

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ,
ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ

НАМАНГАН МУҲАДИСЛИК – ҚУРИЛИШ
ИНСТИТУТИ

т.ф.н. У.Ғ. Деҳқонов

ШАМОЛ ЭНЕРГЕТИКАСИ

Ў Қ У В Қ Ў Л Л А Н М А

НАМАНГАН – 2023

УЎК: 621.548
КБК: 31.62
Ж-91, Д-11, Т-39, У-68

ISSN: 978-9943-9386-7-0

Шамол энергиясидан фойдаланиш мумолари, т.ф.н. У.Ғ. Дехқонов

Ўқув қўлланмада шамол энгергия манбайи ва эаологик софлик хусусияти сифатида ўрганилган. У муаллифлар тамонидан олиб борилган *“Ротацион механизмли шамол қурилмаси ишчи органи юритмасининг янги конструкциясини яратиши ва унинг ишчи параметрларини тадқиқ қилиши”* мавзусидаги илмий-тадқиқот ишларига асосланиб ёзилган. Шамол агрегатларининг турли конструкциялари таҳлилига асосан вертикал ўқли роторли шамол агрегатининг динамик таҳлили ва унинг характеристикалари келтирилган. Янги шамол агрегати конструкцияси таклиф этилган. Ўзбекистон Республикаси шамол ҳудудлари ҳақида маълумотлар берилган. Бир шамол ҳудуди мисолида энергетик потенциалининг қийматлари ҳисобланган. Илмий тадқиқот ишлари натижалари ҳулосалар сифатида келтирилган.

Ўқув қўлланма ушбу йўналишда илмий тадқиқот ишлари олиб бораётган изланувчилар, шу соҳада таҳсил олаётган талабалар ва кенг жамоатчилик учун тавсия этилади.

«Олий таълимнинг давлат таълим стандарти. Олий таълим йўналишлари ва мутахассисликлари классификатори» ўзбекистон республикасининг давлат стандарти Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирининг буйруғи тасдиқланган ва Ўзбекистон республикаси адлия вазирлиги томонидан 2021 йил 27 октябрда 42 рақами ҳисобга олинган *60711000-муқобил энергия манбалари (турлари бўйича), 60710400-экология ва атроф-муҳит муҳофазаси (тармоқлар ва соҳалар бўйича) таълим йўналишларида* таҳсил олаётган талабаларнинг мустақил ишларини бажариш учун тавсия этилади

Тақризчилар:

т.ф.д. И.Т. Каримов

Фарғона политехника институти, Технологик машиналари ва жихозлари кафедраси профессори, т.ф.д.

т.ф.н. Т. М. Собиржонов.

Фарғона политехника институти, Тадбикий механика кафедраси доценти

т.ф.н. З. С. Маҳмудов

Наманган муҳандислик-қурилиш институти, “Материаллар қаршилиги ва механика” кафедраси доценти

ISSN: 978-9943-9386-7-0

© “Аржуманд медия”, Наманган -2023

КИРИШ

Кейинги ўн йилликларда дунё мамлакатларидаги мунтазам тикланувчи энергия манбаларига бўлган қизиқишнинг ортиб бориши, бу йўналишда давлат дастурларининг қабул қилиниши ва уларни тадқиқ этилиши учун кўплаб маблағ ажратилиши сайёрамизда туғилган учта асосий глобал муаммонинг пайдо бўлганлигидандир: биринчидан, табиий органик ёқилғиларнинг тугаб бораётганлиги, иккинчидан атроф-муҳитнинг ифлосланиши, учинчидан аҳоли сонининг ортиб боришидир ([1], [2], [3], [4]). Ушбу муаммоларнинг нечоғлик долзарб эканлиги ҳақида ривожланган мамлакатлардаги, жумладан, АҚШ, Франция, Англия, Нидерландия, Швеция ва бошқа бир қатор давлатларда ушбу йўналишда олиб борилаётган тадқиқотлар учун миллиардлаб маблағ сарф этилаётганлигидан, дунё энергетика конгресси (МИРЭК – Асамблея Мирового энергетического конгресса)нинг шу давргача ва охириги 2018 йилнинг 9 октябрида Миланда ўтказилган йиғилишида қилинган қарорларидан хулоса қилиш мумкин. Уларда жаҳон ҳамжамияти тамонидан “Янги технологиялар замонида энергетиканинг ўрни, инновацион лойиҳалар, маълумотлар базасини рақамлаштириш, трансформациялашнинг ностандарт ёндашувлари ва янги энергия манбаларига ўтиш” каби жиддий масалаларни ечиш вазифаси турганини кўриш мумкин [5]. Дарҳақиқат, юқорида тилга олинган уч глобал муаммони энергиянинг экологик соф, туганмас ва қайта тикланувчан манбаларини ўзлаштириш ва янги технологияларини кашф этиш билан ижобий ҳал этиш

мумкин. Шу маънода айтиш мумкинки, дунё янги энергия манбасига ўтиш оstonасида турибди.

Жаҳон энергетика истеъмоли талабининг ортиб бориши дунёда “Яшил энергетика” йўналишининг ривожланишига туртки бўлди. “Яшил энергетика” спекторига экологик соф, туганмас ва қайта тикланувчан манбаларининг барча турлари киради. Жумладан, қуёш, шамол, геотермал, биогаз, қуйилиш (приливная), тўлқин ва бошқа тур энергия манбаларидир.

Илм фан, ишлаб чиқариш технологиялари тараққий этган мамлакатлар бу хатарларни илгарироқ илмий асосладилар ва энергия ишлаб чиқариш йўналишларини жадал ривожлантириб бормоқдалар. Овропа олимлари «Термоядро реакторларининг кучайтиргичлари ёрдамида ишлаб чиқарилиши мумкин бўлган энергиядан 50 йиллардан сўнгина фойдаланиш мумкиндир» дея башорат қилмоқдалар холос. Ушбу факт яшил энергетика йўналишининг ривожланишига яна бир кучли импульс берди.

Бугунги кунда мунтазам тикланувчи энергия манбаларини ривожлантириш бўйича халқаро дастурлар ишлаб чиқилган.

Республикамизда бу муаммолар етарли салоҳиятга эга ва у давлат раҳбарияти томонидан нефть мустақиллиги, атроф-муҳит муҳофазаси борасида қатор белгиланган вазифалар орқали эътироф этилиб, ҳозирги кунларда давлатимизнинг мустақил иқтисодиётини амалга оширишдаги асосий вазифа бўлиб ҳисобланмоқда. Ушбу соҳада Президентимизнинг бир қарор, фармонлари кучга кирди. 21.05.2019 й. ЎРҚ – 539 – сонли «Қайта тикланувчи

энергия манбаларидан фойдаланиш» тўғрисидаги қарори, «Табиий газ ва электр энергиясини сотиш механизмини такомиллаштириш бўйича қўшимча чора тадбирлари» ҳақидаги 18.06.20 йилдаги фармони шулар жумласига киради. Ҳозирда Мамлакатимизда ушбу соҳани ривожлантиришга катта эътибор қаратилмоқда.

Мамлакатимизда шамол ва қуёш энергиясидан фойдаланилиши мумкин бўлган ҳудудларнинг мавжудлиги, ушбу ҳудудларда қишлоқ хўжалигининг, халқ хўжалигининг турли соҳалари учун ўта қулай бўлган шароитнинг мавжудлиги, мунтазам тикланувчи энергия манбалари туридан бўлган қуёш ва шамол энергиясидан фойдаланиш муҳим аҳамият касб этади.

Жумладан Ўзбекистонда 25 дан зиёд иқтисодий самара бериши мумкин бўлган шамол ҳудудлари мавжуд (1-илова). Бу ўз навбатида шамол энергиясини механик энергиясига айлантирувчи, хавфсиз, самарадорлиги юқори бўлган қурилма механизмларини яратиш вазифасини кўндаланг қўяди. Шамол қурилмалари ёрдамида сув тортиш, электр энергия ишлаб чиқариш, сувни кислород-водород элементларига ажратиш ва турли мақсадлар учун ишлатилувчи механизмларни ишга туширишга мослаштирилган механизм ва машиналарни ишга тушириш вазифаларини амалга ошириш мумкин. Шамол энергиясидан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлиги хорижнинг кейинги йиллардаги олиб борган илмий изланишлари орқали эътироф этилди ва тажрибада унинг энг қулай энергия манбаларидан бири экани исбот қилинди. Ҳозирги кунга келиб, ер шарининг юздан ортиқ

мамлакатларида шамол энергиясидан фойдаланиш йўналишининг миллий дастурлари ишлаб чиқилган.

gazeta.uz нинг 2022 йилги 4 май сони хабар беришича, Саудия Арабистонининг ACWA Power компанияси билан тузилган шартномасига кўра Қарақалпоғистонда 1500 МВт қувватли ШЭС (Шамол электр станцияси) қурилиши бошланди. Лойиҳага 600 млн. доллар инвестиция ажратилган. Бухоро ва Навои вилоятларида умумий қуввати 1000 МВт ли ва маблағ ҳажми 600 млн. доллар бўлган ШЭС и қурилмоқда. Энергетика Вазири ўринбосари Шерзод Ходжаев 2030 йилга бориб Ўзбекистон умумий энергия истеъмолининг 25% ини тикланувчан энергия манбалари ҳисобидан тўлдирилишини таъкидлаган. Ушбу энергия ҳажми 4 млн. хонодоннинг энергияга бўлган талабларини қондириш билан бирга, йилига 2,5 млн. тонна карбонат ангидрид газини атмосферага чиқишини олдини олади.

Юқорида келтирилган фикрлар шамол энергиясидан фойдаланиш имконини берувчи механизм ва машиналарнинг янги рационал конструкцияларини лойиҳалаш ва уларни динамик таҳлилига бағишланган илмий-тадқиқот ишлари бўйича олиб борилаётган изланишлар долзарб ва зарурий эканлигини кўрсатади.

Шамол энергиясидан фойдаланиш тармоғини ривожлантириш эса мамлакатимиз иқтисоди, энергетик мустақиллиги ва экологик софлиги борасида ишлаб чиқилган ва амалга оширилаётган тадбирларга ўзининг салмоқли ҳиссасини қўшади.

I. ШАМОЛ ЭНЕРГИЯСИДАН ФОЙДАЛАНИШ АСОСЛАРИ

1.1. Мавжуд анъанавий энергия манбалари ва уларнинг экологик муаммолари

Инсониятнинг мавжудлиги ва унинг яшаш тарзининг ривожланиши ҳамиша энергия ишлаб чиқариш муаммоларини ҳал этилишини талаб қилиб келган ва у бугунги кундагидек ўзининг долзарблиги билан бу қадар муҳим аҳамият касб этмаган. Мана шундай изланишлар самараси ҳозирда мавжуд энергия захираларини топиш ва ундан унумли фойдаланишнинг бир қатор ютуқларини ҳам кашф этди ва у давом этмоқда. Бу изланишлар, айниқса, мавжуд энергия ишлаб чиқаришнинг асосини ташкил этаётган табиий энергия қазилмаларини тугаш хавфи ва улардан фойдаланишдаги табиий муҳит ифлосланишининг оқибатида сайёрамизнинг мумкин бўлган глобал ўзгаришлари жамоатчиликка аён бўлганидан сўнггина ўзининг янги даврини бошлади. Энергия танқислиги ҳақидаги фикрлар эса, кундан-кун ўз исботини топмоқда: нефть, газ, кўмир маҳсулотларининг нарҳи жаҳон бозорида, охирги ўн йилликларда бир неча баробар ортиб кетди, дунё ҳамжамияти, Бирлашган Миллатлар Ташкилоти ва бошқа бир қатор нуфузли ташкилотларнинг етарли далиллариға кўра ХХІ аср инсоният олдиға "Энергия очарчилигини" олдини олишдек муҳим бир муаммони кўндаланг қўймоқда [1], [2], [3]. Қуйида ернинг асосий энергия захиралари ҳақидаги зарурий қиймат кўрсаткичларини ифодаловчи 1.1-жадвалларда келтирилган [5], [35].

**Энергия захираларининг назарий-тахминий
қийматлари**

1.1(а)-жадвал.

Энергия турла- рининг тавсифи	Энергия турлари				
	Кўмир	Нефть	Таби- ий газ	Уран	Сув
Дунё миқёсидаги захиралари	6641200 млн. т	762000 млн. т	49900 млрд. м ³	761400 тон.	33·110 ¹² кВт
Тугаши мумкин бўлган вақти	2083-2306	1992- 2100	1994- 2115	1980- 2060	
Назарий қуввати 10 ¹² кВт	145800	10530	3240	547000	48
Техник қуввати 10 ¹² кВт	5184	1458	729	10900	22,5
2000 йида энергия нарҳининг 1980 йилга нисба- тан таҳмини ортга- ни	2,5	4,17	1,54	0,25	5,3

Илмий тадқиқот ишларини умумлаштирувчи институтларнинг 1.1-жадвалларидаги маълумотларнинг фарқ қилиши шундаки, уларнинг кўплаб масалага қандай ёндашганлигидадир. Уларнинг дунёнинг турли институтлари тамонидан тавсия этилган 8 хил варианты берилган [4-2].

Барча институтлар тамонидан органик ёқилғиларнинг тугаб бораётганлигини тасдиқлаш уларнинг умумийлигини белгилайди.

Энергия захираларининг назарий-тахминий қийматлари

1.1(б)-жадвал.

Мировые запасы энергетических ресурсов, млрд. т усл. топлива		
Источники энергии	Энергетические ресурсы	
	теоретические	технические
Энергия горючих ископаемых:		
- уголь	17900	637
- нефть	1290	179
- газ	398	89, 6
Атомная энергия	67200	1340
Энергия Солнца на поверхности Земли	81700	6140
Энергия ветра	21300	22
гидротермальные ресурсы	1350	147
Энергия течений	8. 6	0, 12
-приливов	3, 2	0, 86
биомасса: - органические отходы	2, 5	1, 23

Разработчик: пресп. каф. экологии Кирвель П.И.

Унга кўра асосий фойдаланаётган энергия миқдори кўмир ва нефть захираларига тўғри келади. Сув энергия миқдори эса жуда оз, ишлаб чиқарилаётган энергия миқдорининг тахминан 5% идан ошмаслигини кўрсатади.

Энергия захираларининг тугаши эҳтимоллиги, албатта, энергия танқислигини келтириб чиқариши табиий бир ҳол, аммо кишилиқ жамияти XX-аср бошидан унинг охирги йилларига қадар буюк кашфиётларга таянгани ҳолда улкан тараққиёт даврини босиб ўтдики, бу XXI аср

муаммоларини ҳам ҳал этилишига бўлган ишончини деярли шуҳбалардан ҳоли этади: юксак технологияларнинг яратилиши, машина-механизмларнинг такомиллашиши, энергия истеъмолининг юқори, тежамкор усулларини ишлаб чиқилиши каби улкан ўзгаришлар асрида яшаётганлигимиз, мутлақо, ишонарли. Бу эса гарчи янги энергия манбаларининг яратилиши муаммолигича қолаётган бўлсада, мавжудларининг тугаши эҳтимоллигини яна бир неча ўн ва ҳатто, юз йиллар олислигига улоқтириб ташлаши мумкин.

Аммо масаланинг яна бир бошқа ўта муҳим томони бор. Уни ҳал этиш қанчалик мураккаб бўлмасин, ўта зарур ҳамдир: мавжуд органик энергия моддаларининг истеъмоли сайёрамизнинг соф муҳитини мудҳиш оқибатларга олиб келиши мумкин, қуйида дунё олимларининг ушбу муаммо ҳақидаги фикрларини қисқача келтириб ўтамиз [5], [6], [7].

Ер шарига ҳар қандай табиий жараёнлар қуёш энергияси таъсирида юз бериши маълум. Қолаверса, бу жараёнлар иссиқлик алмашилишининг умумий қонунлари асосида юз беради. Демак, ҳар қандай табиий жараённинг юз беришига тўсқинлик қилувчи сунъий кашфиётлар миқёсига кўра атроф-муҳитнинг қандайдир тарзда бузилишига олиб келади. Бундан чиқадиган хулоса шуки, ҳар қандай энергия истеъмоли бу экологик муаммолар билан узвий боғлиқ бўлган жараёндир, шунинг учун улардан атроф-муҳитга сезиларли таъсир этмайдиган даражадагина фойдаланишнинг, фақатгина мақбул йўллари излаб топиш зарур.

Атом энергияси: бу тур энергия истеъмоли кўплаб мамлакатларнинг ҳозирги кундаги асосий энергия манбаси бўлиб келмоқда. Ундан фойдаланишнинг бошланғич даври-

да ҳозиргидек унга қарши кучли оқимлар пайдо бўлган эмас. Аммо 1979 йилги АҚШдаги Три-Майл-Айленд [8], 1986 йилги Чернобел ва 2010 йилдаги Япония АЭС ларидаги катта фалокат дунё олимларини у ҳақида янги изланишлар олиб боришини тақозо этмоқда. Оқибат, ҳозирги кунда бутун энергия ишлаб чиқаришининг кўп қисмини АЭС лар ҳисобига тўлдираётган Швеция (ялпи энергия миқдорининг 42.9 % ни), Швеция (59.8 %), Франция (60.2 %) [9], Белгия (59.8 %) каби ривожланган мамлакатлар атом энергетикасидан воз кечмоқда: улар келажакда АЭС қурилишларини тўхтатишни ва мавжудларини босқичма-босқич йўқотиб боришни кўзда тутмоқдалар [10], кейинчалик бу оқимга АҚШ (15.5 %) ҳам қўшилди. Биргина 1986 йилнинг ўзида мамлакат АЭСларида 3000 маротаба қурилмаларнинг ишдан чиққанлиги кузатилиб, улардан 678 тасида авария ҳолати ўта жиддий бўлганидан станцияларнинг иш ҳолати, ҳатто тўхтатилган [11]. News.rambler.ru нинг хабар беришича 2021 йилда АҚШ 45 йиллик Три-Майл-Айленд атом электр станциясининг иш фаолиятини тўхтатди. Сабаб қайта тикланувчи энергия манбаларининг долзарблиги ва АЭС га кетадиган ҳаражатларнинг юқорилигидир. Ушбу АЭС нинг 1-энергоблоги 1979 йилда авария ҳолати сабаб тўхтатилган эди.

Ҳозирги кунга келиб эса АЭС ларнинг кўплаб ноқулайликлари ҳам ечимини кутмоқда. Улардан:

1. Уран моддасини қазиб олиш, уларни ташиб келтириш, сақлаш;
2. АЭСларнинг ишончилигини кафолатлашни замон фани, ҳозирча уддалай ололмаётганлиги;

3. АЭС чиқиндиларининг 100, 1000 йилларга қадар махсус контейнерларда сақлаш зарурлиги-Тинч океанидаги кўплаб оролларда ҳосил бўлган "Радиоактив мозорлар" уюмининг доимий хавфи;

4. Дастлабки қурилиш ва уларни ҳар 25-30 йилда қайта таҳмирлаш учун кўп маблағ талаб этилиши;

5. Ҳар 1000 кВт энергия ишлаб чиқариш учун 5 млн. м³ сув миқдорининг талаб этилиши;

6. Совутиш вазифасини ўтовчи сув миқдори орқали иссиқликнинг атроф-муҳитга юқори суратда тарқалиши ва уни ҳудуднинг муҳим иссиқлик муозанатига кўрсатадиган ўта зарарли таъсири каби қатор муаммолар шулар жумласидандир [12].

Кўмир, нефть, газ энергияси: ушбу энергия турларининг ёқилғи тарзида ишланиши чиқиндилар уюмининг пайдо бўлиши, атроф муҳитга углерод(IV)-оксидининг кўп миқдорда тарқалиши оқибатидаги атмосферада ҳосил бўлувчи "Парник эффекти"нинг ер шари глобал ҳароратнинг орттириб юборишидан келиб чиқувчи муаммолари билан боғлиқ. Масалан, 10^{12} Ж энергия миқдори учун кўмрдан 89 тонна, нефтдан 71 тонна, газдан 51 тонна, углерод (IV)-оксиди газини атроф-муҳитга тарқалади. Ҳисобларга кўра [13] тахминан 2025 йилга бориб дунё миқёсида, айнан, мана шу ёқилғилар ҳисобига атмосферага тарқалиши мумкин бўлган углерод(IV)-оксиди газининг миқдори $48,5 \cdot 10^9$ тоннани ташкил қилиши мумкин экан. Бу ҳолат эса ўз навбатида сайёра глобал ҳароратининг ўртача қийматини $5,6^{\circ}\text{C}$ га қадар ортишига олиб келади. Оқибат сув сатҳининг кўтарилиши, сув билан таъминлашда аккумуляция вазифасини ўтовчи тоғ музликларининг

камайиши каби мудҳиш ўзгаришларга сабаб бўлиши мумкин. Жумладан, ушбу мавзуга А.Д. Сахаров XX-аср охирларидаёқ "Углерод(IV)-оксидини камайтириш ечимини кутаётган халқаро муаммодир" деб таъкидлайди. Бугунги кунимизда ушбу газни атмосферадан йиғиб олиш дунёнинг глобал муаммолари қаторига киритилган. Биргина кичик мисол тариқасида кейинги ўн йилликларда Касбий денгизининг сатҳи 1,5 м масофага ортганлиги ҳақида тадқиқотчилар маълумот беришиб ва у келгуси ўн йилликларда яна 2,5 м га ортишини башорат қилаётганликларини келтириш мумкин.

Гидроэнергия: бу тур энергия турларидан фойдаланиш сув ҳавзаларини бунёд этиш билан боғлиқ эканлигидан, уларнинг халқ хўжалигида қулланилиши атроф-муҳит иссиқлиги мувозанатини ўзгартириб юборишига, экин майдонларининг мелеоратив ҳолатларини издан чиқариши каби салбий оқибатларга олиб келмоқда [14].

Юқоридаги фикрлар энергия танқислиги ва экологик муаммолар башарият олдида кундан-кунга қад ростлаётганлигини ва олимлар олдига **экологик соф бўлган, қайтатикланувчи, туганмас энергия** турларини ўзлаштириш вазифасини қўяётганини кўрсатади.

1.2. Шамол-энергия манбайи

Шамол қурилмаларининг мақбул турларини яратишда уларнинг ҳаракатлантирувчи манбайи бўлган шамол ва унинг тавсифлари ҳақида етарли маълумотларни келтириш зарур [22]. Улар билан танишиб чиқайлик.

Шамол - ҳаво зарраларининг горизонтал ҳаракатидир. У қуёш ер юзининг турли нуқталарини нотекис иситиши ва

шу асосида ҳароратлар фарқининг ҳосил бўлиши эвазига юзага келган босимлар фарқи натижасида пайдо бўлади. Босимлар фарқининг катта-кичиклиги шамолнинг кучини, шамол ҳудудининг кенглигини, сингиб бориш узунлигини белгилайди. Мана шу хусусиятга кўра шамол ер шарининг кутблари орасида юзага келувчи циклонлар (антициклонлар), шунингдек, айрим кенгликлар орасида ҳосил бўлувчи маҳаллий тавсифга эга бўлиб, иссиқлик алмашилиш вазифасини ўтовчи табиий жараёндир.

Шамолни тавсифловчи кўрсаткичлари- метеорологияда шамолнинг турли тавсифлари текширилади, лекин бу ерда биз унинг қурилмага механик таъсирини юзага келтирувчи айрим кўрсаткичлари билангина чекланамиз.

Шамолнинг йўналиши - горизонтнинг шамол эсаётган томони. У градус ёки румб билан белгиланади, бунда бурчак меридианнинг шимолий йўналишидан бошлаб ҳисобланади. Шамол йўналишининг бирор давр оралиғида ўзгаришига кўра оний, кунлик, фаслий бўлиши мумкин.

