlik yo‘nalishdagi o‘rtacha oniy tezlik ayirmasiga teng.</i>
<b>Qaynash</b>	<i>-suyuqlik bug‘ining pufakchalar shaklida erkin sirt orqali tashqariga chiqib ketish.</i>
<b>Qisqa quvur</b>	<i>-kalta quvurlar uzatgich yoki hisoblashda bosimning ham mahalliy sarfi, ham uzunlik bo‘yicha sarfi hisobga olinishi shart bo‘lgan quvurli uzatgich.</i>
<b>Qovushqoqlikga ega bo‘lmagan suyuqlik</b>	<i>-yopishqoqmas suyuqlik yoki gaz yopishqoqligi mutlaqo yo‘q deb faraz qilingan suyuqlik.</i>
<b>Qovushqoqlikning dinamik koeffitsienti</b>	<i>-yopishqoqlik koeffitsienti ichki ishqalanishdan hosil bo‘ladigan urinma kuchlanishning tezlik gradientiga nisbatan</i>
<b>Qozon agregatining issiqlik balansi</b>	<i>-qozon agregatiga issiqlik kelish va sarfini aniqlash.</i>
<b>Qozon qurilmasi</b>	<i>-issiq suv va bug‘ ishlab chiqarish uchun mo‘ljallangan qurilmalar.</i>

<b>Quduq debiti</b>	<i>-quduq sarfi yoki tuproq suvlarining sarfi</i>
<b>Quyi bef</b>	<i>-to'g'ondan keyingi harakatdagi yoki tinch holatdagi suyuqlik havzasi.</i>
<b>Quyi kritik tezlik</b>	<i>-bu holda tezlikning ozgina kamayishi bilan turbulent tartibli hatakatlar laminar tartibli harakatga o'tadi.</i>
<b>Reaktiv dvigatel</b>	<i>-ichidan katta tezlikda zarrachalar oqimi uchib chiqishi hisobiga tortish kuchi hosil qila oladigan issiqlik mashinasi</i>
<b>Real gazlar</b>	<i>-molekulalar orasida o'zaro ta'sir kuchlari mavjud va xususiy hajmga ega bo'lgan gazlar.</i>
<b>Regeneratsiya</b>	<i>-chiqib ketayotgan issiqlikni bir qismini issiqlik qurilmasida yana ishlatish.</i>
<b>Reynolds soni</b>	<i>-o'lchov birligisiz kattalik bo'lib tezlik bilan o'zan diametri ko'paytmasining suyuqlik kinematik yopishqoqlik koeffitsientiga nisbatiga teng.</i>
<b>Sanoat pechlari</b>	<i>-turli xil jismlarga termik ishlov berish (eritish, kuydirish, quritish, qizdirish) uchun mo'ljallangan qurilma.</i>
<b>Shar</b>	<i>-barabanli tegirmon- qattiq yoqilg'ini chang (kukun) xoliga keltiradigan qurilma.</i>
<b>Shartli yoqilg'i</b>	<i>-yonish issiqligi 30000 kJ/kg bo'lgan yoqilg'iga aytiladi.</i>
<b>Solishtirma hajm</b>	<i>-moddaning zichligi birligi egallagan hajmdir.</i>
<b>Sovitish mashinasi</b>	<i>-Atrof- muhit temperaturasidan past temperaturalar olish uchun mo'ljallangan qurilma.</i>
<b>Sovuq elitgichlar</b>	<i>-sovitish mashinalarida ish jismi sifatida qo'llaniladigan moddalar (freon, ammiak va h.k.)</i>
<b>Sublimatsiya</b>	<i>-qattiq jismni birdaniga bug' holatiga o'tishi.</i>
<b>Suv ekonmayzeri</b>	<i>-ta'minot suvini isitishga mo'ljallangan IAA.</i>
<b>Suvga botirilgan jismning og'irlik markazi</b>	<i>-suvda botib ketmaydigan jismning suv ostidagi qismi siqib chiqargan suv hajmining og'irlik markazi.</i>
<b>Suyuqlik sarfi yoki suyuqlikning hajmiy sarfi</b>	<i>-suyuqlikning sarfi yoki suyuqlikning hajm birligidagi sarfi. -oqim ko'ndalang kesimidan vaqt birligida oqib o'tgan suyuqlik hajmi .</i>
<b>Suyuqlik sizilishi</b>	<i>-suyuqliklar infiltratsiyasi yoki suyuqlikning tuproq g'ovaklaridan sizib kirishi.</i>
<b>Suyuqlik zichligi</b>	<i>-suyuqlikning tinch holdagi hajmi birligidagi massasi.</i>
<b>Suyuqlikni hajmiy siqilish koeffitsienti</b>	<i>-suyuqlik hajmiy siqilish koeffitsienti yoki suyuqlik hajmining nisbiy kamayishi berilgan hajmni har tomonlama tekis siquvchi normal zo'riqishga nisbati.</i>
<b>Suyuqlikning harorat ta'sirida kengayishi</b>	<i>-suyuqlikning harorat bo'yicha kengayishi yoki suyuqlik hajmi elementar orttirmasining harorat elementar orttirmasiga nisbati</i>