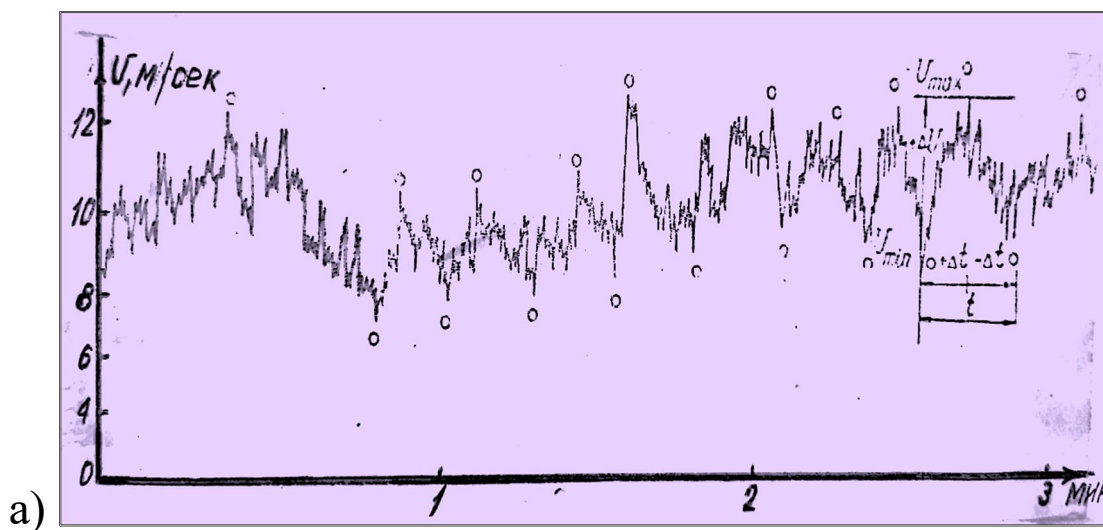
Тезлик - вақт бирлиги ичида ҳаво зарраларининг қандай масофага силжишини кўрсатувчи катталиқ (м/с). Шамолнинг тезлиги, унинг кучини белгиловчи асосий кўрсаткичидир. Қуйидаги 1.2.1-жадвалда шамол тезлигининг тавсифли интерваллари ҳақида маълумотлар келтирилган.

Шамол тезлиги вақт бирлиги ичида ўзгарувчан бўлиб, тасодифий қийматларни қабул қилади. 1.2.1-шаклда осциллограф ёрдамида ёзиб олинган шамол тезлигининг вақт бирлиги ичида ва ойлар мобайнида қандай тавсифда ўзгаришини кўрсатувчи график келтирилган [28].

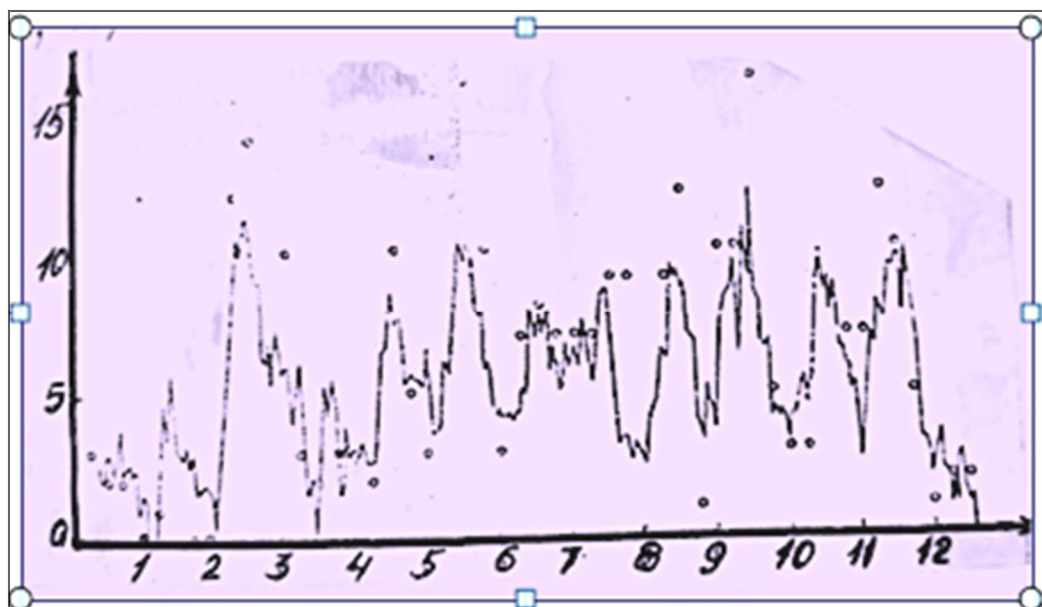
Шамолнинг тавсифий интерваллари

1.2.1-жадвал.

Шамол тавсифи ва унинг ташқи аломатлари	бал л	м/с	г/м ²
Тўлиқ шамолсиз ҳолат: дарахт барглари ҳаракатсиз	0	0,5	0,03
Осойишта шамол: тутун бироз оғади	1	1,7	0,04
Енгил шамол: барглар сезиларли ҳаракатланади	2	3,3	1,4
Кучсиз шамол: дарахтнинг новдалари тебранади	3	5,4	3,4
Сезиларли шамол: кучсиз чанг кўтарилади	4	7,9	6,9
Еқимли шамол: дарахт шохлари ғимирлайди	5	10,7	12
Кучли шамол: дарахтларнинг шохлари тебранади	6	13,8	19,2
Сезиларли кучли шамол: дарахт ўзаклари тебранади	7	17,1	28,8
Ўта кучли шамол: ингичка шохлар синади	8	20,7	41,4
Бўрон: дарахтлар синади	9	24,4	57,8
Кучли бўрон: дарахтлар илдизларидан кўчади	10	28,4	78,8
Ўта кучли бўрон, довул: бинолар йиқирилиши мумкин	11	32,6	105



б)



1.2.1-шакл: Шамол тезлигининг вақт бирлиги (а) ва ойлар ичида (б) ўзгаришини кўрсатувчи графиклар (Ховос).

Техник ҳисобларда кўпроқ унинг ўртача тезлиги ($v_{\text{ўр.}}$) қўлланилади:

$$v_{\text{ўр.}} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \quad (1.2.1.)$$

Бунда, n -ўлчашлар сони, $\sum_{i=1}^n v_i$ -шамол тезлигининг ўлчанган n та қийматининг йиғиндиси. Унга кўра шамолнинг йиллик, фаслий, ойлик, кунлик каби ўртача тезликлари бўлиши мумкин.

Шамолнинг тезлиги билан боғлиқ бўлган яна бир хусусияти унинг шиддатидир (шквал). У икки дақиқа мобайнида юз берган шамолнинг энг катта тезлигини, унинг шу вақт мобайнидаги ўртача тезлигига бўлган нисбати билан ўлчанади.

$$K = \frac{v_{\text{max}}}{v_{t=2}} \quad (1.2.2)$$

Бунда, $v_{\max}$ —шамолнинг икки дақиқа мобайнидаги энг катта қиймати, $v_{t=2}$ —шамолнинг икки дақиқа мобайнидаги ўртача қиймати

Коэффициентнинг 4 дан юқорилиги шамолнинг кучли шиддатга эга эканлигини кўрсатади.

Сапчиш-шамолнинг тезлиги ва йўналишининг бир неча дақиқа мобайнида ўзгариб туришидир.

Шамолнинг энергетик кўрсаткичларини келтирамиз [22].

Айтайлик 1- ва 2-чегараларда босимлар мос равишда P_1 ва P_2 бўлиб (1.2.2-шакл), энг паст босимли нуқтадан улар орасигача бўлган масофани L_1 ва L_2 деб олайлик. Агар босимлар (ΔP) ва масофалар (ΔL) фарқини белгиласак,

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_2 - P_1 \\ \Delta L &= L_2 - L_1\end{aligned}\tag{1.2.3}$$

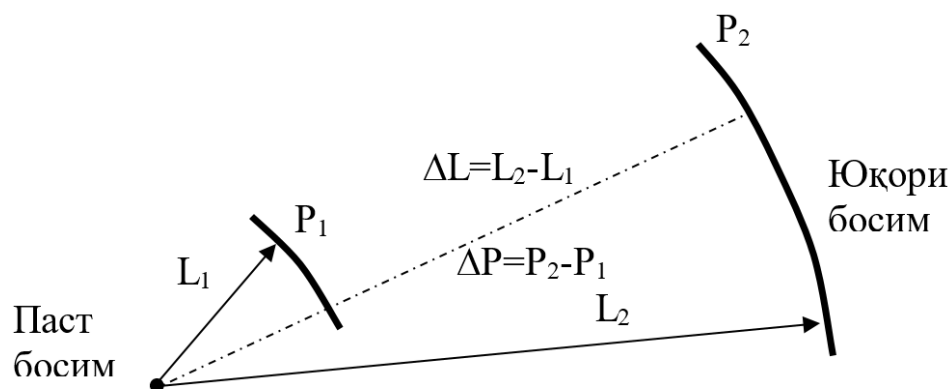
метрологиядан маълум бўлган босимлар градиенти деб аталувчи катталиққа эга бўламиз:

$$\Gamma_p = \frac{\Delta P}{\Delta L}\tag{1.2.4}$$

У ҳолда ҳаво заррачаларининг ҳаракатлантирувчи кучи F босимлар градиенти Γ_p ни ҳавонинг бирлик массаси ρ га нисбати билан ўлчанади:

$$F = \frac{\Gamma_p}{\rho} = \frac{\Delta P}{\Delta L \cdot \rho}\tag{1.2.5}$$

(1.2.5) тенгликка кўра айтиш мумкинки, босимлар фарқининг катталиги ҳаво заррачаларига таъсир этувчи кучнинг шунчалик катта бўлишига, яъни шамол тезлигининг ортишига сабаб бўлади.



1.2.2.-шакл. Ҳаво заррачаларининг ҳаракатлантирувчи кучини ҳисобига доир

Тезлиги v бўлган шамолнинг S юзадан оқиб ўтувчи энергия қийматини ҳисоблайлик: унинг кинетик энергияси

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (1.2.6)$$

бўлса, вақт бирлиги ичида оқиб ўтувчи ҳаво массаси m ни

$$m = \rho \cdot S \cdot v \quad (1.2.7)$$

деб белгилаб, якуний кўринишини топамиз:

$$E = \frac{\rho \cdot v^3 \cdot S}{2} \quad (1.2.8)$$

Бу ерда, $\rho = 1,23$ кг/м³ - нормал шароитдаги ҳаво зичлиги.

Шундай қилиб шамолнинг кинетик энергияси унинг тезлигининг кубига пропорционал бўлади.

Шамол тезлигининг вертикал градиенти-ҳаво заррачаларининг ҳаракати вақтида уларга босимлар градиенти ҳосил қилган куч билан бирга ер юзига яқин баландликларда ишқаланиш кучи қаршилик кўрсатади. Қаршилик кучи юқорига қадар камайиб, у 500 м баландликка етганида сезиларлигини йўқотади. Бу шамол тезлигини баландликка қараб ортиб боришини кўрсатади. У тезликларнинг верти-

кал градиенти билан характерланиб, қуйидаги қонуният билан ўзгаради:

$$v = v_1 \frac{\lg \frac{h}{h_0}}{\lg \frac{h_1}{h_0}} \quad (1.2.9)$$

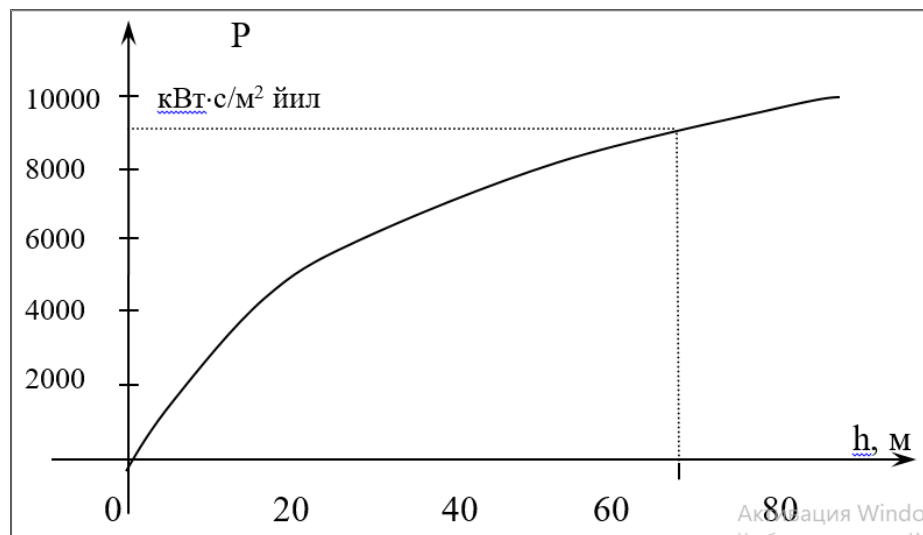
бунда: v - h баландликда ўлчаниши керак бўлган шамол тезлиги, v_1 - h_1 баландликда ўлчанган шамол тезлиги, h_0 -шамол тезлиги нолга тенг бўлган баландлик, у кўп ҳолларда тахминан 0,20 м га тенг бўлади.

1.2.3-шаклда шамол энергияси оқими зичлигининг баландлик бўйича ортиб боришини кўрсатувчи график келтирилган.

Республикамиз шамол ҳудудлари маҳаллий характерга эга. Маҳаллий шамоллар эса, асосан "Намли"(бриз) ва тоғводий шамолларидан иборат бўлади.

Намли шамол - бу шамол йўналиши кунлик ўзгарувчан тавсифга эга бўлиб, сув ҳавзалари билан қуруқлик ўртасидаги конвекция ҳодисасига асосланади. Кундузи сув ҳавзасига нисбатан қуруқлик ҳарорати тез кўтарилиши натижасида шамол сувликдан қуруқликка қараб эсади, тунда эса аксинча, қуруқлик сувликка нисбатан ўз ҳароратини тез тарқатиши эвазига шамол йўналиши қарама-қарши йўналишни олади.

Сув ҳавзасининг катта-кичиклигига боғлиқ ҳолда шамолнинг баландлиги 200-300 м га қадар етиши мумкин. Қуруқлик майдонлари ва сув ҳавзалари орасидаги ҳароратлар фарқи кундузи тунгига нисбатан катта ($\Delta t_{\text{кун}} > \Delta t_{\text{кеч}}$) эканидан шамол кундузи кучли бўлиши кузатилади. Сингиш чуқурлиги қуруқлик бўйлаб 20-40 км, сувликка томон эса 8-10 км дан ошмайди.



1.2.3-шакл. Юза бирлигидан оқиб ўтувчи шамол энергияси потенциалининг баландликка боғлиқлиги (Фин кўрфази, $v_{\text{йил.ўр.}}=8.4$ м/с)

Республикамиздаги Кампир-Равот шамоли, Орол бўйи каби ҳудудлар шамоллари шу тариқа юзага чиқади [29].

2. Тоғ-водий шамоллари-йўналишининг ўзгариши кунлик тавсифга эга. Кундузи тахминан соат 9 дан бошла-ниб, то қуёш ботгунга қадар водийдан қияликка томон, тун-да эса қарама-қарши йўналишда, тепаликдан водийга томон эсади. Вертикал бўйлаб баландлиги 1 км дан ошмайди. Тоғ шамоли водий шамолига нисбатан кучсиз бўлади.

Республикамиздаги Фарғона водийсини ўраб турувчи тоғ тизмаларининг ёнбағирларига жойлашган Косонсой, Оҳангарон, Шоҳимардон ва бошқа кўплаб шамол ҳудудлари мана шундай тавсифга эга. Тоғ водийси шамолининг тезлиги водийнинг узунлиги L , водийдан чиқиш йўлининг кенглиги S ва унинг қиялик бурчаги α^0 га боғлиқ бўлади [59]. Уларнинг максимал тезлик қиймати ер юзида $12 < L < 18$ ораликда, умумий оқимда эса $7 < L < 10$ ораликда юз беради.

Чет эл тажрибасидан олинган ва ҳозирги кундаги эришилган илғор тадқиқотлар [18], [19], [20], [21] ва бошқа адабиётларда кўрсатилган маълумотларга кўра, шамолнинг ўртача йиллик тезлиги $v=3$ м/с ва ундан юқори бўлганида қурилмалар иқтисодий самара бериши исботланган. Шу маълумотларга таянган ҳолда, Ресублика гидрометие-рология марказидан 1992-1994 йилларда олинган айрим шамол ҳудудлари ҳақидаги 1.2.2-жадвални келтирилган.

Республиканинг метостанциялар жойлашган шамол
ҳудудлари

1.2.2-жадвал.

Вилоят	Метостан- ция	Ўй.ўр.	Вилоят	Метостанция	Ўй.ўр.
Қора- Қалпоқ АР	1. Чурчук	4,7	Бухоро	13. Когон	3,1
				14. Қорақўл	3,1
				15. Аяк-Агитма	4,2
	2. Ак-Тумсуқ	5,2		16. Томди	3,4
	3. Тигровий	4,6		17. Наримончи	3,1
	4. Қўнғирот	3,5		18. Бухоро	3,8
	5. Мўйноқ	4,7	Жиззах	19. Жиззах дов.	5,1
	6. Хўжайли	3,2	Сурхон-дарё	20. Шўрчи	3,4
	7. Нукус	3,9		21. Шеробод	3,7
	8. Чимбой	3,6		22. Термиз	3
	9. Тўртқўл	3,7	Сирдарё	23. Хавос	4,3
Хоразм	10. Мушқудуқ	4	Тошкент	24. Оқ-қовоқ	3,8
	11. Бўзабой	3,1		25. Бекобод	5
	12. Урганч	3,6	Андижон	26. Кампир-Равот	3,6

1.3. Шамол энергиясидан фойдаланишнинг қисқача тарихи ва бугуни

Кишилиқ жамиятида шамол энергиясидан жуда қадимдан фойдаланилиб келинган. Биринчи шамол қурилмаси эрамиздан аввалги II-асрда Персияда қурилган. Бу содда конструкцияли қурилма фақат дон янчиш ишларидагина қўлланилган [7].

XI-асрда яқин шарқ мамлакатларида ва кейинроқ, яъни XIII-асрда Европада кенг фойдаланила бошланди. XIV-асрда шамол тегирмонларини ривожлантиришда Голландия етакчилиқ қила бошлади. Мамлакатда 1610-йилларда ҳар бири 37 кВт қувватга эга бўлган 26 та шамол двигатели ёрдамида Бесисмер худуди ботқоқлигини қуришда фойдаланилган. XIX-аср ўрталарига келиб эса Голландияда 9 минг шамол двигателидан турли мақсадларда фойдаланилган.

XX-аср бошларига келиб дунёда шамол қурилмаларидан фойдаланиш кескин пасайди ва у кўплаб ривожланган мамлакатларда юз берган 1970-йиллардаги иқтисодий таназзул даврига қадар давом этди. Бу даврга келиб дунё бозорида ёқилғи баҳосининг кескин ортиши, атроф-муҳитнинг ифлосланиши оқибатларига бўлган илмий ёндашишнинг ютуқлари мунтазам тикланувчи, жумладан, шамол энергиясидан фойдаланиш борасидаги янги йўналиш даврини очиб берди.

Ҳозирги давримизга келиб шамол энергиясидан фойдаланишга ер юзининг барча қитъаларида катта қизиқиш билан қаралмоқда. АҚШ, Англия, Франция, Голландия, Дания, ҲХР, Россия, Канада, Швеция ва бошқа бир қатор мамлакатлар шулар жумласидандир. Янги Зеландия, Ав-

стралия, Филиппин мамлакатлари учун эса яқин йилларда бу тур энергия манбайи мамлакат энергетика сиёсатида муҳим босқичга чиқиши кутилмоқда.

Юқорида тилга олинган мамлакатларда шамол энергиясини ўзлаштириш бўйича узоқ муддатга мўлжалланган миллий дастурлар мавжуд. Бу масалада жаҳон энергетика конгресси (МИРЭК) ҳам 2020 йилгача бўлган давр учун халқаро дастурини ишлаб чиққан эди [8].

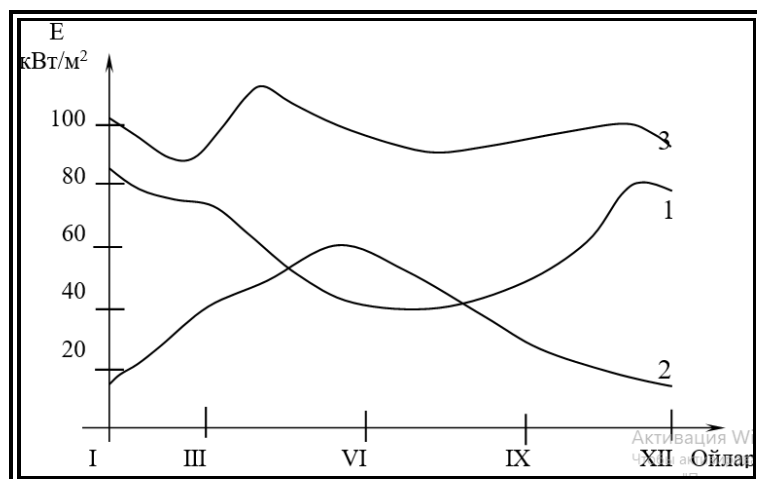
ЮНЕСКО ва МИРЭК нинг тўла бўлмаган маълумоти-га кўра дунёнинг 63 та мамлакатада бу йўналишда ишлаб чиқилган дастурларда, фақатгина илмий тадқиқотлар олиб бориш учун 1991 йилда 500 млн. долл. маблағ сарф этилган. Ундан 60%и АҚШ мамлакатига тўғри келади [9]. Бугунга келиб 2020 йилда дунёда 733 ГВт электро энергия ишлаб чиқарилмоқда ва ҳозирги кунга келиб шамол энергиясидан фодаланишнинг тўрт йўналиши такомиллашиб бормоқда:

- а) қурилмаларнинг умумий тармоқлар тизимида қўлланилиши;
- б) автоном тартибда ишлаши;
- в) қуёш ва бошқа ноанъанавий бўлган энергия тармоғи билан биргаликда қўллаш
- г) Сувни кислород ва водородга ажратиш йўналишлари шулар жумласидандир.

1.3.1-шаклда Англиянинг Аберпорт станциясида олиб борилган тадқиқотлардан бири бўлган шамол ва қуёш энергиясини ягона тизимда қўлланилишининг мақбуллигини кўрсатувчи энергетик график келтирилган [60].

Қурилмалар қувватига кўра кичик, ўрта, йирик ва ўта йирик классларга бўлинишлари мумкин (1.2а-шакл).

Шамол энергетик станциялари кичик қувватли қурилмаларни ягона тизимга улаш йўли билан, шунингдек, юқори қувватли қурилмаларнинг алоҳида иншоотларидан иборат бўлиши мумкин.



1.3.1-шакл. Англиянинг Аберпорт метостанциясидаги шамол (1) ва қуёш (2) қурилмаларининг ўртача ойлик энергиясининг йиғинди миқдори (3) ни кўрсатувчи графиклар

1.3.1(а)-шаклда Россиянинг Фин бўғозидаги ва 1.3.2(б)-шаклда АҚШнинг Калифорния штатидаги шамол қурилмалари фермасининг умумий кўриниши тасвирланган.



1.3.3(а)-шакл. Қуввати 15МВт ли ШЭС. Фин кўрфазида.



1.3.3(б)-шакл. Шамол қурилмалари мажмуаси. АҚШнинг Калифорния штати.

1.3.1. – Жадвал: Шамол агрегатлари қувватига кўра қуйидагича классификацияланади



Параметры ВЭУ различной проектной мощности при скорости ветра 12 м/с			
Класс ВЭУ	Расчетная мощность, КВт	Диаметр ветроколеса D, м	Период вращения T, с
Малые	10	6,4	0,3
	25	10	0,4
Средние	50	14	0,6
	100	20	0,9
	150	25	1,1
Большие	250	32	1,4
	500	49	2,1
	1000	64	3,1
Сверхкрупные	2000	90	3,9
	3000	110	4,8
	4000	130	5,7

1.3.2-шакл. Агрегатларнинг ишлаб чиқариш қувватига кўра классификацияланиши

Фойдаланилиши жиҳатидан шамол қурилмалари қуйидаги тармоқларга бўлиниши мумкин [7]:

- а) электр энергия ишлаб чиқариш;
- б) сувни кислород ва водородга парчалаш;
- в) қудуқлардан сув тортиш;
- г) қишлоқ хўжалиги, чорвачиликда ва бошқа соҳаларда қўлланилиши мумкин бўлган механизмларни тўғридан тўғри ишга тушириш.

Қуйида хорижий мамлакатларда мавжуд бўлган баъзи қурилмаларнинг техник тавсифларини кўрсатувчи 1.3.2-жадвални келтирамиз.

1.3.1-жадвали. Баъзи хорижий мамлакатларда ишга туширилган шомол қурилмаларининг

техник характеристикаларини келтирамыз

Мамлакат, тайёрловчи фирма	Қувват, кВт	роторнинг диаметри, м	Ҳисоб (улаиш/ўчириш) теалиги*, миль/соат	Норматив теалиги миль/соат	Мос қувватга тўғри келувчи эгрезгилар соми
АҚШ: Flowind (ротор Дарье) ENERTECH FAYETTE U. S. WINDPOWER ENERGY SCIENCES, INC. WIND POWER SYSTEMS (2- парракти)	150; 250 40; 60 75; 95; 250 50; 100 50; 55; 80; 200 40	16,8; 18,6 13,2 9,9; 10,8 16,8 16,2; 16,2; 24 11,7	12/60; 14/60 8/50; 10/60 12 12/44 11/55 11/60	38 30; 35 40; 37; 35 35 30; 40; 37; 36 30	148; 21 168; 36 222; 1198; 30 27; 3401 106; 96; 109; 1 35
Дания: HOLEC/WINDMATIC MICON NORDTANK WESTAS DANREGN VIND KRAFT/ BONUS	65 60; 108 65 65; 100 65; 120; 150	14,4 15,6; 19 15,6 15; 16,8 15; 19,1; 22,8	12/56 9,8 8 7/50; 8/62 9/67	35 34; 30 30 34; 42 40	26 221; 23 23 2; 200 211; 250; 100
DANWIN DANISH WIND TEHNOLOGY ALTERNEGY/AEROTECH WIND WORLD	110 340 75 100	18,7 30,3 15,3 19,3	7,8/67 12/56 8,6/66 8,9/66	30 30 30 27	25 3 4 5
Голландия: HOLEC/POLENKO Шотландия: HOWDEN	100 300; 750	18,7 30,6; 44,7	14/67 11/55; 12/58	31 27; 29	12 85; 1
Бельгия: HMZ-WIND-MASTER Германия: BSW/WAGNER (Англия) W.E.G.	75; 200; 250; 300 65; 80 250	21,6; 22,8; 24,6 16,8; 18 24,6	10/50; 11/50; 11/56 8/67 11/56	20; 33; 32; 34 30 30	5; 129; 30; 15 15,8 20

Хорижий мамлакатларда ишлаб чиқарилган шамол энергетик қирулмаларининг йиғилган маълумотларига кўра қуйидаги мулоҳазаларни келтириш мумкин [10], [11], [12]:

1. Шамол агрегатлари ротори қанотларининг диаметрлари 1,8 м дан 130 м гача мавжуд;

2. Агрегатнинг ишлаб чиқарувчи қуввати бугунги кунда 0,3 кВт дан 1000 МВт гача бўлиб, улардан энг кўп қўлланиладиган турлари ўрта қувватли, яъни 10 кВт дан 100 кВт гача бўлган агрегатлардир;

3. Кейинги йилларда ишлаб чиқаришнинг юқори технологияларга эга бўлган мамлакатларда геговатт қувватли агрегатларни ишга тушириш оммалашиб бормоқда.

4. Агрегатларнинг ишлаши мумкин бўлган шамол тезлигининг энг катта қиймати 30 м/сек. дан ортмайди, шунга қарамай агрегатларнинг мустаҳкамлиги шамолнинг 80 м/сек. гача бўлган тезликларига нисбатан ҳисобланмоқда

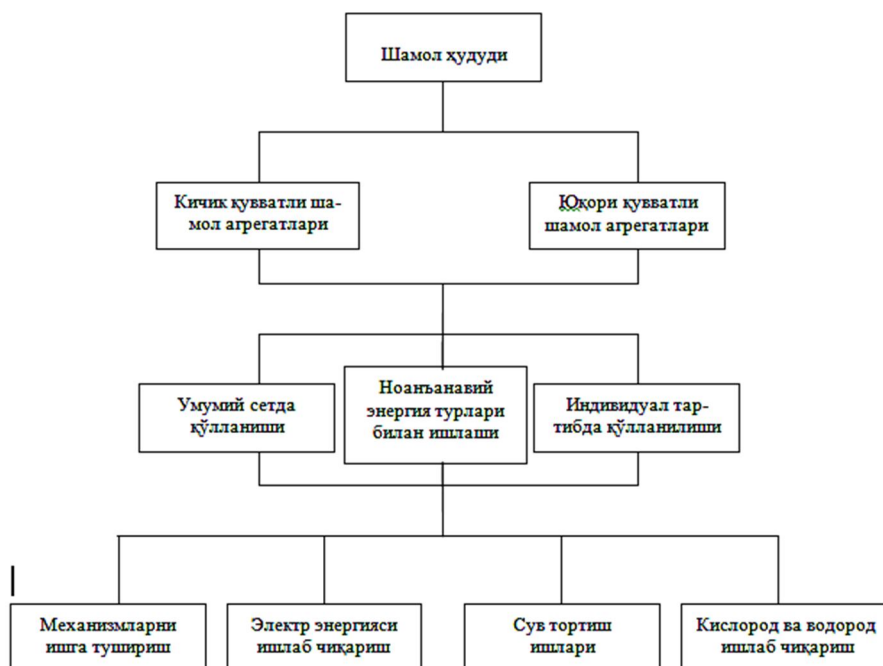
5. Пропеллер шамол йўналишига мослаштирилувчи “Дум-флюгер” ёрдамида ёки автоматик бошқарилади. Шамолнинг юқори тезликларида пропеллерни автоматик тарзда ишчи ҳолатидан чиқариш механизмлари ёрдамида бошқарилади.

Юқоридагиларга асосланиб, фойдаланиш тармоқларини 1.3.4-шаклда кўрсатилганидек тахминий тизим кўринишида ифодалаш мумкин.

1.3.5-1.3.10-шаклларда турли мақсадлар учун мослаштирилган, хорижий мамлакатларда ишга туширилган шамол қирулмаларининг умумий кўринишлари тасвирланган.

"Андро" тизимли шамол қирулмаси француз инженери Андро томонидан тавсия этилиб, англияликлар томонидан

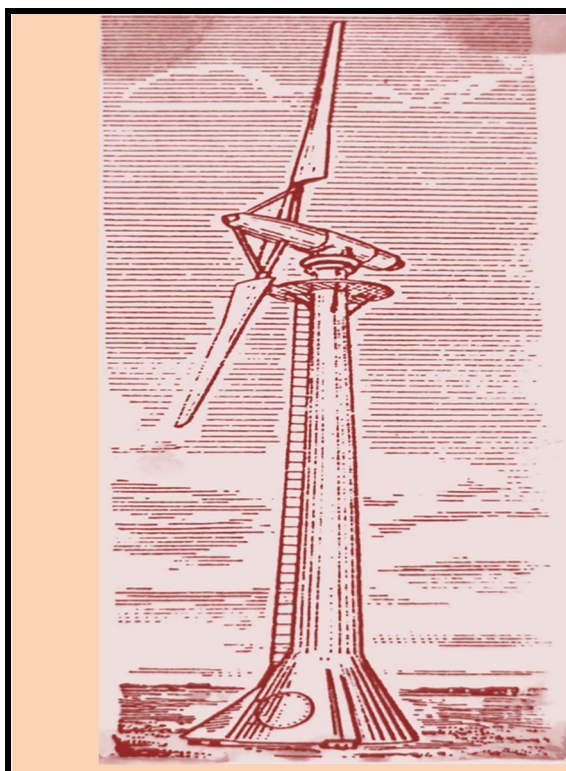
қўлланилган. Унинг диаметри 24 м бўлиб, максимал ишлаб чиқарувчи қуввати 100 кВт ни ташкил этади (1.3.5-шакл).



1.3.4-шакл. Шамол энергиясидан фойдаланишдаги турли тармоқлар тизими

"Кренфилд" шамол электр станцияси ҳам Англияда қурилган. Унинг диаметри 10 м, шамол тезлиги 8,3 м/с бўлганида ишлаб чиқарувчи қуввати 10 кВт га етади (1.3.6-шакл).

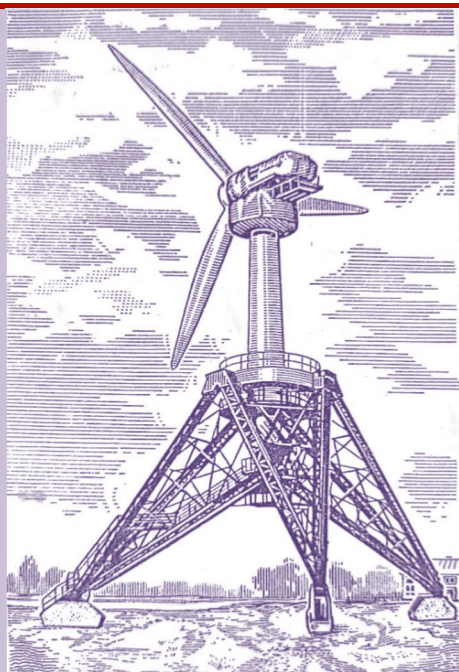




1.3.6-шакл. Қуввати
10 кВт ($D=10$ м)
бўлган «Кренфилд»
номли
шамол электр ишлаб
чиқариш қурилмаси
(Англия).

1.3.7-шаклдаги қурилма эса Францияда қурилган.
Унинг қуввати 650 кВт тенг.

1.3.8-шаклда Фойдали иш коэффициенти энг юқори
бўлган қурилма. Германида ишга туширилган



1.3.7-шакл. Қуввати 650 кВт га
тенг қурилма. Франция.



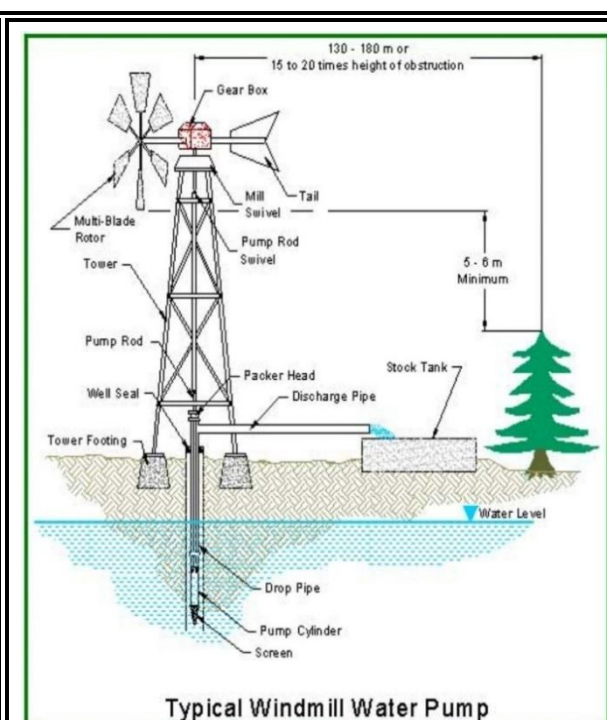
1.3.8-шакл. Гровиан-1 ШЭС-
нинг умумий кўриниши
 $D=100$ м, $N=3$ МВт,
Германия

1.3.9-шаклда сув тортиш қурилмаларидан "Беркут"(Россия)

У йиллик ўртача шамол тезлиги 4 м/с ва ундан юқори бўлган шамол ҳудудларида сув тортиш учун мослаштирилган. У ўртача йиллик шамол тезлиги 3 м/с дан юқори бўлган ҳудудларда ишлаши мумкин. Улар соатига сув чиқариш чуқурлигага кўра 25 м³ дан 12000 м³ гача ҳажмдаги сувни тортиб чиқриши мумкин ва 10 км масофагача етказиб бера олади, ишлаш даври 50 йилгача бўлиши мумкин [13].



1.3.9(а)- шакл: Сув тортиш насоси станцияси



1.3.9(б): Сув тортиш станцияси тизимининг схемаси

Сувни кислород ва водородга парчаловчи қурилма 1.3.10-шаклда кўрсатилган. У тажриба сифатида биринчи бўлиб Истра шахрида 1950 йиллардаёқ ишга туширилган. Унинг қуввати 100 кВт га тенг бўлган.



1.3.10-шакл. 100 кВт лик сувни кислород ва водородга синтез қилиш агрегати

1.3.2-жадвалда сув тортиш агрегатининг ротор диаметрига боғлиқлиги кўрсатилган.

Бу қурилмалардаги электролизерларнинг ва водородни сақловчи мосламаларнинг нархи қиммат бўлишига қарамай, ҳозирда Аляскадаги бир ҳудуд (АҚШ) бундай иншоот ёрдамида электр билан таоминланмоқда. Келгусида 1900 кВт қувватга эга бўлган водородли шамол қурилмасини ўрнатиш кўзда тутилган (1.3.10-шакл) [14].

1.3.2-жадвал: Шамолнасоси ишлаб чиқаришининг баландликка ва ротор диаметрига боғлиқлиги

Ротор диаметри, м	Сувни кўтариш баландлиги	Насоснинг самарадорлиги
2,4	60	570
	35	990
	20	1 780
	15	2 765
	10	3 975
	6	6 435
	3	12 500

3,6	1 30	570
	80	990
	50	1 780
	30	2 765
	20	3 975
	12	6 435
	7	12 500
4,8	310	570
	185	990
	110	1 780
	70	2 765
	50	3 975
	30	7 435
	15	12 500
6,0	370	1 140
	185	2 445
	80	5 225
	40	11 360
	15	33 335
	5	92 365
	1	533 750

Мутахассисларнинг такидлашича, бундай қурилмаларнинг ф.и.к. 10% гагина етишига қарамай, водородли шамол қурилмалари келгуси асрнинг иншоотларидан бири эканини такидлашади [15].

1.3.11 ва 1.3.12-шаклларда сўнгги йилларда ишга туширилган, дунё миқёсида кенг қўлланилаётган охирги авлод қурилмаси ва улар ёрдамида қурилган шамол-водород агрегатлар парки келтирилган. Бу иншоот Россиянинг Жанубий-Урал Давлат университети олимлари тамонидан ишлаб чиқилган. Қурилманинг илғорлиги шундаки, у шамол энергиясини электр энергисига ўзгартирибгина

қолмай, ортиқча энергияни электролиз ёрдамида водород элементи сифатида аккумуляция қилади ва зарур вақтда уни яна электр энергиясига айлантиради – водород кислород билан электрохимик реакцияга киришади [16].



Жанубий Урал Давлат университети олимлари тамонидан лойиҳаланган агрегат 10.10.2019 й.

Қурилма оғир иқлим шароитларда, масалан Арктикада ҳам ишлаши мумкин.



Улан–Удедаги шамол агрегатлари парки

Дунё шиддат билан рувожланиб бормокда. Асримизнинг эллагинчи йилларига бориб сайёрамиз аҳолиси 9,5 миллиардга етиши кутилмокда. Бугуннинг ўзида ер шари аҳолисининг учдан икки қисми тўйиб овқатланишдан, тўйиб сув ичишдан маҳрум. Юқорида эсга

олинган уч Глобал муаммонинг ечими энергия таъминоти билан узвий боғлиқ эканини бутун жамоатчилик тушиниб турибди. *Шу нуқтаи назардан энергия ишлаб чиқаришнинг экологик соф, туганмас, қайта тикланувчан манбаларини ўзлаштириш бугунги замондошимизнинг муҳим вазифаси ҳисобланади. Яшил энергия манбаларининг ҳар қандай кўринишидан ва ҳар қандай ҳажимда бўлмасин ўзлаштириш катта муаммоларимизнинг оддий калити бўлиб ҳизмат қилиши мумкин. Дарҳақиқат, яқин келажакда энергия том маънода маблағдан устун бўла бошлайди.*

1.4. Шамол электр станцияларининг авария ҳолатларидаги муаммолари

Шамол агрегатларининг долизарб муаммоларидан яна бири бу уларнинг кулаши ва ёнғин муаммосидир. Айниқса пропеллер типдаги роторларнинг ишчи юзалари эркин режимда ҳам шамол босимидан қутилмайди, шамол тезлигининг оний ўзгаришлари уларнинг қанотларини дойимий тебратиб туради. Бу эса уларнинг ишлаш муддатини (долговечность) қисқартиради. Ёнғин чиқиш ҳоллари эса агрегатларнинг генератор тизимларидаги, уларни автоматик бошқарув механизмларининг қатор камчиликлари сабаб юз бермоқда.

Бир йил мабойнида АҚШ да 5 та авария содир бўлди: Бразилиянинг GM компаниясига қарашли ШЭС сининг минораси иккига бўлиниб йиқилди. Ўша кунларда қуввати 1,7 МВт бўлган Ventos de Sao Climente ШЭС ҳам кулаб тушда. Шу йил яна ўша GM компаниясининг 65 МВт ли Chisholm Vev 2 нинг 3 та ШЭС тагидан узилиб кетди. Сўнги

авария Delta 6 ШЭС да юз берди, лекин унинг иш фаолияти орадан бир йил ўтиб тикланди.

Бразилиянинг ШЭС ларини ишлаб чиқариш билан шуғуланувчи RDS Enerjiya компаниясининг изоҳ беришича, авария ноананавий характерга эга, чунки агрегат 300 км/соат (83 м/с) тезликдаги шамолларга ҳисоб қилинганлигини таъкидлаган.

Ҳозирда Бразилияда ШЭС лари мамлакатнинг 9% энергиясини ташкил этувчи 15 ГВт қуватни ташкил этади. Бу 250 миллионлик давлат учун жуда катта сон қиймати ҳисобланади.

Аврия ҳолатларидаги яна бир муаммо уни ўчиришдир. Баланд миноралар устига ўрнатилган агрегатлар бунга йўл қўймайди

Масалан, 2016 йилнинг 28 августида Германиянинг Иссельбур шахрид, Техас штатининг Лоббак шаҳарчасида ўрнатилган NEG Micon компаниясига қарашли ШЭС да чиққан ёнғинларни ўчириш учун келган ўт ўчирувчилар уни тамоша қилишдан ўзга чора тополмадилар.



Уни ўрнатиш учун мулк эгаси 4,5 млн доллар маблағ сарф этган эди. Умуман бундай муаммолар учун ушбу тармоқ йилига 225 млн доллар маблағ йўқотяпти.



Дунёда 2014-2018 йилларда 134 та авария ҳолатидаги инцидентлар бўлиб ўтди ва бунга фақат ўт кетиш билан боғлиқ бўлмаган ҳолатлар ҳам киради.



Ёнгин ҳолатлари эса қуйидагича: 2013 йилда -24 та, 2014 йилда -19 та, 2015 йилда -19 та, 2016 йилда -28 та, 2017 йилда -24 та, 2018 йилда -26 та.



2013 йилнинг октябрида Нидерландиянинг V66 русимли ШЭС да бўлган ўт кетиш билан боғлиқ авария ҳолатида 19, 21 ёшли 2 ишчи қурбон бўлган, икки киши чиқиб кетишга муофок бўлади.

Бизнесни ривожлантириш бўйича ВИЭ, G-Gube суғурта компаниясининг директори Джейтин Шарма, халқаро матбуотнинг рўзномалардаги эътиборли сарловҳалари билан муаммонинг ёритилиши аварияларни сезиларли камайишига ёрдам берди, дея такидлаб ўтди. Унинг такидлашича йилига ўртача 50 та ШЭСси авариялар қурбонига айланмоқда. Бу 6000 қурилмадан биттаси дегани. 2016 йилда дунёда ишлаётган ШЭС лар сони 341 320 тани ташкил этган.

1.5. Шамол энергиясини механик энергияга айлантирувчи қурилмаларнинг назарий асослари

Ўтмишда ва ҳозирда дунё мамлакатларидаги мавжуд шамол қурилмаларининг 98% и “Пропеллер” типдаги конструкциялардан иборат [22]. Шунинг учун шамол энергиясини ўзлаштирувчи роторларнинг шу турдаги конструкциялари устида олиб борилган назарий ҳисобларни келтирамиз.

Қурилмаларнинг назарий асослари 1914 йилда В.П.Ветчинкин томонидан ёзилган, 6 йилдан сўнг эса Н.Е.Жуковский томонидан қурилмаларнинг фойдали иш коэффиценти (ф.и.к.)ни аниқланилиши билан уларнинг муҳим кўрсаткичлари ҳақидаги маълумотлар тавсия қилинган [60], [69].

А. Е. Жуковскийнинг классик назарияси: фараз қилайлик бирор А чизиқ билан чегараланган юзадаги I-I кесимида шамол тезлиги v II-II кесимида жойлашган шамол паррагига таъсир этиш ҳисобига $v-v_2$ қийматга тенг бўлсин (1.5.1 (а)-шакл). Бу жараёнда шамол тезлиги II-II кесмадан ўтишда пасайиб (1.5.1(б)-шакл), ундан етарлича узоқлашгандан сўнг эса ўзгармас қийматни олади. Босим эса парраklar олдида ўсади, II-II чегарадан ўтгандан сўнг сакраб пасайиб кетади ва кейинчалик аввалги ҳолатига қадар тикланади. Шамолнинг тўла кинетик энергиясининг парраklar олдидаги қиймати

$$T_I = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (1.5.1)$$

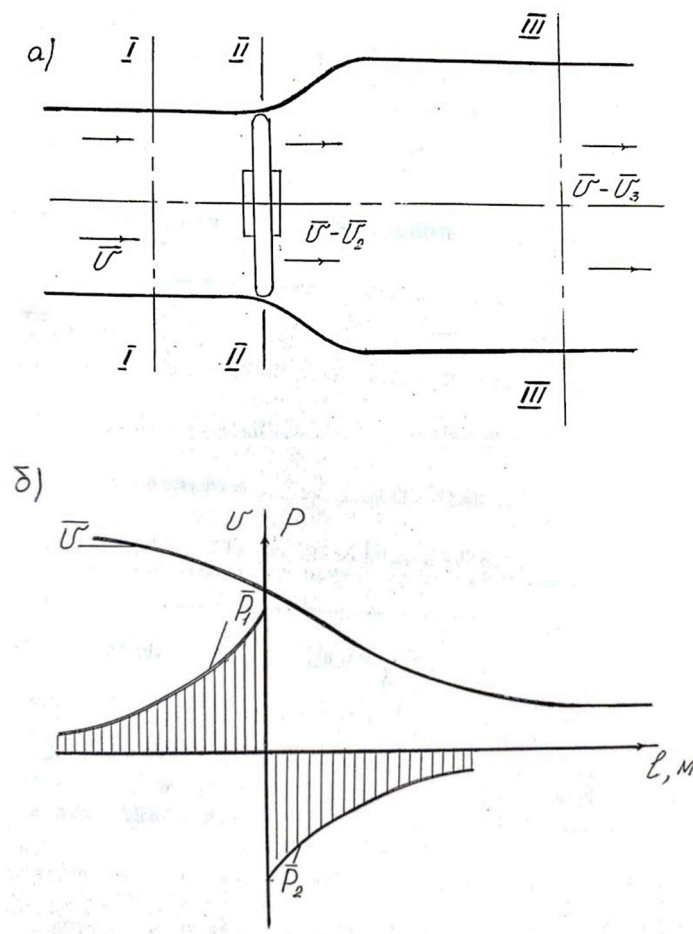
деб, ундан ўтгандан сўнг эса

$$T_{III} = \frac{m \cdot (v - v_3)^2}{2} \quad (1.5.2)$$

эканини ҳисобга олсак, шамол қурилмаси ўзлаштирган энергия миқдорини

$$T = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot (v - v_3)^2}{2} = m \cdot v_3 \cdot \left(v - \frac{v_3}{2} \right) \quad (1.5.3)$$

ҳолда ёзишимиз мумкин. Бунда, v -шамолнинг тезлиги v_3 -шамол тезлигининг паррақлар ортидаги тўла камайиши, m -вақт бирлиги ичида оқиб ўтган ҳаво массаси.