<b>Suyuqlik oqimining aeratsiyasi</b>	<i>-suyuqlik oqimining havoga to'yinishi.</i>
<b>Suzuvchi jism o'qi</b>	<i>-suzayotgan jism ko'ndalang kesimining simmetrik o'qi.</i>
<b>Suzuvchi jismning turg'unligi</b>	<i>-jism muvozanatdan chiqarilgandan so'ng yana muvozanat holatiga qaytish hususiyati.</i>
<b>Tekis harakat yoki parallel oqimli harakat</b>	<i>-bu shunday harakatki unda harakat kesimi tezlik epyurasining shakli va o'lchamlari berilgan vaqtda oqim bo'yicha o'zgarmaydi.</i>
<b>Temperatura</b>	<i>-jismning issiqlik holatini tavsiflaydi.</i>
<b>Temperatura gradiyenti</b>	<i>-izotermik sirtga tushirilgan normal bo'yicha yo'nalgan vektordir.</i>
<b>Teplofikatsion bug' - kuch qurilmasi</b>	<i>-ham elektr energiyasi hamda issiqlik energiyani ishlab chiqaradigan qurilma.</i>
<b>Termodinamika</b>	<i>-energiyaning aylanish (o'zgarish) qonunlari haqidagi fandir.</i>
<b>Tez o'zgaruvchan harakat</b>	<i>-harakatlanayotgan suyuqlikning har bir nuqtasidagi tezlik vaqt bo'yicha to'xtovsiz o'zgarib turadigan hol.</i>
<b>Tezlik bosimi (elementar oqimcha misolida kinetik bosim)</b>	<i>-kichik oqimcha bo'lgan hol uchun tezlik bosimi, ya'ni oqimning solishtirma kinetik energiyasi.</i>
<b>Tezlik bosimi (suyuqlik oqimi misolida kinetik bosim)</b>	<i>-suyuqlik oqimi bo'lgan hol uchun tezlik bosimi, ya'ni oqimning solishtirma kinetik enegiyasi.</i>
<b>Tezlikning perpendikulyar yo'nalishdagi gradiyenti</b>	<i>-normal bo'yicha tezlik gradiyenti.</i>
<b>To'g'ri oqimli qozonlar</b>	<i>1. Oqim tezligining oqim normali bo'yicha o'zgarishi.</i>
<b>Tubdagi cho'kindilar</b>	<i>2. Tezlikdan oqim kesimiga normal bo'yicha olingan hosila.</i>
<b>Vakuum</b>	<i>-barabani yo'q qozon qurilmasi.</i>
<b>Yopiq o'zanlar</b>	<i>-oqim tubdagi harakatlanadigan qattiq zarrachalar</i>
<b>Yoqilg'i</b>	<i>-berk idishdagi havoning yoki gazning atmosfera bosimiga nisbatan siyraklashgan holati.</i>
<b>Yoqilg'ini yonish issiqligi</b>	<i>-ko'ndalang kesim konturi yopiq chiziqda iborat o'zan.</i>
<b>Yuqori baf</b>	<i>-yonganda ko'p miqdorda issiqlik chiqadigan, tevarak atrofdagilarga zararli ta'sir qilmaydigan moddalar.</i>
<b>Yuqori kritik tezlik</b>	<i>-yoqilg'i to'liq yonganda ajralib chiqadigan issiqlik.</i>
	<i>-to'g'on inshoati oldidagi harakatdagi yoki tinch holatdagi suyuqlik havzasi.</i>
	<i>-bu holda tezlikning ozgina oshishi bilan harakat laminar tatibdan turbulent tartibli harakataga o'tadi.</i>