1.5.1-шакл. Шамол қурилмаси таъсирида шамолнинг тезлиги ва босимининг ўзгариш тавсифи

Тенгламадан кўриниб турибдики, шамолнинг паррақлар ортидаги тезлигининг тўла камайиши v_3 нолга тенг бўлса, яъни шамол тезлиги умуман камаймаса паррақлар ўзлаштирган кинетик энергия нолга тенг бўлади.

Шунингдек, бу энергия миқдорини шамол босими орқали қуйидагича ифодалаймиз:

$$T = P \cdot (v - v_2) \quad (1.5.4)$$

Бунда, P -шамолнинг босими, v_2 -шамолнинг парраклар айланиши текислигидаги тезлиги.

У ҳолда бу икки (1.5.3) ва (1.5.4) тенгламаларни тенглаштириб

$$v_3 = 2 \cdot v_2 \quad (1.5.5)$$

эканини аниқлаймиз. Бундан кўриниб турибдики, роторнинг рационал ишчи ҳолати учун шамол тезлигининг қурилма ортидаги тўла v_3 камайиши парраклар айланиш текислиги юзасидаги тезлиги v_2 га нисбати икки марта кўп бўлиши керак экан.

Ф.И.К. нинг қийматини аниқлаш учун идеал парракларнинг вақт бирлиги ичида бажарган иши миқдорини уларнинг айланиш текислигида ҳосил бўлган юзасидан оқиб ўтувчи шамол энергиясига нисбатини ёзамиз:

$$\xi = \frac{P \cdot (v - v_2)}{F_2 \cdot \frac{\rho \cdot v^3}{2}} = \frac{2 \cdot P}{F_2 \cdot \rho \cdot v^2} \cdot \frac{v - v_2}{v} \quad (1.5.6)$$

бунда, ρ -ҳавонинг зичлиги, F_2 -роторнинг ишчи юзаси; P -шамол босими; $C = \frac{2 \cdot P}{F_2 \cdot \rho \cdot v^2}$ – қурилманинг пешона

қаршилиги коэффиценти, $e = \frac{v_2}{v}$ – парракларнинг секинлатиш коэффиценти деб белгилаб (1.5.7) га эга бўламиз.

$$\xi = C \cdot (1 - e) \quad (1.5.7)$$

Бунда пешона қаршилиги қиймати C ни аниқлаш учун қуйдагича алмаштиришни амалга оширамиз:

$$P = m \cdot v_3 \cdot \frac{v - \frac{v_3}{2}}{v - v_2} = \frac{2 \cdot m \cdot v_2 \cdot (v - v_2)}{v - v_2} = 2 \cdot m \cdot v_2 \quad (1.5.8)$$

бунда, $m \cdot F_2$ юзадан бир сонияда оқиб ўтувчи ҳаво массаси

$$m = F_2 \cdot \rho \cdot (v - v_2) \quad (1.5.9)$$

эканидан босим қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$P = 2 \cdot F_2 \cdot \rho \cdot (v \cdot v_2 - v_2^2) \quad (1.5.10)$$

У ҳолда, пешона қаршилиқ коэффициентининг қийматини

$$C = \frac{4 \cdot F_2 \cdot \rho \cdot (v \cdot v_2 - v_2^2)}{F_2 \cdot \rho \cdot v^2} = 4 \cdot \left(\frac{v_2}{v} - \frac{v_2^2}{v^2} \right) = 4 \cdot (e - e^2) = 4 \cdot e \cdot (1 - e) \quad (1.5.11)$$

деб ёзамиз. Демак,

$$\begin{aligned} C &= 4 \cdot e \cdot (1 - e) \\ \xi &= 4 \cdot e \cdot (1 - e)^2 \end{aligned} \quad (1.5.12)$$

Топилган охириги тенгликлардан $e=0,333$ бўлганида қурилманинг фойдали иш коэффициенти максимал қиймат $\xi=0,593$ га эга бўлишини кўришимиз мумкин. Бунда пешона қаршилиқ коэффициенти $C=0,888$ эканини аниқлаш қийин эмас.

Ўтказилган амалий ва назарий тадқиқотлар пропеллер типдаги шамол қурилмаларининг техник тавсифларини аниқлашга имкон беради. Ҳозирда маълум бўлган бу кўрсаткичларни қисқача келтирамиз [61]:

1. Қурилманинг ф.и.к. нинг назарий максимал қийматлари тез айланувчи роторларда 0,38-0,42, секин айланувчи қурилма роторлари учун эса 0,35-0,38 оралиғида бўлади.

2. Тез айланувчанлик тушунчаси қурилманинг назарий тадқиқотида қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

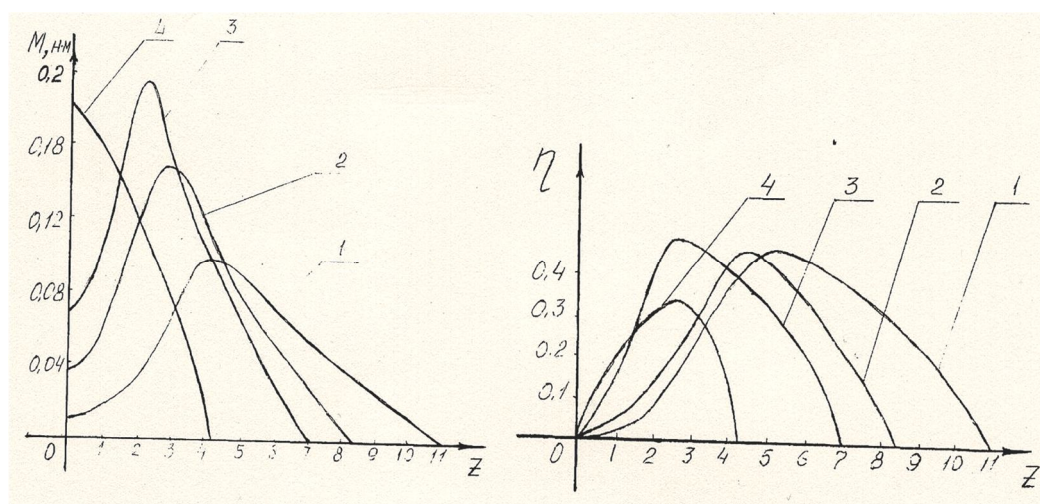
$$Z = \frac{\omega_{ш.к.} \cdot R}{v} \quad (1.5.12)$$

бунда, $\omega_{ш.к.}$ - қурилма роторининг бурчакли тезлиги, R - ротор радиуси, v - шамолнинг тезлиги.

Роторнинг қанотлари сони қанчалик оз бўлиб, уларнинг кенглик ўлчамлари қанчалик кичик бўлса, бундай қурилмаларда тез айланувчанлик юқори бўлади.

Тез айланувчи қурилмаларнинг бошланғич ҳаракатлантирувчи моменти M_0 нинг қиймати, унинг номинал ҳаракатлантирувчи моменти M_n нинг қийматидан бир неча баробар кичик бўлади.

1.5.2-шаклларда тез айланувчанлиги турлича бўлган роторларнинг тавсифларини кўрсатувчи графиклар келтирилган.



1.5.2-шакл. Тез айланувчанлиги турлича бўлган пропеллер типдаги роторларнинг тавсифи
(1- $Z=18$; 2- $Z=14$; 3- $Z=10$; 4- $Z=6$)

3. Қувват қурилма роторининг қанотлари сонига ва қопланиш коэффицентининг қийматига боғлиқ эмас. Бунда, қопланиш коэффицентининг қиймати қанотлар юзасининг умумий йиғиндисини уларнинг айланиш текислиги бўйлаб қоплаган тўлиқ юзасига бўлган нисбати билан ўлчанади:

$$\kappa = \frac{S}{F} \quad (1.5.13)$$

S -ротор қанотларининг умумий юзаси

F -ротор айланиш текислигининг юзаси.

Қанотнинг шакли, унинг ҳаво оқимиға нисбатан ҳолати ва диаметр ўлчамлари агрегат қувватининг қийматини белгиловчи асосий кўрсаткичлардир.

1.5.2-шаклга қайтиб уни таҳлил қилайлик: уларға кўра икки қанотли тез айланувчи ротор конструкциясининг ф.и.к. энг юқоридир. Аммо унинг бошланғич ҳаракатлантирувчи моменти кичик қийматға эға бўлади. Аксинча тез айланувчанлиги паст бўлган қурилмалардаги қанотлар сони кўп бўлган роторнинг бошланғич ҳаракатлантирувчи моменти юқори бўлсада, ф.и.к. қиймати кичик бўлади.

Амалиётда мана шу бошланғич моментнинг қийматига ва тез айланувчанлик кўрсаткичларига қараб бу қурилмалар мақбул бўлган соҳаларда ишлатилади.

4. Пропеллер типдаги шамол қурилмалари ф.и.к. нинг нисбатан юқорилилиги, уларни кенг кўламда амалиётга татбиқ этишға йўл очиб бермоқда. Аммо кейинги йилларда қурилмаларнинг бир неча кВт ва МВт қувватға эға бўлган конструкцияларини яратиш йўналишининг пайдо бўлиши, бу тур шамол қурилмаларининг кўплаб ноқулайликларини бартараф этилишини ўртаға қўймоқда.

Юқори қувват ҳосил қилувчи қурилма роторининг диаметри катта ўлчамға эға бўлиши керак (ҳозирда дунёда диаметри 100 м ва ундан ортиқ ўлчамға эға бўлган роторлар мавжуд). Ф.И.К. ни юқори қийматда сақлаб қолиш учун, унинг бурчакли тезлигининг қиймати катта бўлиши талаб этилади. Катта диаметрли, бинобарин оғир массали роторлар учун эса бу бирмунча мураккаб масала. Ротор парраклари шамол босими таъсирида ўзларининг айланиш текисликларидан, шамол вектори йўналиши бўйлаб, бирор бурчакка оғади ва шамол тезлиги қийматининг оний

ўзгарувчанлигига мос равишда тебранади. Бу ҳолат, айниқса, катта диаметрли қанотларда ва шамолнинг катта тезликларида ўта хавфлидир. Тажрибаларда қанотнинг узилиб кетиши кейинги беш йил ичида бир неча юз бор кузатилганлиги ушбу фикрларнинг исботидир. Шунингдек, катта диаметрли роторлар баланд пўлат заминларга ўрнатилиши зарур.

5. Шамол йўналишининг оний дақиқалар ичидаги ўзгариши ротор ишчи юзасини доимо унга перпендикуляр текисликка буриб турилишини талаб этади. Бу эса амалий мумкин эмас.

Шундай қилиб, юқорида келтирилган таҳлилларга кўра айтиш мумкинки, юқори қувват ишлаб чиқаришга мослаштирилган пропеллер типдаги қурилмаларнинг бир қатор муҳим камчиликлари мавжуд. Ҳозирда бу камчиликлар уларнинг динамик тавсифи даврий ўзгаришга эга бўлган роторлар билан алмаштирилиб ҳал этилиши кўзда тутилмоқда. Ҳақиқатдан ҳам бундай қурилмаларнинг конструкциялари ҳозирда кўплаб лойиҳаланмоқда ва амалиётда қўлланилмоқда.

Қуйида ушбу турдаги роторларни конструкциявий таҳлилилини қиламиз.

1.6. Шамол қурилмалари механизмларининг ҳаракатлантирувчи звенолари ҳақида

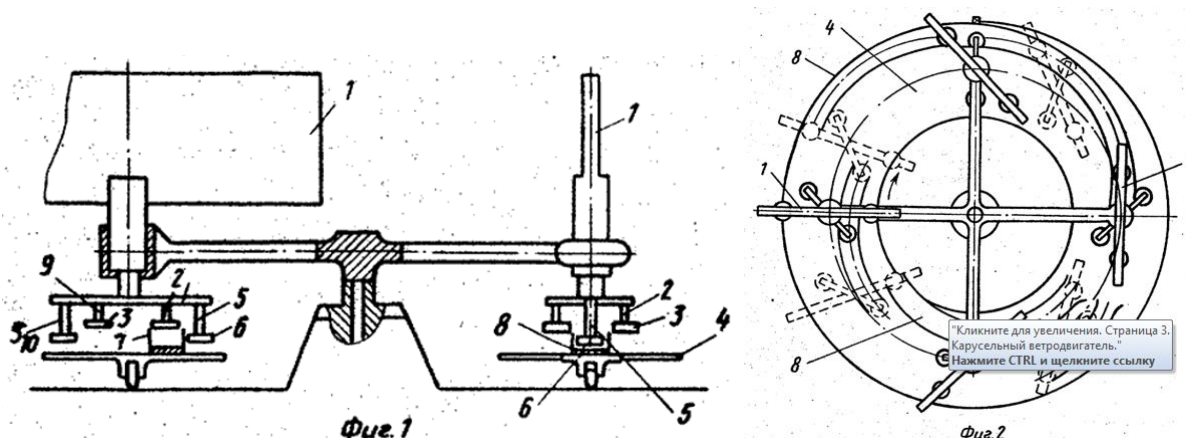
Ушбу бўлимда кейинги йилларда кўплаб тажрибаларда синовдан ўтказилаётган, қанотининг юзаси ясси ёки ботиқ бўлган вертикал ўқли роторларнинг турли конструкциялари билан танишамиз. Улар вертикал ёки горизонтал ўқли роторлар бўлишлари мумкин. Амалиётга тадбиқ этилишида уларнинг қуйидаги мақбул хусусиятлари

ҳисобга олинади. Булар қаторига уларнинг юқори қувват ҳосил қила олиши, нисбатан кичик бурчакли тезликларда техник имкониятларининг кенглиги, шамолнинг ҳар қандай кучли тезликларида ўз юзаларига тушувчи босим кучини меъёридан ортиб кетмаслигини таъминлай олиши каби тавсифларидир. Қуйида уларнинг бир неча конструкциялари билан танишиб чиқамиз [30]

1.6.1-шаклда тасвирланган шамол қурилмасининг ротори 1992 йили Е.И.Чалов (Россия) томонидан олинган муаллифлик гувоҳномасига тегишли (№1749537 А1). Янгиликнинг моҳиятида қанотларнинг шамол йўналишига мақбул ҳолатда туриши эътиборга олинади. У йўналтирувчи роликлар 1 ва 2 ни алоҳида 3, 4 излар (рельс) да ҳаракатлантириш билан амалга оширилади. Бунда излар турли баландликларда жойлашганлиги учун уларда ҳаракат қилувчи роликлар 1, 2 ни махсус (кронштейн) таянчлар билан маҳкамланган. Қанотни шамол йўналишига мақбул бўлган бурчак ҳолатида ўзгартириш учун платформа 5 хизмат қилади. У доимо шамол йўналиши бўйича мослашади. Бу қурилмада платформани мослаштиришда, роликларни изда ҳаракатлантиришда қўшимча қаршиликлар юзага келади. Шамолнинг оний ўзгарувчан тезликларида қанотларда юзага келувчи тебранма ҳаракат роликларнинг ҳаракатини қийинлаштиради.

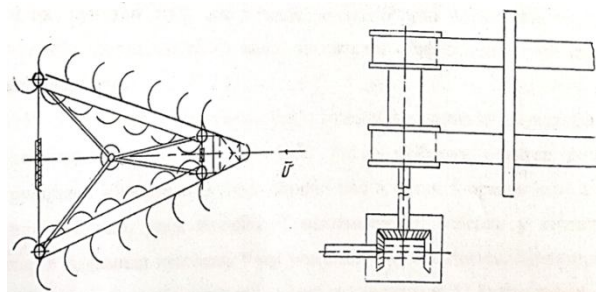
В.С. Гуряновнинг 1992 йилда эълон қилган муаллифлик гувоҳномаси (№1746055 А1) 1.6.2-шаклда кўрсатилган. Таянч 1 га асосий вал 2 ўрнатилган. Пластинкалар 3 ҳосил қилган ҳаракатлантирувчи кучларни тасма 4 ёрдамида бирлаштирилади ва марказий вал 2 га

узатади. Бунда ҳосил қилинган бурувчи моментнинг қиймати қанотларнинг кўплиги эвазига орттирилади.



1.6.1-шакл, Муаллифлик гувоҳномаси №1749537 А1, Россия

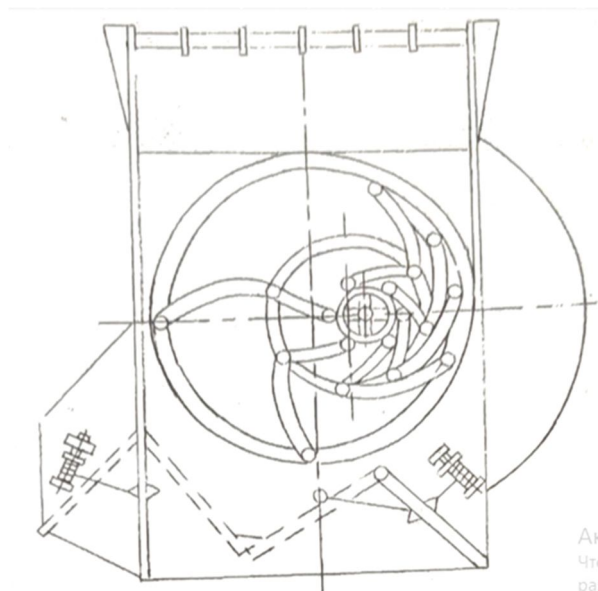
Конструкция ф.и.к. тининг кичик, тайёрланиш технологияси мураккаб, звенолар кўплигидан кинематик жуфтларда қаршилик кучлари кўп, қанотларда ҳосил бўлган ҳаракатлантирувчи кучнинг кўп қисми марказий вал 2 ни эгишга сарф бўлиши каби қатор камчиликларга эга.



1.6.2-шакл, Муаллифлик гувоҳномаси №1746055 А1

О. И. Прокопев (Бошқирдистон) томонидан олинган муаллифлик гувоҳномасида (№1778357 А1.) 1992 йилда рўйхатга олинган ротор конструкцияси кўрсатилган (1.6.3-шакл) [46].

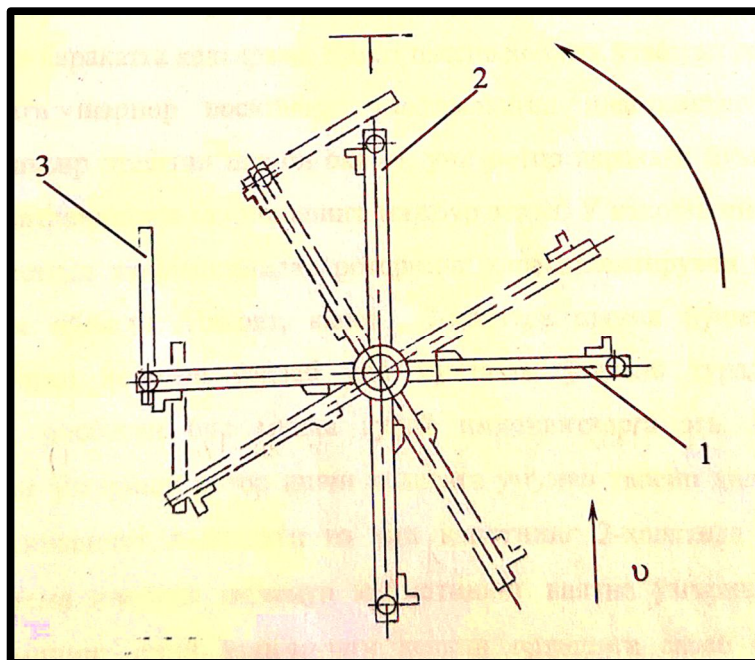
Асосий вал 5 таянч 6 орқали асос 1 га ўрнатилган бўлиб, унга барабан 7 маҳкамланган, қайсики у вертикал трубалар 8 ёрдамида қанотлар 9 ни ўзига шарнир воситасида бириктириб олган. Қанотлар 9 эса ўз навбатида



1.6.3-шакл, Муаллифлик гувоҳномаси
№1778357 А1, Бошқирдистон

четки ғилдираклари 13 билан сиртки из 4 да ҳаракат қилувчи пластинкалар 11 ни шарнирлар 10 ёрдамида бирлаштиради. Шамол оқими тўсиқлар 23 ва 24 оралиғида пластинкалар 9, 11 га урилади ва уларни максимал ўлчамда ёйиб, роторни ҳаракатга келтиради. Из 15 ва барабан 7 радиусларнинг маркази из 13 радиусига нисбатан эксцентрик жойлашганидан ўзаро шарнирлар 8, 10, 12 воситасида бириктирилган пластинкаларнинг ҳаракат қонунияти уларни пассив ҳолатда энг кичик ўлчамгача йиғилишига мажбур этади. Пўлат арқон 27 ўралган мослама 26 орқали тўсиқлар 23, 24 орасидаги шамол оқими ўтувчи юзани кенгайтириш ва кичрайтириш билан ротор қувватини бошқариш мумкин. Бунда барқарорлаштирувчи 17 роторни шамол йуналишига доимо мослаштириб туради. Қурилманинг асосий камчилиги шарнирларнинг кўплиги ва бутун роторни платформа 1 устида ғилдираклар 2 ёрдамида ҳаракатланишидир.

1.6.4-шаклда В.П. Моисеенко, В.А. Панченколарга берилган муаллифлик гувоҳномасидаги (№1772407 А1) ротор конструкцияси кўрсатилган.

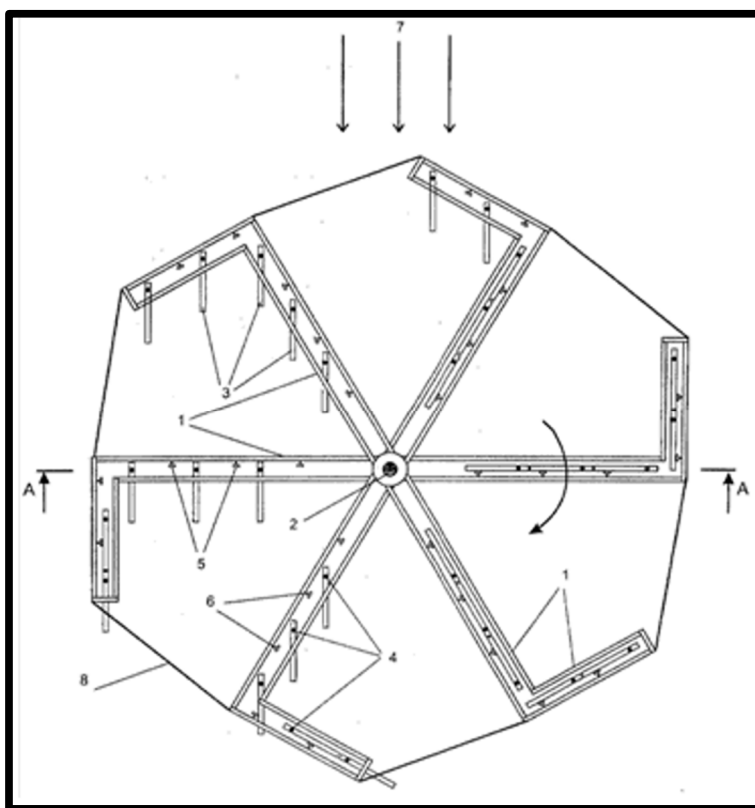


1.6.4-шакл, Муаллифлик гувоҳномаси №1772407 А1, Россия

Шамол оқими роторнинг қанотлари 1 га таъсир этиб, уни соат милага қарши ҳаракатга келтиради. Қанот пассив ҳолатга ўтаётган вақтида (4-ҳолат) унга шарнир воситасида маҳкамланган пластинкани орқа томонидан таъсир этаётган шамол оқими, уни ротор ҳаракати йўналиши бўйича ҳаракатланишига ва очилишига мажбур этади. У қанотга нисбатан 90^0 бурчак остида жойлашганидан роторнинг ҳаракатлантирувчи кучига қўшимча куч қўшади. Ниҳоят, қанот 3-ҳолатда шамол йўналишига параллел бўлган ҳолатни сақлаб уни мунтазам ўтказиб туради. Бу конструкция, нисбатан бир мунча қулай имкониятларга эга. Шамол йўналишининг ўзгариши ротор ишчи ҳолатига умуман таъсир қилмайди. Бироқ, пластинканинг яхлитлиги ва уни қанотнинг 2-ҳолатида қалтис очилиши ситема

инерция моменти қийматининг қалтис ўзгаришига ва шамол босимининг оний дақиқадаги кескин ортишига сабаб бўлади. Айниқса, юқори қувватли роторларда бу силкиниш жудаям сезиларли бўлиб, системанинг иш ҳолатига салбий таъсир этади, конструкция катта диаметрли роторлар учун номақбул тузилишга эга.

1.6.5-шаклда 2498109 рақамли ихтиро патенти келтирилган. Конструкция ортиқча қаршиликларсиз ҳаракат қилади. Қанотнинг 90^0 ли рама кўринишада экани унинг фойдали моментини ортиришга кўмак беради. Қанотлар икки ярус дан иборат бўлганидан, максимал ҳолатда иккита тўлиқ ва иккита қисман актив қанотлар ишлаши мумкин. Унинг камчилиги шамол оқими қанотларга ўз энергиясини узатганидан сўнг ундан тез узоқлаша олмайди, чунки яруслар бир йўналишда айланади.



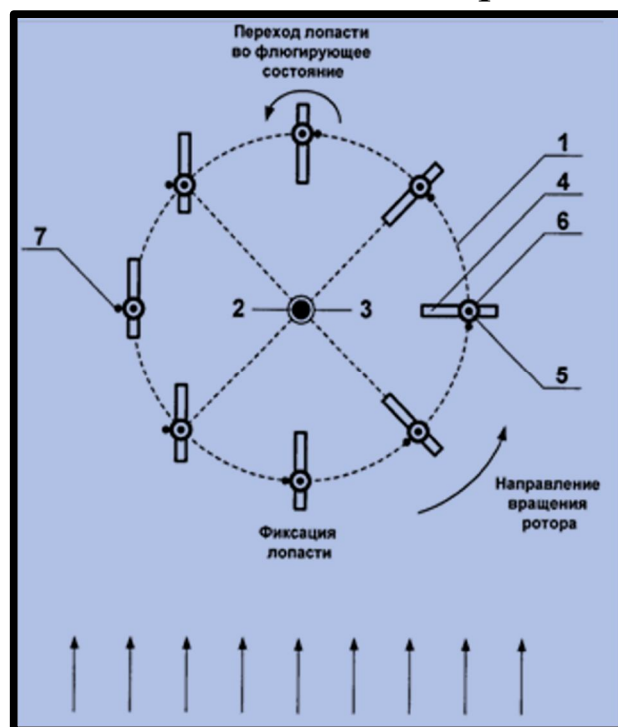
1.6.5-шакл. Ихтиро патенти, 2498109, Россия

Пассиф ҳолатларда ишловчи қанотнинг “синик” 90^0 га букилган қисмлари айлантирувчи моментдан кўра кўпроқ марказий ўққа нисбатан эгувчи моментнинг қийматини ортириб юборади.

роторни ҳаракатга келтиради. 2-ҳолатда қанот пластинкалари йиғилиб шамолга энг паст босим кўрсатувчи ҳолатни эгаллайди. Ишчи ҳолатга ўтишдан олдин эса яна ўз оғирликлари таъсирида очилиб, шамол босимини фиксаторлар ёрдамида бошқрилади.

1.6.6-шаклда 2525998 рақамли ихтиро патенти схемаси келтирилган. Унинг қанотлари ишчи жараёнига қулай, бошқарувчи турдаги конструкциялар амалиётда кенг қўламда қўлланилаётгани йўқ.

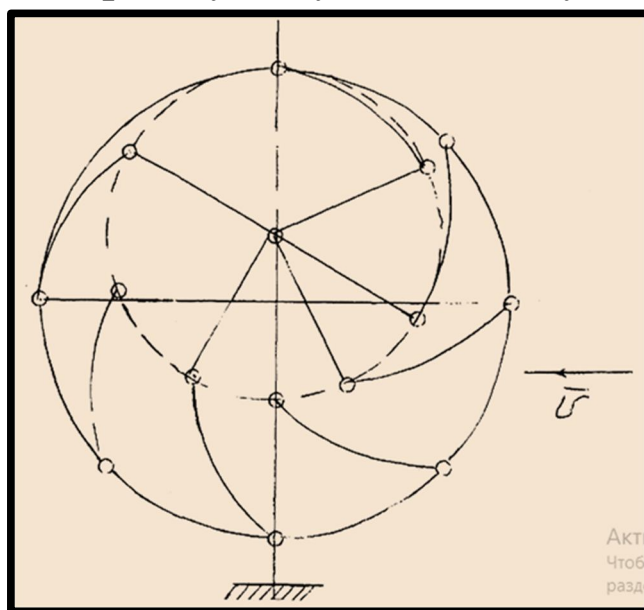
1.6.7-шакл В.Л. Андреев ва С.В. Андреевлар томонидан олинган муаллифлик гувоҳномаси (№ 1703852 А1) дан келтирилган [3]. Конструкция бирмунча содда кўринишга эга. Шамол оқими қанотлар 1 га таъсир этиб



1.6.6-шакл, Ихтиро патент 2525998, Россия

роторнинг учинчи актив қаноти бурилиш бурчагининг кўп қисмида биринчи ва иккинчи актив қанотлар соясида қолиб кетади. Бундай турдаги вертикал роторлар катта диаметрларда тайёрланиши технологик мураккаб ҳисобланади [2].

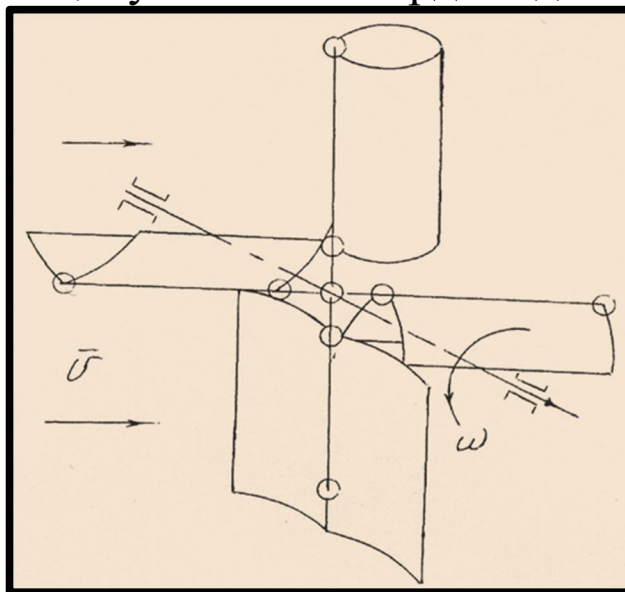
Юқорида танишиб чиқилган вертикал ўқли ротор конструкцияларидаги асосий камчиликлари уларнинг шамол йўналишига мослаштириш учун қўшимча мосламаларнинг талаб этилиши, қанот пластинкалари иш унумининг камлиги ва зарарли қаршиликларнинг кўплиги, шамолнинг оний дақиқаларидаги ўзгаришларига мослаша ололмаслигидир, чунки шамол векторининг на фақат модули (босим кучи қиймати) балки горизонтал текисликдаги йўналиши ҳам вақтнинг оний қийматларида муттасил ўзгариб туради, шунинг учун ҳам ҳозирда бу қабул қилишга ўтадилар.



1.6.7-шакл. Шамол қурилмаси роторининг конструкцияси (1703852 А1 рақамли муаллифлик гувоҳномаси)

1.6.8-шаклда Ю.Г. Ситников томонидан яратилган конструкция келтирилган (№1726841А1) [48]. Ротор

қанотлари 1 шарнирлар 2 воситасида тортқичлар 3 га маҳкамланган. Шамол таъсирида ротор соат мили бўйича ҳаракатланади. Пассив ҳолатга ўтаётганда қанотлар 1 шарнирлар 6 ҳаракат қилувчи айлана ёрдамида энг кичик ҳо-

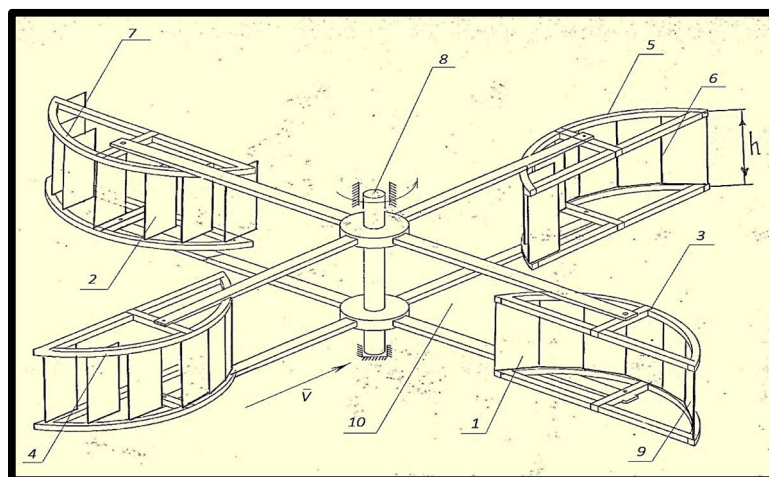


1.6.8-шакл. Шамол қурилмаси роторининг конструкцияси (1726841 А1 рақамли муаллифлик гувоҳномаси)

латни эгаллай бошлайди ва бунда улар шамол босимини энг кичик юза қийматида қабул қилади.

Шамол йўналишининг ўзгаришига боғлиқ бўлмаган ротор конструкциясига С.И. Исмоилов ва У.Ғ. Дехқонов тамонидан таклиф этилаётган(1.6.9-шакл). (Ўзбекистон, №2118, 1993 йил).

Роторнинг ишчи ҳолати шамол вектори йўналишининг ўзгаришига боғлиқ эмас. Қанотга майда пластинкача 1, 2 лар шарнирлар ёрдамида ўрнатилган. Қанот актив-ишчи ҳолати 3 да, қисман актив ҳолатлари 4, 5 да эса баъзи пластинкачалар бир-бирларининг ўқлари 6 ларга таяниб қолади ва ботик юза бўйлаб шамол босимини қабул қилади,



1.6.9-шакл, Ихтиро патенти №2118, Ўзбекистон

пассив ҳолати 7 да пластинкачалар таянчсиз қоладилар ва флюгер ҳолатига ўтиб, шамол йўналиши векторига паралел ҳаракат қиладилар. Натижада роторнинг ўнг ва чап қанотлари орасида босимлар фарқи юзага келади ва уни вал 8 атрофида айланма ҳаракатга келтиради. Баланлиги 9 бўлган ротор қанотлари ва унинг марказий вали ўртасида узунлиги 10 бўлган очик юза мавжуд, у шамол босими таъсирида ишчи вал 8 ни эгилишдан сақлайди.

Конструкциянинг асосий камчилиги қанотнинг орт юзаси бўйлаб ёйилган ва статик босим остидаги ҳавонинг қанот периметри бўйлаб оқиб ўтувчи аэродинамик босим ёрдамида сўрилиши жараёнининг интенсив сурилаолмаслиги ва қанотлар иш унимдорлигининг пастлигидир. Унда қанотлар сони 6 тадан кам бўлмаслиги талаб этилсада, ишчи ҳолатдаги актив қанотлар сони 2 тадан ортмайди.

1.7. Вертикал ўқли роторларнинг ноанъанавий конструкциялари

Бундай конструкциялар бугунги кунда ўнлаб лойиҳаланган. Улар фойдали иш коэффициентининг

юқорилиги билан ажралиб туради. Уларни баланд миноралар устига ўрнатилиши талаб этилмайди. Қолаверса конструкцияларнинг ноодатий кўриниши ҳам мутахасисларни қизиқтиради. Қуйида ўқувчи учун қизиқарли бўлган конструкциялар жамланмаси билан қисқача таништириб ўтамыз.

Горизонтал винтли ротор - Украина Фанлар Академияси, Александр Оніпко тамонидан лойиҳаланган ушбу ротор, муаллифнинг берган баҳосига кўра, шаҳар ҳудудлари учун қулай, икки таянчли мустаҳкам ва устивор бўлганидан катта босимлар учун чидай олади. Шамол энергиясини яхши ўзлаштиради. Ротор паст шавқунли. Унинг ф.и.к. 20% ни ташкил қилади. Шамолнинг 3-20 м/сек. тезликларида ишлай олади. Компаниянинг эътироф этишича у катта қувватга мосланмаган. Шамол йўналишининг ўзгаришларига мослаша олади.



1.7.1. Горизоньал винтли ротор

Ушбу ротор мутахасислар тамонидан шамол тезли ва унинг йўналишининг ўзгаришларига мослаша олиш, шавқуннинг пастлик даражаси, Шамол энергиясининг ўзлаштириш коэффициентининг юқорилиги, баланд

минораларнинг талаб этилмаслиги каби хусусиятларини танқид қиладилар.

Монографи муаллифлари юқорида тилга олинган танқидларга тўла тўкис қўшиладилар.

Вертикал ўқли винтли ротор – 1.7.1 нинг вертикаль ўқли кўриниши.



1.7.2.- Вертикал ўқли винтли ротор

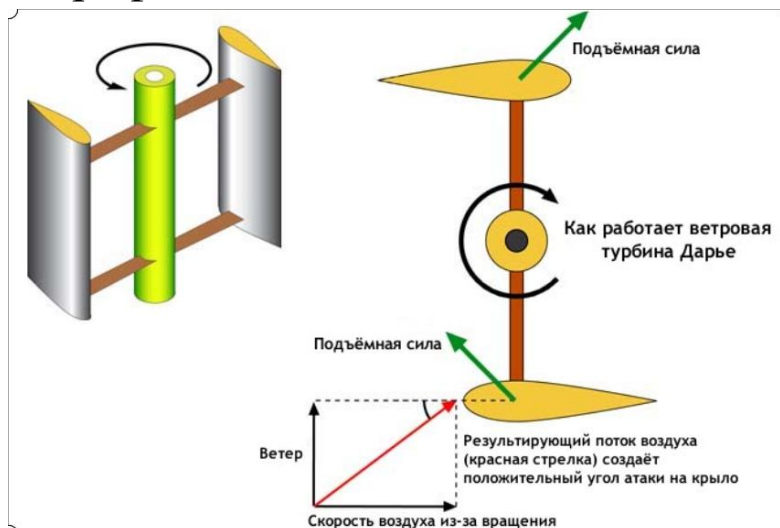
Дарье ротори - Ушбу шамол генератори 1931 йилда авиация инжинери Жорж Жан Мари Дарье (1888-1979) тамонидан ихтиро қилинган (1.7.3-шакл). Бу қурилмада ҳаракатлан-тирувчи момент қиймати кичик бўлганлигидан уни ишга тушириш учун ёрдамчи двигателдан фойдаланилади.





1.7.3 – Даръе ротори асосида лойиҳаланган шамол электр станцияси

У тез айланувчан машина ҳисобланади ва у ўзгарувчан ток ишлаб чиқара олади, ф.и.к. энг юқори 0,42 га тенг. У шаклда кўрсатилганидек 2, 3 вертикал лопастрдан иборат вертикал ўқ атрафида айланади.

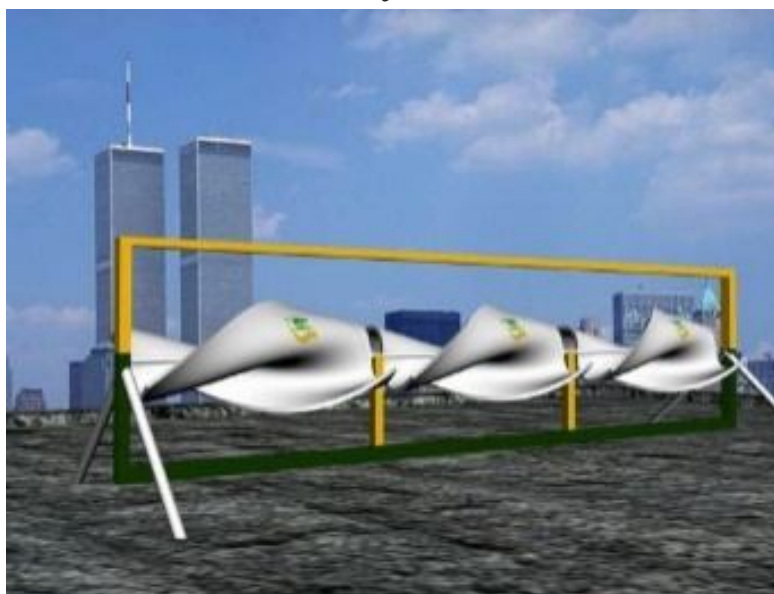


1.7.4 – Даръе роторининг куч схемаси

Унинг ҳаракатлантирувчи моментни юзага келтириш схемаси 1.7.4–шаклда келтирилган. Шаклдан кўринадики лопастр шамол йўналишига перпендикуляр ҳолатни эгалламагунича ҳаракатлантирувчи куч минималлигича

қолади. Шунинг учун бу конструкция кўп ҳолларда 3 та лопастилик қилиб тайёрланади.

Винтли шамол генератори: Конструкция Asia Alliance Base кампанияси тамонидан ишлаб чиқилган, шаҳар шамол генератори сифатида фойдаланилади. У бошқа тур винтли роторлардан икки таянчга ўрнатилганлиги билан фарқ қилади ва шунинг учун ҳам нисбатан мустаҳкамлиги юқори. Спирал кўринишдаги ротор шамол оқимини яхши тутиб қола олади.



1.7.5-Винтли шамол агрегати

LoopWing шамол генератори: Японияда ихтироланган бу конструкция ноодатий кучсиз шавкин ва тебранишларга эга. Бу агрегат қуёш батареялари билан биргаликда шахсий уйни автоном тарзда энергия билан таъминлаш учун ўрнатилишга мослаштирилган.

У биринчи бўлиб 2006 йилдаги халқаро кўргазмада намоиш қилинган. Агар Британиянинг «Тинч инқилоб (Тихая революция)» деб номланган агрегати учун минимал шамол тезлиги 4,5 м/с бўлса, LoopWing, рекорд кўрсаткич, 1,6 м/с дан ишлай бошлайди.



1.7.6 - LoopWing шамол генератори

Мини шамолгенератори «Медуза» : Бу қурилма Сиэтл (Chad Maglaque) тамонидан ихтро қилинган. Чед Маглак электр тармоғидан олисда бўлган жойлар учун учун махсус лойиҳаланган. Уни ўрнатиш қулай, 36 см баландликда ўрнатилиши ва ойига 40 кВт*соат энергия ишлаб чиқариши мумкин. Унинг нарҳи 400 долл.



1.7.7-Мини шамолгенератори «Медуза»

Трасса шамол генераторы: Аризона штати Университетининг илмий ишланмаси Магистрал йўлларнинг устига ўрнатилиши режалаштирилган агрегат. У автомобилларнинг ҳаракатидан ҳосил бўлувчи ҳаво оқимидан юзага келувчи шамолда ишлашга мослаштирилган. Транспортларнинг 110 м/соат тезлиги белгиланган йўлларда ушбу турбина йилига 9600 кВт*соат энергия ишлаб чиқариши мумкин. У шавқинсиз ишлайди.

Ўқув қўлланма муаллифлари ушбу лойиҳа айнан қаерларда зарур бўлишинидан ахборотланмаган ҳолда эслатадиларки, агрегат автомобилларнинг ҳаракатига қўшимча қаршилик босимини ҳосил қилади ва уларнинг энергия сарфига салбий таъсир кўрсатишини эслатадилар.



1.7.8-Трасса шамол генератори

Бродстар АэроКам (Broadstar AeroCam) : Жорож Жан Мари Дарье тамонидан ишлаб чиқилган. Ушбу қурилма пропеллер типдаги ананавий роторларга нисбатан кичик

жой эгаллагани учун уйлар устига ўрнатилиши мумкин. Агрегат вертикал устинга горизонтал ротор вали ўрнатилади. Ишчи лист (Лапатка) ларини, қуш қаноти ҳаракатидек ва оқимнинг хужум бурчагини (угол атаки) автоматик таризда ўрнатилиши конструкциянинг ўзига ҳос муҳим томонидир. Агрегат юқори ф.и.к. га эга ва турли об-ҳаво шароитларида ишлайди.



1.7.9-Broadstar AeroCam шамол агрегати

V-LIM : Ушбу қурилма Орегон штати Портленд Университети ва Rogue River Wind компанияси тадқиқотчиларининг биргаликдаги илмий ишланмси бўлиб уй томларига ўрнатиш учун масланган. У деярли шовқинсиз ва тебранишларсиз ишлайди. Қушларнинг учиб келиб урилишини олдини олиш учун уни экранлаштириш мумкин. 1.7.10-шаклда диаметри 3,5 м, қуввати 3 кВт бўлган агрегат тасвирланган.

Sky Serpent – Ҳаво илони (воздушная змея) шаклидаги шамол агрегатини Калифорниялик ихтисосчи Даг Селсам

лойиҳалаган (1.7.11-шакл). Унда кўплаб роторлар биргаликда ишлайди.



1.7.10- V-LIM ротори

Хар бир ротор ўз оқимини қабул қилиш билан бирга ўзидан олдинги роторларнинг шамол оқимиغا ҳам уланади. Валнинг бир тамони генераторга иккинчи тамони гелий тўлғазилган хаво шарига уланган.