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. **Arifjanov A.M., Raximov Q.T., Xodjiyev A.K.** Gidravlika. Toshkent, 2016. -364 bet.
2. **Bozorov D.R., Karimov R.K. va boshqalar** Gidravlika. Toshkent “Bilim”, 2003.-384 bet.
3. **Bozorov D.R., Xidirov S.Q., Obidov B.M.** Gidravlika. Toshkent, 2009.-330 bet.
4. **Kern D.Z., Kraus A.D.** Extended surface Heat Transfer. London. 1987, 464 p.
5. **Latipov Q.Sh.** Gidravlika, gidromashinalar, gidroyuritmalar, “O‘qituvchi” 1991.-401 bet.
6. **Nurmatov J. va boshqalar.** Issiqlik texnikasi. Oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun o‘quv qo‘llanma.–T.: «O‘qituvchi», 1998,- 256 b.
7. **Spolding D.B., Patenkar S.V.** Heat and mass Transfer in boundary layers. London. Edward Arnolds, 1989, 400 p.
8. **Truesdell C.** Rational thermodynamics. N.Y. Mc.Graw. –Hili. 1992, 208 p.
9. **Umarov A.Yu.** Gidravlika. Toshkent, “O‘zbekiston” 2002.-367 bet.
10. **Алексеев Г.Н.** Общая теплотехника. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1980, - 552 с.
11. **Альтшуля А.Д.** Примеры расчётов по гидравлике. Учебное пособие для вузов / Под ред. А.Д. Альтшуля. – М.: Альянс, 2013. – 255 с.
12. **Артемьева Т.В.** Гидравлика, гидромашины и гидропневмоприводы в примерах решения задач: учебное пособие для вузов. / Под редакцией С.П.Стесина. М. Академия, 2013 г – 203 с.
13. **Баскаков А.П., Берг Б.В. и др.** Учебное пособие. Теплотехника – М.: «Энергоиздат», 1982 – 262 с.
14. **Бутаев Д.А., Калмыкова З.А., Подвидз Л.Г.** Сборник задач по машиностроительной гидравлике: учеб. пособие для машиностр. вузов/под ред. И.И. Куколевского и Л.Г. Подвидза. -4-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1981. - 464 с.

15. **Еремкин А.И. Королева Т.М.** Тепловой режим зданий. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2000, - 368 с.
16. **Кириллин В.А., Сичев В.В., Шейндлин А.Е.** Технический термодинамика, Дарслик – Т. «Ўқфитувчи», 1980, 440 б.
17. **Кудинов В.А., Карташов Э.М.** Техническая термодинамика, Учебное пособие для Втузов. М.: Высшая школа. 2000 – 261 с.
18. **Лариков Н.Н.** Теплотехника: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1985, - 432 с.
19. **Нащокин В.В.** Техническая термодинамика и теплопередача. Учебное пособие. – М: Высшая школа, 1980 – 469 с.
20. **Некрасов, Б.Б.** Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу: учебное пособие для машиностроительных вузов /Б.Б. Некрасов [и др.]; под ред. Б.Б. Некрасова. – М.: Высшая шк., 1989. – 192 с.
21. **Немцев З., Арсеньев Г.В.** Теплоэнергетические установки и теплоснабжение: Учебное пособие. – М.: «Энергоиздат», 1982, - 432 с.
22. **Суров Г.Я., Вихарев А.Н., Долгова И.И., Барабанов В.А.** Гидравлика и гидропривод в примерах и задачах: учеб. пособие./-2"е изд., Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. -338 с.
23. **Троян Т.П.** Гидравлика. Задачи и примеры расчётов по гидростатике и гидродинамике: Учебное пособие.–Омск: Изд-во СиБАДИ, 2006.–92 с.
24. **Тужилкин А.М.** Примеры гидравлических расчётов: учебное пособие /А.М. Тужилкин, В.М. Степанов, Е.К. Злобин, В.Н. Калинин, В.М. Вислогузов. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 167 с.



**Madaliyev Erkin O‘rinboyevich  
Madraximov Mamadali Mamadaliyevich  
Abdulhayev Zohidjon Erkinjonovich  
Usmonova Nodiraxon Akramovna**

## **ENERGETIK QURILMALAR**

**(gidro va issiqlik)**

*Oliy o‘qiv yurtlari talabalari uchun o‘quv qo‘llanma*

Bosh muharrir: A. Abdullaev  
Musahhih: M.To‘xtasinova  
Sahifalovchi: SH.Jamoliddinov

Bosib chiqarish uchun imzolangan 29.06.2021

Xajmi: 5.4 MB

Internet nashr

ISBN 978-9943-7189-6-8



“Al – Ferganus” nashriyoti  
Farg‘ona sh., Aeroport ko‘chasi,  
[alferganus.ltd@gmail.com](mailto:alferganus.ltd@gmail.com)