1.7.11- Sky Serpent

2003 йилда Дон Калифорния энергетика комиссияси тамонидан 3000 Вт. лик агрегатни лойиҳалаш учун 75 минг долларлик грант олди. Қўйилган тапширик муоффақиятли бажарилди. 20 дан ортиқ шамол агрегатларини сотишга ҳам эришди.

Liam F1 – Шиллиқ чиғаноқ (улитка) кўринишидаги шамол генератори: Ушбу агрегат ҳам уй томларига ўрнатилишга мўлжалланган. У Роттердам ва Нидерланд компаниялари тамонидан ишлаб чиқилган. Диаметри 1,5 м бўлган қурилманинг оғирлиги 100 кг бўлиб йилига 1800 кВт*соат энергия ишлаб чиқаради. Мариеус компаниясининг директори Мириметанинг такидлашича,



1.7.12- Лиам F1 конструкциясининг умумий кўриниши

конструкция ф.и.к. си шамол агрегатларининг назарий ф.и.к. нинг 80% игача етиши мумкин. Шовқини 45 лБ га тенг. Нарҳи 3999 еврони ташкил қилади.

Nano Vent-Skin Шамолгенератори – кўп қаватли уйлар учун «тери» - Лондонлик ихтрочи Агустин Отегу эко-архитектурали «яшил» лойиҳаларни устида ишлайди. У кўплаб мини-роторлар учун валь вазифасини ўтовчи нона электр симлишамол агрегатини таклиф қилди. Сим ҳосил бўлган электр энергиясини узатишга ҳам мослаштирилган. Турбиначаларнинг сирти органик фото электрик пленкалар билан қопланган. Отеганинг такидлашиса шамол қурилмаларининг келажаги йирик ўлчамли шамол қурилмалари ва қуёш панеллари билан боғланмайди, балки

шаклда тасвирланганидек эко-архитектурали иншоотлар билан боғлиқ. Nano Vent-Skin ташқий девори силлиқ ва яхлит рангли кўриниш олади, ичкаридан ташқари шаффоф кўриниб туради.



1.7.13. - Nano Vent-Skin Шамолгенератори

Ушбу тур лойиҳалар катта капитал талаб этади. Аммо яқин ўн йилликларда бундай иншоотларнинг кўплаб қад рослашига мутлоқа шубҳа бўлиши мумкин эмас.

«Windstalk» шамол парки: Араб Амирлигининг Абу-Даби шаҳри атрофида Мадсер шаҳарчаси қурилмоқда.



1.7.14- “Дарахт” ШЭС си

У ерда углеродли толалали 1203 та устин парпо қилиш режалаштирилган. Уларнинг ҳар бирининг баландлиги 55 м

ва 20 м кенгликли бетон асосларга ўзаро 10 м ораликларда ўрнатилган. қурилган. Устунлар резина билан сеткаланган (армирован) ва асосида 30 см қалинликда, юқорига қараб 5 см гача қичраяди. Устунларнинг ҳар бири пьезоэлектрик материалдан тайёрланган электрод ва керамик дисклар билан кетма-кетликда жайлаштирилган. Устунлар шамол тасирида тебранганларида дисклар сиқилади ва электр энергиясини генерация қилади.

Лойиҳа муаллифи Дарио Нуньес-Амени ўз ғоясини ботқоқликдаги қамишларнинг тебранишидан ўзлаштирганини такидлайди

Helix Wind шамол агрегати: Ушбу конструкция ҳар қандай шамолда ишлаши мумкин. Лопостларнинг қурилмаси турбулент оқим ҳосил қилмасликка маслаштирилган, шундан шавқуни паст.



1.7.15- Шамол генератори Helix Wind

Қушлар учун мутлоқо хавфсиз. Helix Savonious 2.0 нинг нарҳи 2,5 кВт қувватли қурилма учун 6500 долл., 5 кВт лиги эса 16500 долл. баҳоланмоқда.

Дарахт кўринишли Голландя қурилмаси: Ушбу қурилма Нидерландия ҳукуматининг One Architecture, Ton Matton и NL Architects компанияларига атроф муҳитда салбий кўринишга эга бўлмаган қурилма лойиҳалаш топшириғи асосида ишланган. Ушбу қурилма 8 та турбинадан ташкил топган ва 120 м баландликка ўрнатилган.



1.7.16-Шамол қурилмаси «Дарахт». Нидерландия.

Агар Нидерландия мамлакати ботқоқлигини шамол агрегатлари ёрдамида қуритилганлиги тарихига эътибор қилсак, улар яна кўплаб ҳайратланарли лойиҳаларни амалга оширишларига ишонса бўлади.

1.8. Шамол агрегатларининг илғор технологиялари

Maglev Turbine – компанияси конструкцияларни магнитли осма (магнитный подвес) га ўрнатиш технологиясини ишлаб чиқдилар. Ушбу технология Аризона штатида Maglev Wind Turbine Technologies (MWTT) компаниясига асос солган Эд Маузур тамонидан

ишлаб чиқилган. Қурилган ШЭС си 40 гектар ерни эгарлайди. Кўриниши баланд бинони эслатади. Унинг қуввати 1 ГВт гача етиши мумкин ва электр энергиясининг нарҳи кВт*соат энергия бирлиги 1 центга тенг баҳоланади. Муаллифнинг таъкидлашича магнитли осма ҳисобига барча ишқаланиш қаршиликлари бартараф этилади, довулли шамоллар ҳам ҳавфли эмас, қурилма шамолни тўла тутиб қолиш хусусиятига эга. Қурилма ҳосил қилган энергия нарҳи мана шундай қувват билан ишловчи ананавий шамол генераторларига нисбатан 50-70% арзон белгиланади, нисбатан кам ҳудудни эгаллайди. Maglev қурилмаси Хитойда ишга туширилган.



1.8.1-шакл: Қуввати 1000 МВт бўлган Maglev вертикал шамол турбинаси. Хитой.

Агар ушбу қувватга эга бўлиш учун ананавий горизонтал роторли агрегатлардан фойдаланилганда 28 минг гектар ерни эгаллаб, 500 минг хоноданни электр энергияси билан таъминларди, Maglev Wind Turbine ёрдамида эса 750 минг хўжаликни таъминлаш мумкин. Бу якка турбина йилига 8,75 тераватт-соат гача энергия ишлаб

чиқариш мумкин, қайсики ушбу энергия қиймати 5,5 миллион баррель нефть энергияси ҳажмига эквивалентдир.

Maglev Wind Turbine генератор вазифасини ўтовчи магнит ёстиғида сузади, физик тегиниш йўқ, генератор сифатида синхрон двигателлар қўлланилган. Компаниянинг тақидлашиса турбина 500 йилгача, магнит ёстик 100 йилгача, қанот листлари 50 йилгача ишлаши мумкин. Шу билан бирга дастлабки ҳаражатлар анъанавий агрегатларга нисбатан 50-75 % арзон ва 40 м/сек. дан юқори шамол оқимида ҳам ишлаши мумкин.

Мана дунёда ушбу йўналишда қандай илмий тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда.

Марс(Magenn Power Air Rotor System) - Канадалик тадқиқотчи Фред Фергуссон ихтро этган ва учувчи шамол агрегатларини лойиҳалаш бўйича дунёда машҳур бўлган Magenn Power компанияси тамонидан ишлаб чиқилган.

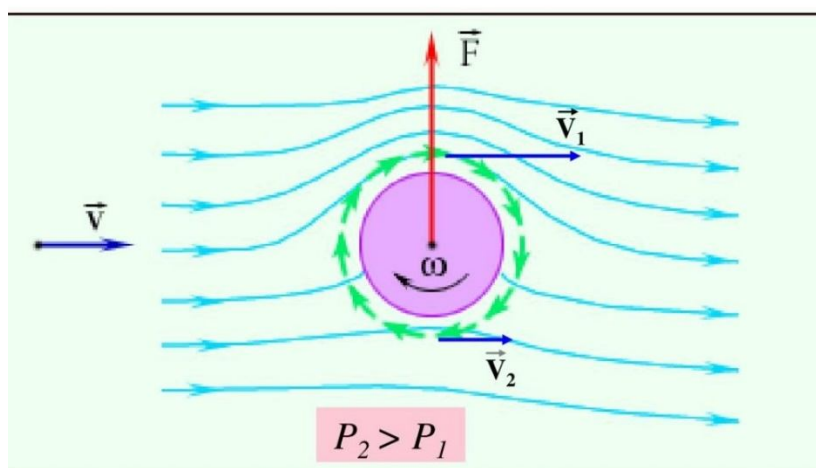


1.8.2-шакл. Марс (Magenn Power Air Rotor System)
шамол генератори

Марс шамол генератори гелий гази билан тўлдирилганлиги ва Магнус эффекти (1.8.2 - шакл) ҳисобига 120-300 метр баландликларда ишлаши мумкин.

Магнус эффекти ҳисобига агрегат на фақат яна ҳам баландликка кўтарилади балки айланиш тезлиги ҳам ортади, ушбу эффектни Бернулли теғламасидан кўриш мумкин. Шу сабабли ерда қандайдир ҳудудий жой эғалламайди. Уни транспортировка қилиш ва зарурат туғулган жойга олиб келиб тез суратда ўрнатиш мумкин. Агрегат генератор ёрдамида ҳосил қилинган электр энергиясини ерга узатувчи махсус кабель, агрегатни ерда тутиб турувчи тросларга маҳкамланган горизонтал ўқли балонлардан иборат.

Эффект Магнуса

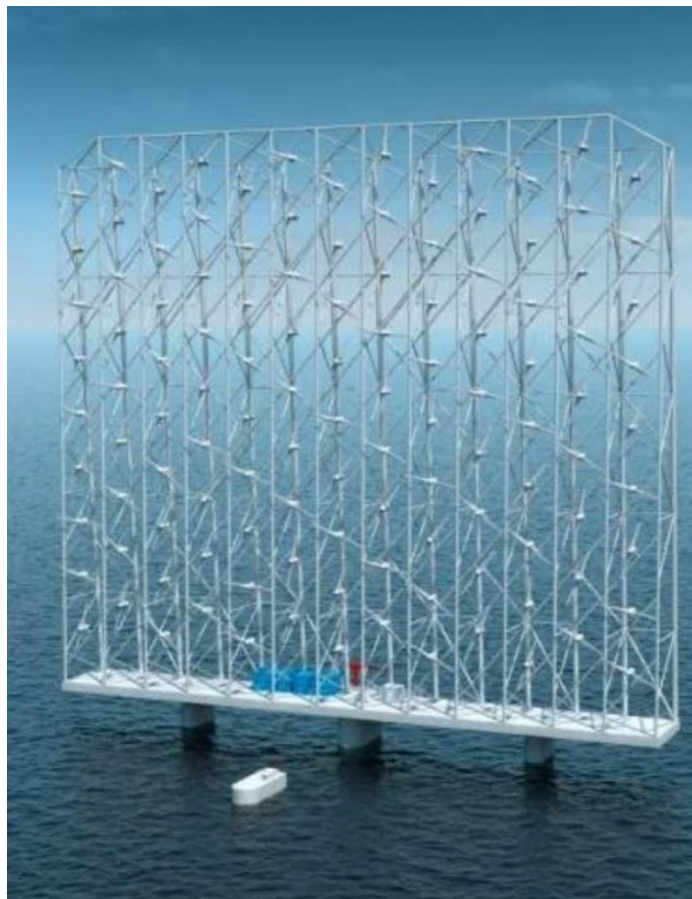


1.8.3 – Магнус эффекти

Компаниянинг таъкидлашича 1 кВт*соат энергия 50-75 центга тушади.

Wind Catching Systems компанияси сузувчи, кўп турбинали, шамол тутувчи системаларни лойиҳалаш билан шуғулланади. Ушбу иншоат йилиги дунёнинг энг катта шамол агрегати ишлаб чиқарган энергиядан 5 маротаба кўп энергияни генерация қилиш қувватига эга. Конструкция учта сузувчи платформага ўрнатилиб, денгиз қарига маҳкамланган. Баландлиги 300 м бўлган фермага бир неча

10 лаб диаметри 1,8 м бўлган пропеллерлар ўрнатилган. Система чуқурлиги 20 м дан катта бўлган ҳудудларга ўрнатилиш имконини бермайди, шунинг учун улар денгизнинг қуруқликка яқин бўлган жойларига ўрнатилади.



1.8.4- Wind Catching Systems

Денгизда сузувчи системалар ҳозирда Шотландиянинг Абердин соҳилларига ўрнатилган. Нуwind компаниясининг маҳсулоти бўлмиш бу тизим 8 та йирик шамол агрегатини бирлаштириб ягона сузувчи платформага ўрнатилган ва у 36 минг хонодонни энергия билан таъминлаши мумкин.

Агар Wind Catching Systems ишга туширилса шамол энергетикасида инқилоб бўлиши мумкин.

Энеркон (Enercon) компанияси: Ушбу шамол агрегати 2007 йилда Германиянинг Эмден шаҳри атрофида ишга туширилган.



1.8.5- Enercon ШЭС

Қуйида унинг техник характеристикаси келтирилган:

1. Минора баландлиги – 135 м
2. Қанотнинг максимал кўтарилиш баландлиги – 198 м
3. Ротор диаметри – 128 м
4. Оғирлиги – 6000 тонна
5. Қуввати – 7,58 МВт
6. Роторнинг ишчи тезлиги - $5 \div 11,7$ – айл./мин.
7. Нарҳи – 11 млн. евро.

8. Агрегатлар сони – 35 та
9. Эгаллаган ишчи юзаси – 12 668 м²
10. Шамол тезлиги – минимал 3 м/с, наминал 9 м/с, чегаравий 34 м/с
11. Хужум бурчаги – лопостларга боғлиқ эмас

Airbore Wind Turbinr: Альтэрос Энержис (Altaeros Energies) компанияси тамонидан ишлаб чиқилган Дирижабль ва шамол агрегати гибридини муоффақиятли синовдан ўтказди. Компания Гарворд ва Массачусетс технологик институти битирувчилари тамонидан ташкил этилган. Шамол генератори ва унинг лопастлари Doyle Sailmakers компаниясининг мутахасислари биан биргаликда таёрланган. Агрегат 2014 йилда Аляскада ишга туширилди.



1.8.6 - Altaeros Energies Sailmakers
компаниясининг ШЗС

1. Баландлиги – 300 м
2. Режалаштирилган баландлик – 600 м
3. Шамол энергиясининг таннархи – 65% га арзон.
4. Қуввати – 3,8 МВт
5. Диаметри – маълумот берилмаган

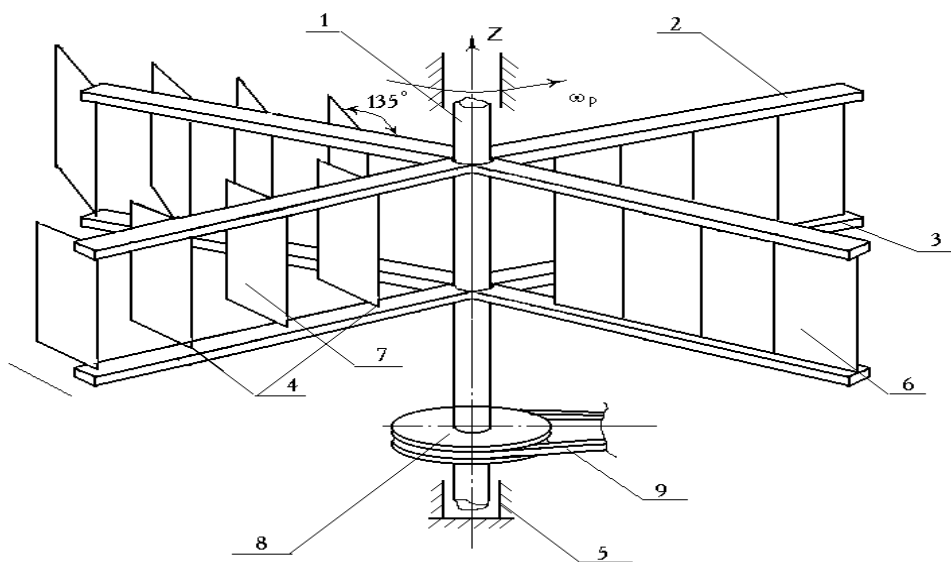
6. Агрегат гелий газини тўлдирилган дирижабль ёрдамида кўтарилган

7. Агрегат ўзининг мобиллигини билан жуда қулай.

Хулоса ўрнида шунини таъкидлаш жоизки, дунё мамлакатларида, айниқса ривожланган мамлакатларда шамол энергиясидан фойдаланиш бўйича ақл бовар қилмас лойиҳалар амалга оширилмоқда. Демакки, энергия танқислигини, экологик ҳатар, органик ёқилғилар, АЭС келтираётган даромаддан афзал экани маълум бўлади. Уларнинг захирасини тугашини кутиб ўтиришлик дунё ҳамжамияти тамонидан йўл қўйилиши мумкин бўлган глобал ҳато эканлигини барчага бирдек аён бўлди.

II. Қанотлари текис юзали вертикал ўқли роторнинг назарий натижалари

Ушбу бобда вертикал ўқли роторнинг ясси юзали конструкцияси устида олиб борилган илмий тадқиқот натижалари келтирилади. Улар шунинг учун ҳам муҳимки, бундай турдаги роторларнинг кўплаб конструкциялари мавжуд эканлигидан динамик хараектистикалари ҳақида хулосалар чиқариш мумкин. Пешона қаршиликларигина турли қийматларни қабул қилишлари мумкин.



2.1.1 –шакл: Шамол двигатели,
С.И. Исмоилов, У.Ғ. Деҳқонов.
Ихтиро патенти, UZ IDP №2118, Ўзбекистон, 1994 й

2.1. Ротор механизмининг ишлаш принципи ва унинг характерли ҳолатлари

Ротор шамол энергиясини механик энергияга айлантиради, системани ишга туширувчи етакловчи звено вазифасини бажаради.

Унга кўра ўз ўқи Z атрофида айланувчи вал 1 га пластинкаларни шарнирлар 4 ёрдамида тутиб турувчи юқорида 2 ва пастда 3 стерженлар маҳкамланган ва унга қанотлар ўрнатилган. Валнинг ўзи юқори ва пастки қисмларидан подшипниклар ва потпятник 5 га маҳкамланган. Қанот пластинкаларининг ҳолатига кўра, шамолни тўсиб қолувчи ёпиқ 6 ва шамолни ўтказиб юборувчи очик 7 вазиятларда бўлиши мумкин. Пластинкалари ёпиқ ҳолатда бўлган қанот шамол босимини қабул қилади. Айтайлик, роторнинг ўнг томони шамол босимини қабул қилиб, чап томони уни ўтказиб юбориши ҳисобига босимлар фарқи юзага келса, ротор соат милага қарши бирор ω_r бурчакли тезлик билан айлانма ҳаракат қилади. Қанотнинг ўнг томонидан чап томонига ўтиш чегарасида унинг пластинкалари 135° га бурилади ва ўнг томонга ўтгунга қадар ўз ўқлари атрофида эркин айлана олишлари мумкин эканидан шамол тезлигининг йўналиши ψ га параллел ҳолатлари 7 ни сақлаб қолишга мажбур бўладилар. Пластинкаларнинг бу ҳаракат қонунияти шамол тезлигининг турли йўналишларида ҳам ротор бурчак тезлиги йўналишини сақлаб қолишига имкон беради (2.1.1-шакл).

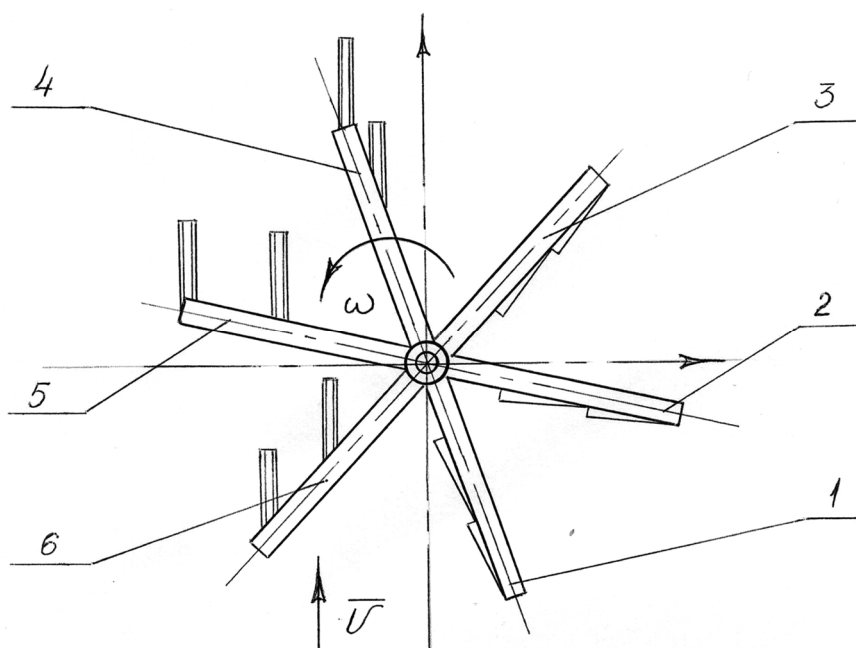
Кўриниб турибдики, ротор қанотлари ҳар бир айланиш даврида, шамол босимини қабул қилишига кўра ўзларининг турли вазиятлари билан тавсифланади. Ротор динамикасига таъсир қилувчи бу тавсифли вазиятлар, асосан, 4

хил бўлади. Уларни ротор қанотларининг сони $n=6$ бўлган ҳолида кўриб чиқайлик (2.1.2-шакл).

1. Активлик ҳолати: қанотнинг юзаси тўлиғича шамол босимини қабул қилади. 2.1.2-шаклда 1-қанот *активлик* ҳолатида.

2. Қисман активлик ҳолати: бунда қанот ўзидан кейинги келаётган қанотнинг юзаси сабабли шамол йўналишидан қисман тўсилиб қолади. 2-қанот *қисман активлик* ҳолатида бўлиб, у шамол йўналишидан 1-қанот ҳисобига қисман тўсилиб қолган.

Активлик ва қисман активлик ҳолатлари биргаликда қанотнинг *ишчи ҳолати* деб юритилади.



2.1.2-шакл. Ротор қанотларининг тавсифли ҳолатларини кўрсатишга доир

3. Пассивлик ҳолати: агар қанот ўзидан кейинги келаётган қанот сабабли шамол йўналишидан тўла тўсилиб қолса, у система учун фойдали иш бажармайди, шунинг учун бу вазият қанотнинг *пассивлик ҳолати* деб аталади. Шаклда 3-қанот пассивлик ҳолатида.

4. Қаршилик ҳолати: бу ҳолатда қанот пластинкалари очилган ҳолатда бўлиб, шамол йўналишига қарама-қарши ҳаракат қилади (4, 5, 6-қанотлар).

Энди қанотларнинг ушбу тавсифли ҳолатлари интервалларини аниқлайлик. Бунда роторнинг фақат битта қанотининг ҳаракатини текшириш етарли бўлади, чунки қанотлар даврий ҳаракатда бўлганлиги ва у 2π га тенг эканидан топилган қонуният барча қанотлар учун ҳам талукли бўлади.

2.1.3-шаклда қанотлар сони 4 та бўлган роторнинг схематик кўриниши тасвирланган. Бунда қанотлар орасидаги бурчак θ бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$\theta = \frac{2 \cdot \pi}{n} \quad (2.1.1)$$

бунда, n -роторнинг қанотлар сони.

У ҳолда шамол йўналиши билан 1-қанот текислиги орасидаги бурчакни φ деб олганимиз учун 2-қанот текистлиги билан шамол йўналиши орасида ҳосил бўлган φ_2 бурчакни қуйидагича белгилашимиз мумкин:

$$\varphi_2 = \varphi + \theta \quad (2.1.2)$$

2-қанот ҳаракатини текширайлик: фараз қилайлик, агар роторни бурчак тезлиги ω_r йўналишига қарама-қарши томонга фикран, бирор φ бурчакка бурсак, 2.1.2-тенгликка кўра 2-қанот шамол йўналишига нисбатан $\varphi_2 = \theta$ бўлган бурчак бўйича жойлашади. У ҳолда қанотнинг бу ҳолатига келгунига қадар ўтган йўлида, яъни $0 < \varphi < \theta$ интервалдаги ҳаракатида актив ҳолатда бўлганини кўришимиз мумкин. Роторнинг бундан кейинги ҳаракатида 2-қанот, 2.1.3, а-шаклда тасвирланганидек қисман актив ҳолатига ўтади. Унинг қисман актив ҳолати 1-қанотнинг ортига тўлиқ ўтиб

бўлгунига қадар давом этади (2.1.3,б-шакл). Яъни, бунда қуйидаги тенглик қарор топган вазиятда юз беради:

$$\ell \cdot \sin \varphi = \ell \cdot \sin(\varphi + \theta) \quad (2.1.3)$$

(2.1.3) ни φ га нисбатан ечамиз ва $\varphi = \varphi_1$ деб қисқа ўзгартириш билан ёзамиз,

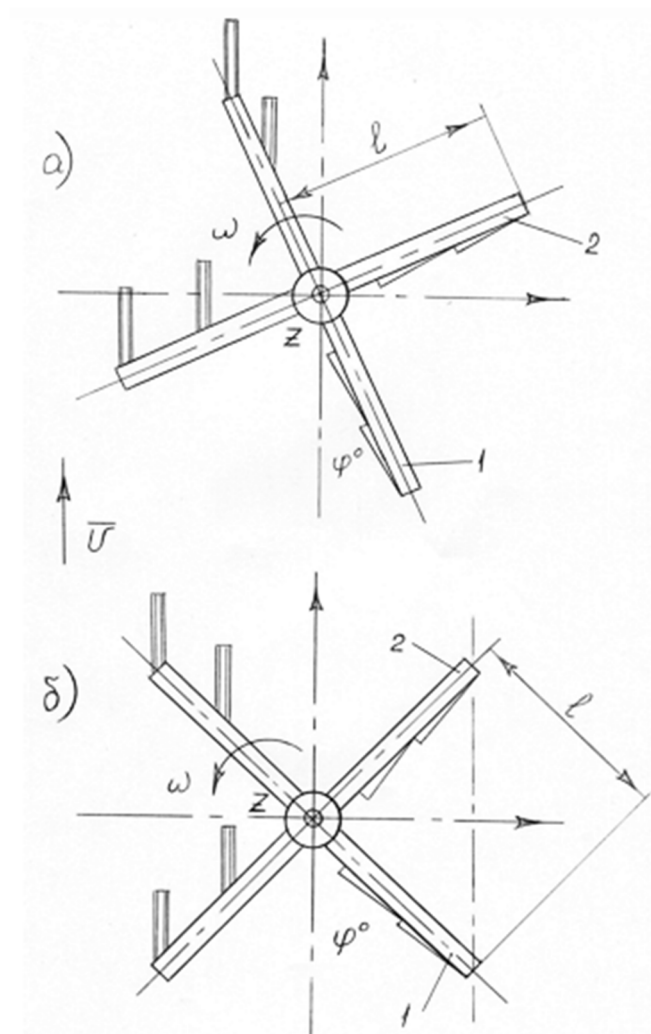
$$\varphi_1 = \arctg \frac{\sin \theta}{1 - \cos \theta} \quad (2.1.4)$$

бунда, φ_1 -2-қанотнинг қисман актив ҳолатидан чиқиш чегарасининг 1-қанот бурилиш бурчаги орқали ифодасини кўрсатади. Бу қиймат ротор қанотининг актив ва қисман актив ҳолатларининг ўзгариш чегарасини белгилайди. Демак, $0 < \varphi < \varphi_1$ интервалда битта актив ва битта қисман актив қанотлар ишчи ҳолатда бўлса, $0_1 < \varphi < \varphi_1$ интервалида фақат битта актив қанот ишчи ҳолатда бўлади. У ҳолда 2-қанотнинг қисман актив ҳолатининг ниҳояси 1-қанот бурилиш бурчаги φ нинг қиймати (2.1.4) тенглик қийматига тенг ($\varphi = \varphi_1$) бўлганида, яъни 2-қанотнинг бурилиш бурчаги (2.1.2) тенгликка кўра қуйидаги қийматга етганида юз беради:

$$\varphi_2 = \arctg \frac{\sin \theta}{1 - \cos \theta} + \theta \quad (2.1.5)$$

Демак, қанотнинг қисман актив ҳолатининг интервали $\theta < \varphi < \varphi_2$ кўринишда бўлади.

Юқорида келтирилган мулоҳазалар қанотнинг пассив ҳолати ва қаршилиқ ҳолатлари мос равишда $\varphi_2 < \varphi < \pi$, $\pi < \varphi < 2\pi$ интервалларда бўлишини кўрсатади. Аниқланганларга кўра роторнинг қанотлари сони $3 < n < 6$ бўлганида, уларнинг тавсифли ҳолатларининг ўзгариш интервалларни кўрсатувчи 2.1.1-жадвални тузишимиз мумкин.



2.1.3-шакл. қанотнинг тавсифли ҳолатлари интервалларини аниқлашга доир.

Қанот тавсифий ҳолатини белгиловчи интерваллар

2.1.1-жадвал.

Қанот-лар сони	Тавсифли бурчак интерваллари			Қанот ҳолатларининг ўзгариш интерваллари			
	θ	φ_1	φ_2	1-ҳолат	2-ҳолат	3-ҳолат	4-ҳолат
3	120	30	150	0; 120	120;150	150;180	$\pi < \varphi < 2\pi$
4	90	45	135	0; 90	90; 135	135;180	$\pi < \varphi < 2\pi$
5	72	54	126	0; 72	72;126	126;180	$\pi < \varphi < 2\pi$
6	60	60	120	0; 60	60; 120	120;180	$\pi < \varphi < 2\pi$

Текширишларга кўра қуйидаги ҳулосаларни келтирамиз:

1. Роторнинг актив ва қисман актив ҳолатларининг бир вақтдаги умумий сони иккитадан ошмайди;
2. Қанотлар сони ортиб бориш билан уларнинг ишчи ҳолати интервали камайиб боради.

2.2. Шамол агрегати вертикал ўқли роторининг ҳаракатлантирувчи моменти

Вертикал ўқли ротор қанотларининг сони қандай бўлишидан қатъи назар унда фақат иккита қанот ишчи ҳолатда бўлади. Улардан бири тўлиқ актив, иккинчиси эса қисман актив ҳолатида ишлайди (2.2.1-шакл). Роторнинг ҳаракатлантирувчи моментининг аналитик ифодасини аниқлаймиз. Ҳисобларни “Машина ва механизмлар назарияси” ва “Назарий механика” фанларининг ҳисоблаш услубларида олиб борамиз [1], [2].

Фараз қилайлик, u тезликли шамолнинг P босими ротор қанотининг dS юзига таъсир этсин (2.2.1-шакл) ва уни ω бурчакли тезлик билан ҳаракатга келтирсин. U ҳолда ҳосил бўлган элементар куч қуйидагича бўлади.

$$dQ = P \cdot dS \quad (2.2.1)$$

Бунда, шамол босими ва элементар юза

$$P = \frac{1}{2} \cdot V^2 \cdot \rho \quad (2.2.2)$$

$$dS = h \cdot dx \quad (2.2.3)$$

эканини ҳисобга олсак, ҳаракатлантирувчи моментнинг элементар қиймати $dM = x \cdot dQ$ ёки (2.2.1), (2.2.2), (2.2.3) ларни инобатга олиб

$$dM = \frac{1}{2} \cdot x \cdot \rho \cdot V^2 \cdot h \cdot dx \quad (2.2.4)$$

эканини топамиз. Тенгликнинг ҳар икки тамонини интеграллаб

$$M = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot h \cdot \int x \cdot V^2 \cdot dx \quad (2.2.5)$$

га эга бўламиз: аэродинамика қонунларида келтирилишига кўра юзаларнинг пешона қаршилиги коэффиценти C ни инобатга олсак [3], (2.2.5) қуйидаги кўриниш олади:

$$M = \frac{1}{2} \cdot C \cdot h \cdot \rho \cdot \int x \cdot V^2 \cdot dx \quad (2.2.6)$$

охирги тенглик агрегат ҳаракатлантирувчи моментининг умумий тенгламаси бўлиб, бунда, x -қанот радиуси бўйлаб йўналган координата ўқи, ρ -ҳаво зичлиги, нормал шароитда $1,23 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ га тенг, V -шамолнинг қанот ишчи юзасининг мос нуқтасига кўра олинган нисбий тезлиги, м/с, h -қанот баландлиги, м.

Топилган тенгламани қанотларнинг ҳарактерли ҳолатларига, яъни актив ва қисман актив қанотлари учун татбиқ этайлик (2.2.1-шакл):

а) 1-қанотнинг актив ҳолатида интеграл чегараси $[d \cdot \sin \varphi; \ell \cdot \sin (\varphi + \theta)]$ интервалда бўлиб, нисбий тезлик қиймати

$$\begin{aligned} V &= v - V_y \text{ ва бунда, } V_y = \omega \cdot x \cdot \sin \varphi & \text{эканидан} \\ V &= v - \omega \cdot x \cdot \sin \varphi & (2.2.7) \end{aligned}$$

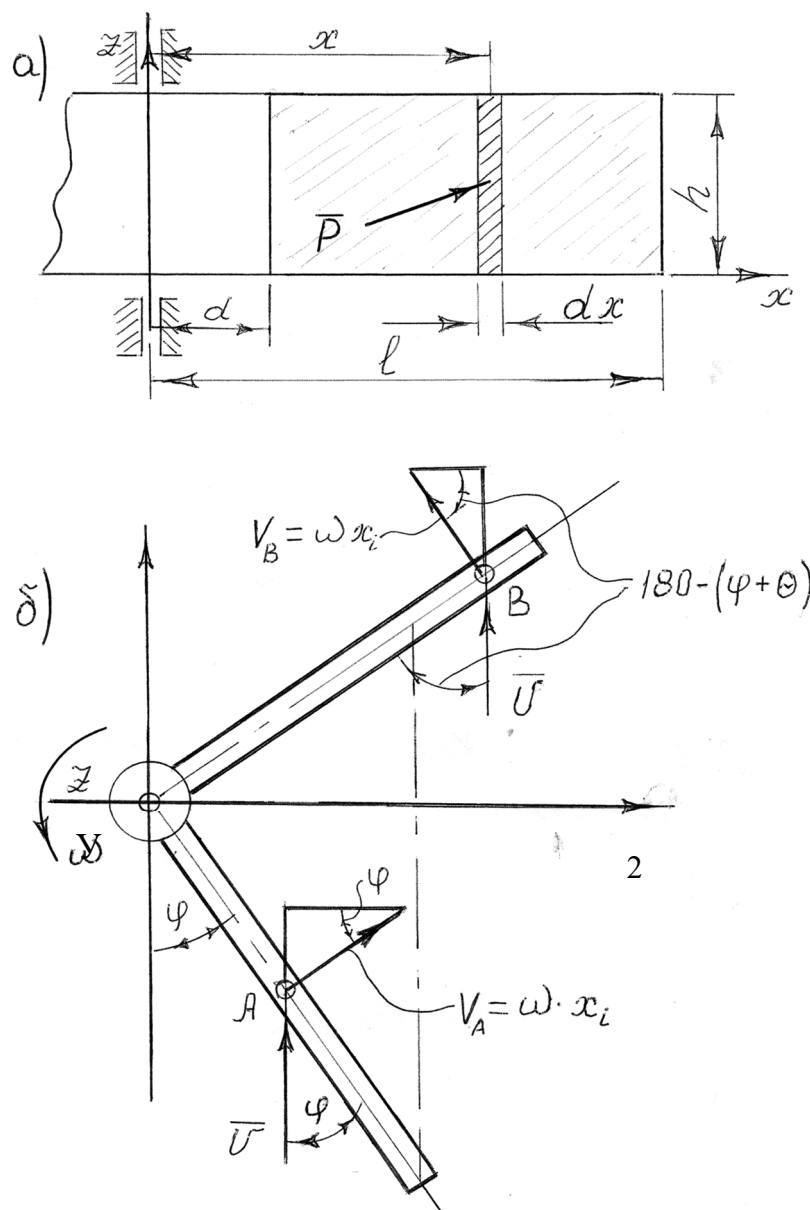
кўринишда бўлади.

Бунда, ℓ - қанот радуси, d -қанотнинг очик юзасининг кенглиги, x -ротор ўқидан нуқтагача бўлган энг қисқа масофа.

б) 2-қанотнинг қисман актив ҳолатида интеграл чегараси $[\ell \cdot \sin \varphi; \ell \cdot \sin (\varphi + \theta)]$ интервалда бўлиб, нисбий тезлик

$$V = v - \omega \cdot x \cdot \sin(\varphi + \theta) \quad (2.2.8)$$

кўринишида бўлади. 2.2.1(б)-шаклда қанот ихтиёрий нуқтасининг тезлик вектори ва унинг Oy ўқидаги проекцияси V_y нинг ҳолатлари А ва В нуқталар мисолида кўрсатилган.



2.2.1-шакл. Ҳаракатлантирувчи моментни ҳисоблашга доир

Айтилган ушбу мулоҳазаларни ҳисобга олиб, ҳаракатлантирувчи моментнинг қийматини ҳар икки қанот учун алоҳида ҳисоблаймиз:

1. Биринчи қанот учун ҳисоб: бунда интегралнинг кўриниши қуйидагича бўлади,

$$M_1 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot h \cdot \rho \cdot \int_{d \cdot \sin \varphi}^{\ell \cdot \sin \varphi} (\nu - \omega \cdot x \cdot \sin \varphi)^2 \cdot x \cdot dx$$

интегрални ҳисоблаб,

$$M_1 = \frac{1}{24} \cdot \rho \cdot C \cdot h \cdot \ell^2 \cdot \sin^2 \varphi ((6 \cdot \nu^2 \cdot (1 - k^2) - 8 \cdot \nu \cdot \omega \cdot \ell \cdot (1 - k^3)) \cdot \sin^2 \varphi + 3 \cdot \omega^2 \cdot \ell^2 \cdot \sin^4 \varphi (1 - k^4)) \quad (2.2.9)$$

эканини топамиз. Бунда, $k = \frac{d}{\ell}$ бўлиб, қанот юзасининг очиқлик коэффициенти дейилади.

2. Иккинчи қанот учун ҳисоб: бунда интеграл тенглик

$$M_2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot h \cdot \int_{\ell \cdot \sin \varphi}^{\ell \cdot \sin(\varphi + \theta)} (\nu - \omega \cdot x \cdot \sin(\varphi + \theta))^2 \cdot x \cdot dx \quad (2.2.10)$$

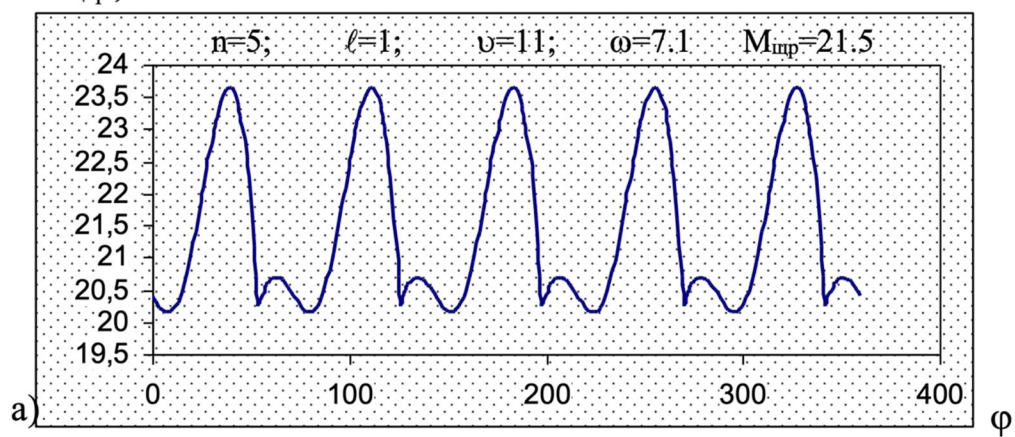
Ушбу интеграл учун ҳам зарурий ҳисоблашларни ўтказиб қуйидагига эга бўламиз,

$$M_2 = \frac{1}{24} \cdot \rho \cdot C \cdot h \cdot \ell^2 \cdot [6 \cdot \nu^2 \cdot (\sin^2(\varphi + \theta) - \sin^2 \varphi) - 8 \cdot \nu \cdot \omega \cdot \ell \cdot (\sin^3(\varphi + \theta) - \sin^3 \varphi) \cdot \sin(\varphi + \theta) + 3 \cdot \omega^2 \cdot \ell^2 \cdot (\sin^4(\varphi + \theta) - \sin^4 \varphi) \cdot \sin^2(\varphi + \theta)] \quad (2.2.11)$$

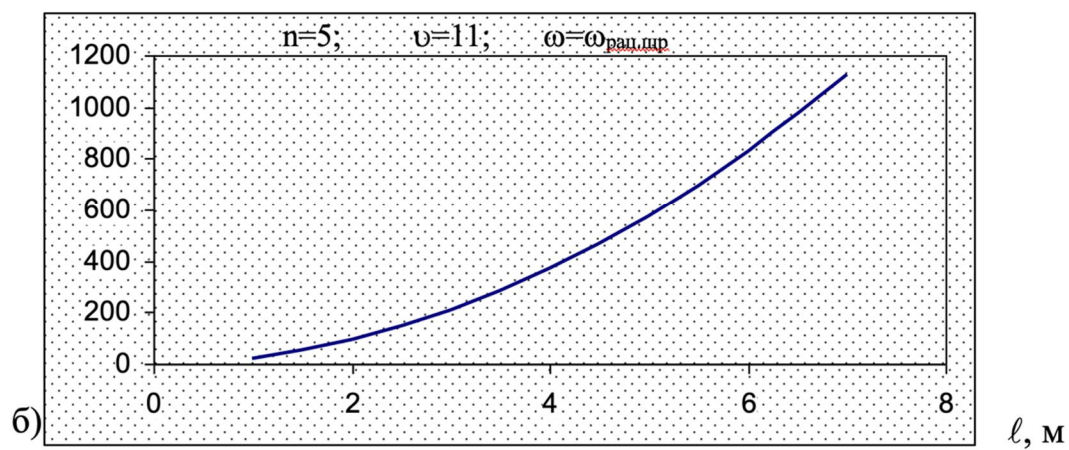
Ҳосил қилинган (2.2.9) ва (2.2.11) тенгламалар шамолнинг тезлиги $\nu > 0$ бўлган шарт бажарилгандагина ўринли эканини эслатамиз. Улар орқали агрегатнинг ҳаракатлантирувчи момент қийматини аниқлашимиз мумкин. Бунинг учун ротор механизмининг конструкция вий таҳлилидан аниқланган 2.1.1-жадвалдан фойдаланамиз.

Компьютер дастури асосида ҳисобланган: роторнинг бурилиш бурчаги φ , қанотлари сони n , шамол тезлиги ν , қанот радиуси ℓ , бурчак тезлиги ω лар билан ўзаро боғлиқликларни кўрсатувчи графиклари 2.2.3, а-е-шаклларда келтирилган.

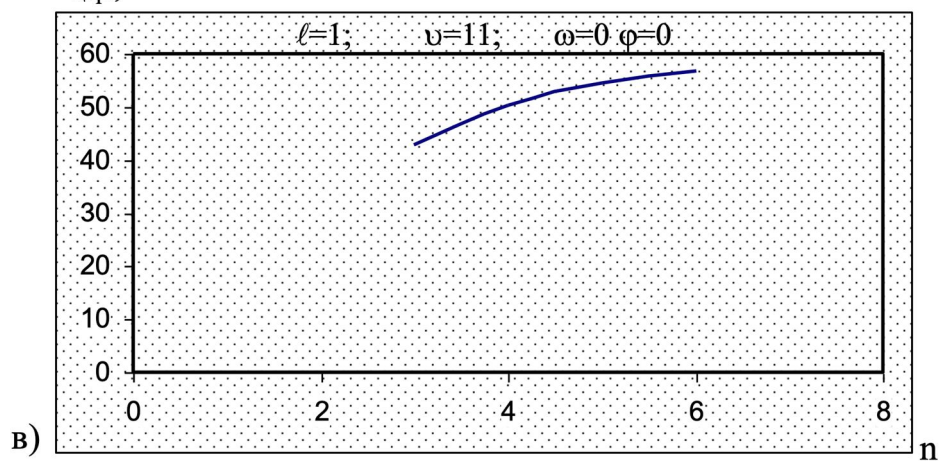
$M_{\text{хар.}}, \text{H} \cdot \text{м}$



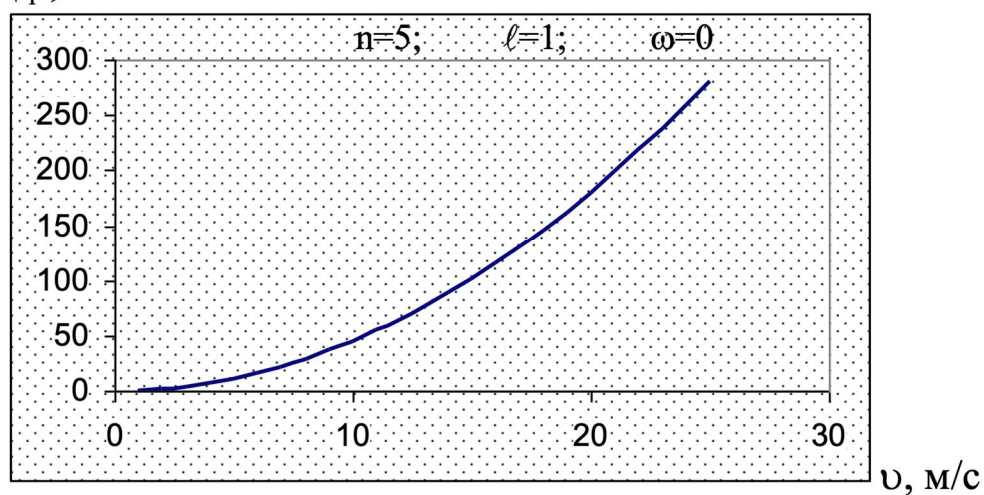
$M_{\text{хар.}}, \text{H} \cdot \text{м}$



$M_{\text{хар.}}, \text{H} \cdot \text{м}$

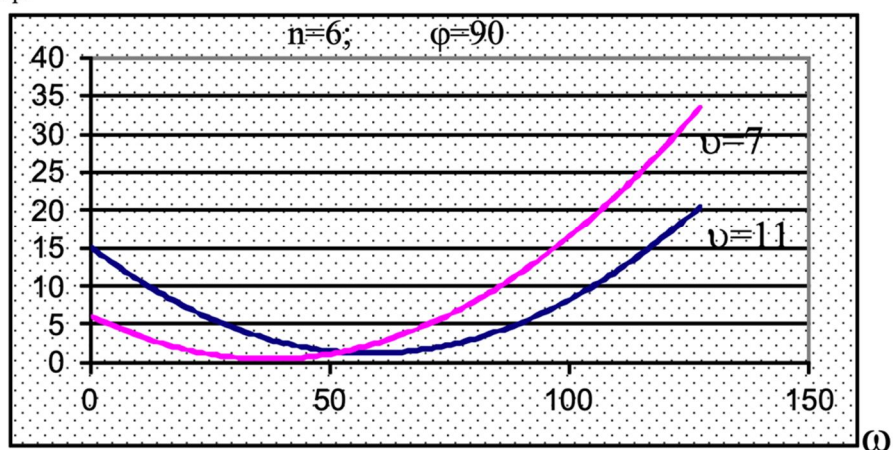


$M_{\text{хар}}, \text{Н}\cdot\text{м}$



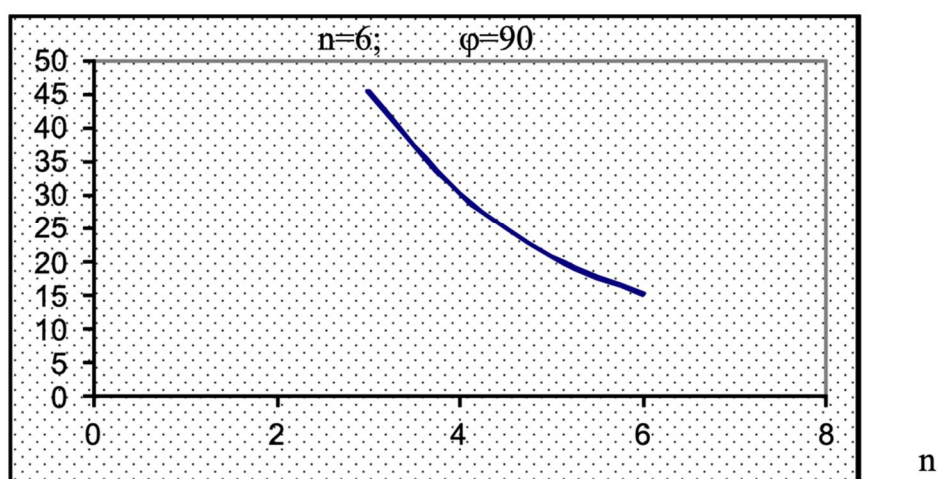
г)

$M_{\text{хар}}$



д)

$\Delta M_{\text{хар}}$



е)

2.2.2-шакл. Ҳаракатлантирувчи момент
тавсифига доир

Ҳисоблашлар натижасида олинган графикларга кўра
қуйидагиларни хулоса қилишимиз мумкин:

-ҳаракатлантирувчи моментнинг қиймати бурилиш бурчагига боғлиқ тарзда даврий ўзгарувчан тавсифга эга;
-моментнинг минимал қиймати қисман актив ҳолатдаги қанот актив қанотнинг ортига тўлиқ ўтиб бўлган онига тўғри келади (2.2.2 (а)-шакл);

-қанотлар сонининг ортиб бориши моментнинг максимал қийматига ҳеч қандай таъсир қилмайди. Ўртача қийматини эса ортириб боради, ушбу ўзгариш қанотлар сони 6 тадан ортганидан сўнг сезиларлилигини йўқотади (2.2.2 (б)-шакл);

-қанотлар сонинг ортиб бориши ҳаракатлантирувчи моментнинг максимал ва минимал қийматлари орасидаги фарқни камайтиради (2.2.2 (е)-шакл);

- ℓ нинг қиймати ортиб бориши билан моментнинг қиймати параболик тарзда ортиб боради;

-ҳосил қилинган моментнинг қиймати, асосан, қанот юзасининг ротор ўқиғача бўлган масофа қиймати $0,2 \cdot \ell$ дан кейинги қисми ҳисобига ҳосил бўлади. Бу масофага нисбатан яқин бўлган юза момент қийматини орттиришдан кўра кўпроқ ротор ўқини эгишга сарфланади;

-бурчак тезлик қийматининг ўзгариши момент қийматини параболик қонуният билан ўзгаришига олиб келади ва минимал қийматигача камайтиради. Момент қийматининг минимал қийматидан кейинги ортиши нофизик кўрсаткичдир (шамол тезлигининг мазкур қийматида ротор бурчакли тезлиги ω_r нинг максимал қиймати $\omega_{\min}$. Дан ортмайди) (2.2.2 (д)-шакл).

Ушбу графикнинг яна бир муҳим қонунияти шундаки, ротор тинч ҳолатида ҳаракатлантирувчи момент қиймати ишчи ҳолатидаги қийматига нисбатан 2-2,5 баробар ортиқ

бўлади, бу агрегатни ҳаракатга келтириш учун ёрдамчи двигателларсиз ишчи ҳолатга чиқа олишини кўрсатади.

Иккинчидан, шамол тезлигининг ортиши ротор бурчакли чезлигини максимал даражагача ортишига олиб келади, натижада қанот юзаларига тушувчи босим камаяди, ишлаб чиқарувчи қувват асосан бурчак тезлигининг қийматини ортиши ҳисобига юз беради, ротор қанотларининг узилиб кетиш хавфини олдини олади.

2.3. Агрегатга қўйилган фойдали қаршилик кучларининг зарурий тавсифини аниқлаш

Маълумки, агрегатнинг ишчи ҳолатида

$$A_{x.2\pi} = (A_{ф.к} + A_{з.к})_{2\pi} = 0 \quad (2.3.1)$$

тенглик шarti бажарилиши керак, яъни фойдали $A_{ф.к}$ ва зарарли қаршилик кучларининг бажарган $A_{з.к}$ ишлари ҳаракатлантирувчи моментнинг бажарган иши $A_{x.2\pi}$ га тенг бўлиши зарур [5], [33], [37]. (2.3.1) тенгликнинг геометрик ифодаси 2.3.1-шаклда келтирилган. У агрегат ҳаракатининг хусусий ҳоли учун ҳисобланилган.

Шаклдан кўриниб турибдики, қаршилик кучларининг тўғри чизикдан иборат графигининг аналитик ифодаси

$$A_k = k \cdot \varphi \quad (2.3.2)$$

тенглама билан аниқланади. Бунда, коэффициент k нинг қиймати ҳаракатлантирувчи момент қийматининг бажарган иши $A_{x.2\pi}$ ни бурилиш бурчагининг бир даври 2π га бўлган нисбатига тенг:

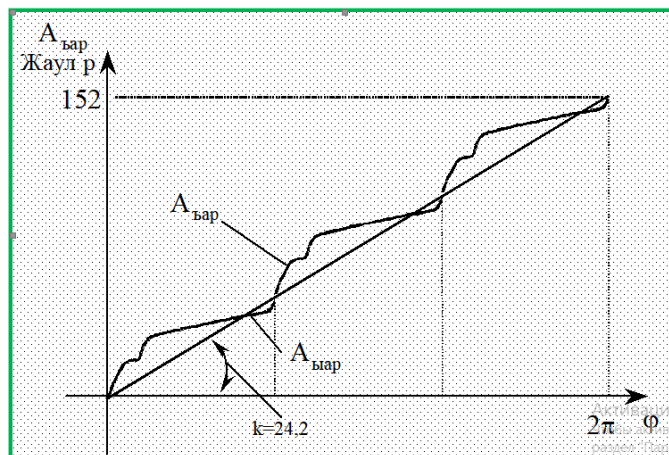
$$k = \frac{A_{x.2\pi}}{2\pi} \quad (2.3.3)$$

У ҳолда қаршилик кучлари бажарган ишининг бурилиш бурчаги φ га боғлиқлиги қуйидаги кўринишда бўлади:

$$A_{\kappa} = \frac{(A_{\kappa})_{2\pi}}{2\pi} \cdot \varphi \quad (2.3.4)$$

Агар ҳаракатлантирувчи кучнинг бажарган ишини ҳар бир давр оралиғидаги ифодаси $A_{\kappa, 2\pi} = 2\pi \cdot M_{\kappa}$ эканини ва бунда қаршилик моменти қийматининг ташкил этувчилари [54],

$$M_{\kappa} = M_{\phi, \kappa} + M_{p, \kappa} + M_{y, \kappa}$$



2.3.1.-Шакл. Ҳаракатлантирувчи ва қаршилик кучлари бажарган ишлари графикларининг кўриниши

кўринишда бўлишини ҳисобга олсак, фойдали қаршилик моменти аналитик ифодасини аниқлашимиз мумкин:

$$M_{\phi, \kappa} = \frac{(A_{\kappa})_{2\pi}}{2\pi} - M_{y, \kappa} - M_{p, \kappa} \quad (2.3.5)$$

(2.3.5) тенгламани агрегат механизмининг тузилишига кўра татбиқ қиламиз. Бунинг учун қуйидаги хулосаларни келтирамиз:

Айтайлик ротор ω бурчак тезлиги билан ҳаракат қилса бир секунд вақт ичида

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \frac{\text{айл}}{\text{мин}} = \frac{30 \cdot \omega}{60\pi} \frac{\text{айл}}{\text{сек}} = \frac{\omega}{2\pi} \frac{\text{айл}}{\text{сек}} \quad (2.3.6)$$

марта айланади. У ҳолда узатишлар сони $i_{\text{тас}}$ га тенг бўлган тасмали узатма орқали боғланган юритманинг вали

$$n_{ю} = i_{\text{тас}} \cdot n \quad (2.3.7)$$

марта ва демак, генератор валининг секуд ичидаги айланишлар сони $n_{\text{ген.}} = i \cdot n$ каби бўлади. Бунда, i -механизмнинг тўла узатишлар сони.

У ҳолда (2.3.2) ни якуний кўринишда ёзамиз:

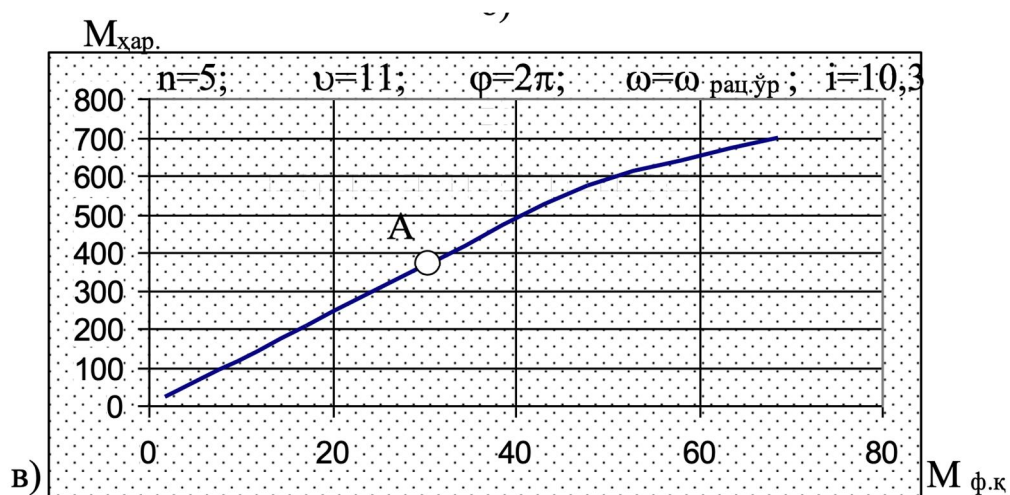
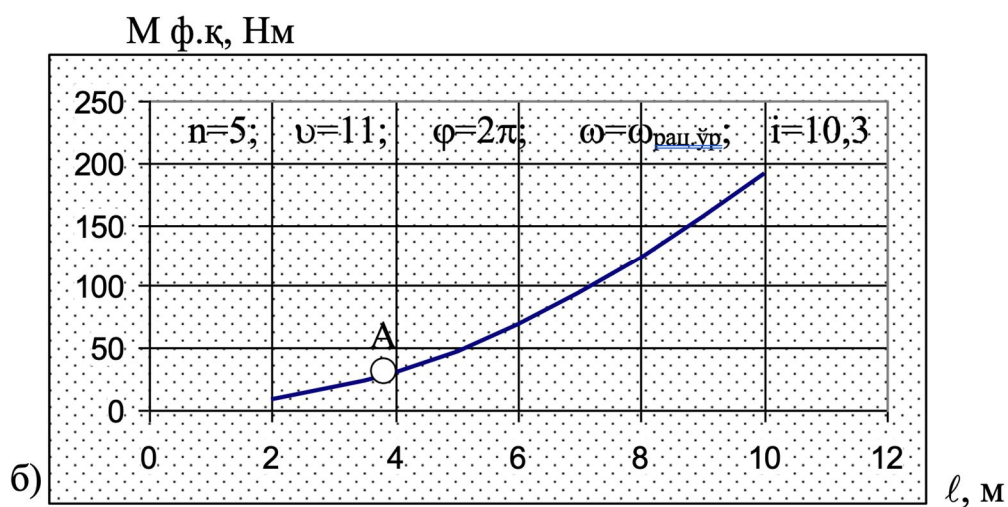
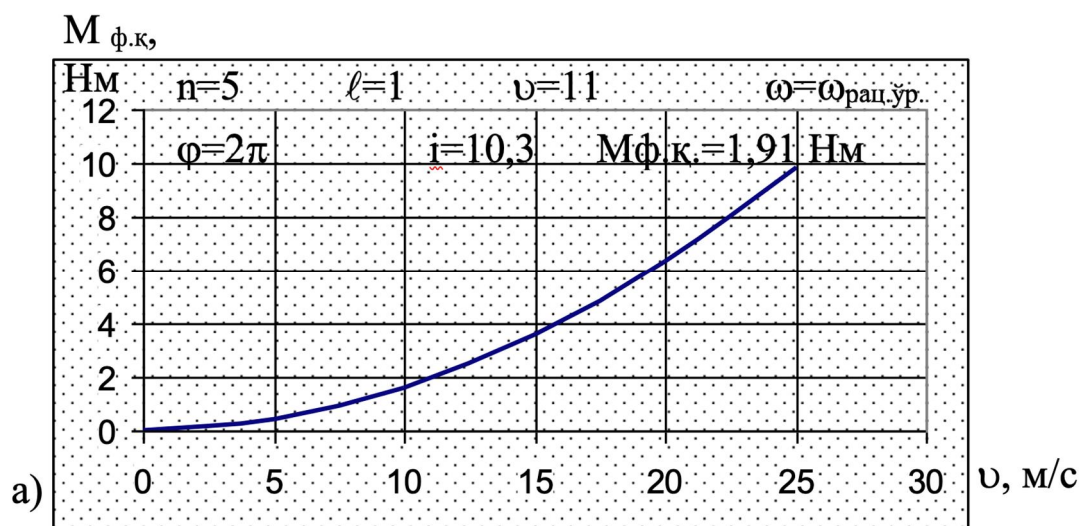
$$M_{\text{ф.к}} = \left(\frac{(A_x)_{2\pi}}{2\pi} - M_{\text{р.з.к.}} \right) \cdot \frac{n_p}{n} - M_{\text{ю.з.к.}} \cdot \frac{n_{ю}}{n} \quad (2.3.8)$$

Бунда, $M_{\text{ф.к}}$ -ишчи валга қўйилган фойдали қаршилик моменти, $M_{\text{р.з.к.}}$ -роторнинг зарарли қаршилиги, $M_{\text{ю.з.к.}}$ -юритманинг зарарли қаршилиги, n_p -роторнинг айланишлари сони, $n_{ю}$ -роторга уланган юритма валининг айланишлар сони, $(A_x)_{2\pi}$ -роторнинг бир давр айланиш интервалидаги ба-
жарган иши.

(2.3.8) тенгламага асосан ҳисоблаб топилган графиклар 2.3.2-шаклда келтирилган. Уларга кўра қуйидаги хулосаларни келтириш мумкин:

-Фойдали қаршилик кучларининг айрим олинган ҳар бир қийматига ротор радиуси ва шамол тезлигининг фақат бир қиймати мос келади: 2.3.2(в)-шаклнинг ихтиёрий A нуқтасидан қуйидаги хулосага келиш мумкин: $n=5$, $\ell=4$, $\nu=11$ бўлганида, фойдали қаршилик қиймати $M_{\text{ф.к}}=30,6$ Н·м бўлиб, ҳаракатлантирувчи момент қиймати $M_x=368$ Н·м эса бўлиши керак.

Ушбу шарт ω рационал ўртача қийматга эга бўлишини ва ишлаб чиқарилувчи қувватни максимал қийматга эришишини таъминлайди.



2.3.2-Шакл. Фойдали қаршилик моменти қийматининг зарурий-назарий тавсифи.

2.4. Роторнинг фойдали иш коэффиценти

Роторнинг фойдали иш коэффициенти унинг асосий кўрсаткичларидан биридир. Бу кўрсаткич вақт бирлиги ичида роторнинг ўзлаштирган энергия миқдори A_x қийматини, унинг шу вақт бирлиги ичидаги қанотлари эгаллаб турган умумий ишчи юзасининг ўртача қийматидан оқиб ўтувчи шамолнинг тўлиқ энергия миқдори A_s га бўлган нисбати билан ўлчанади [35]:

$$\eta = \frac{A_x}{A_s} \quad (2.4.1)$$

Шамол энергиясининг 1-бобда келтирилган қуйидаги

$$A_s = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S_{\text{ўр.}} \cdot v^3 \quad (2.4.2)$$

тенгламасига асосан ва вақт бирлиги ичида роторнинг айланишлари сони n ни ҳисобга олиб (2.3.1) тенгликни қуйидагича ёзамиз:

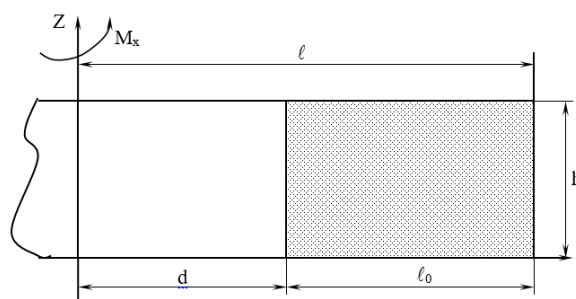
$$\eta = \frac{2 \cdot A_x \cdot n}{\rho \cdot S_{\text{ўр.}} \cdot v^3} \quad (2.4.3)$$

бунда, A_x -қанотларнинг бир давр оралиғидаги эгаллаб турган умумий юза йиғиндисининг ўртача қиймати

$$S_{\text{ўр.1}} = \frac{1}{\varphi_1} \cdot h \cdot (\ell - d) \cdot \sum_0^{\varphi_1} \sin \varphi \quad \text{актив қанот учун}$$

$$S_{\text{ўр.2}} = \frac{1}{\varphi_2} \cdot h \cdot \ell \cdot \left(\sum_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin(\varphi + \theta) - \sum_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin \varphi \right) \quad \text{қисман актив қанот-} \quad (2.4.4)$$

учун тенглик бўйича ҳисобланади.



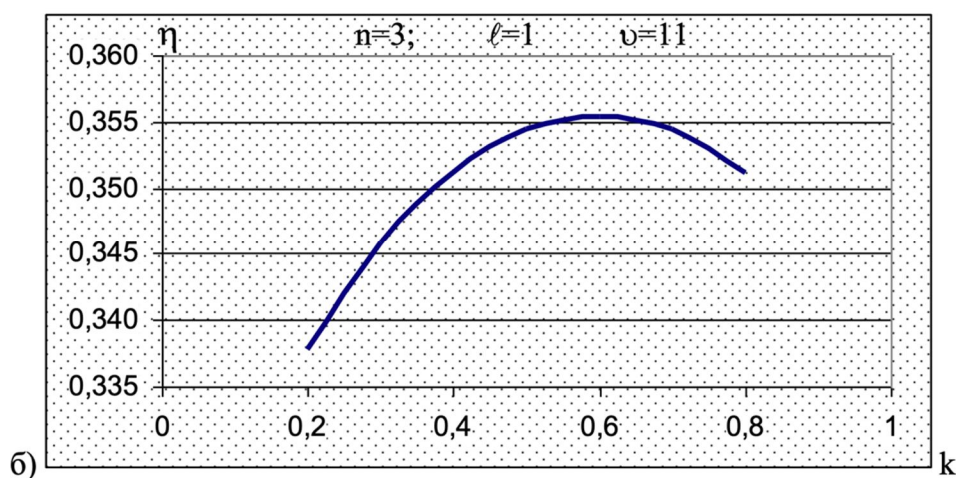
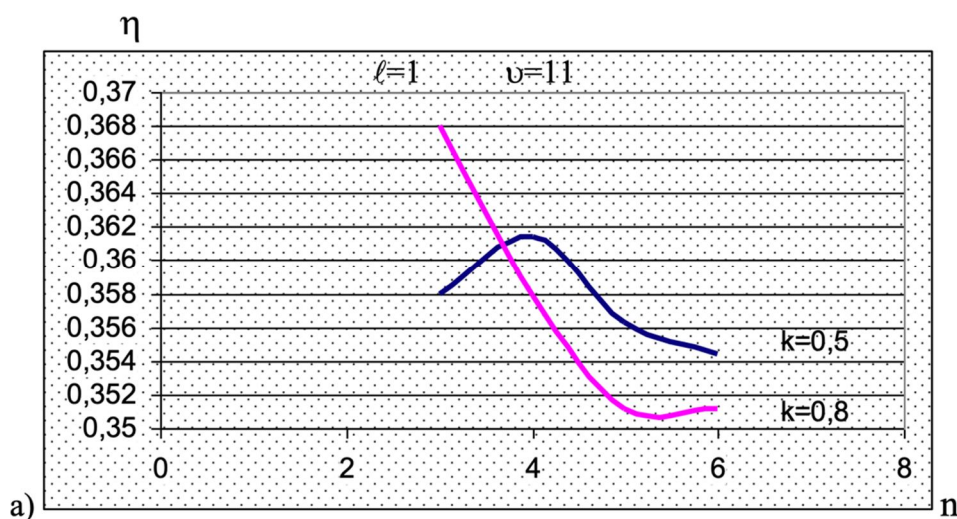
2.4.1-шакл. Қанотнинг геометрик ўлчамларини кўрсатишга доир

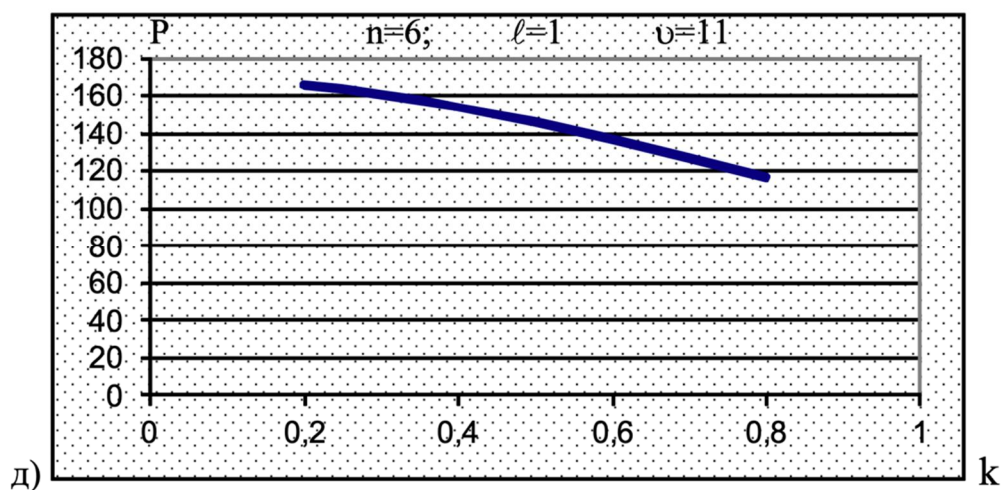
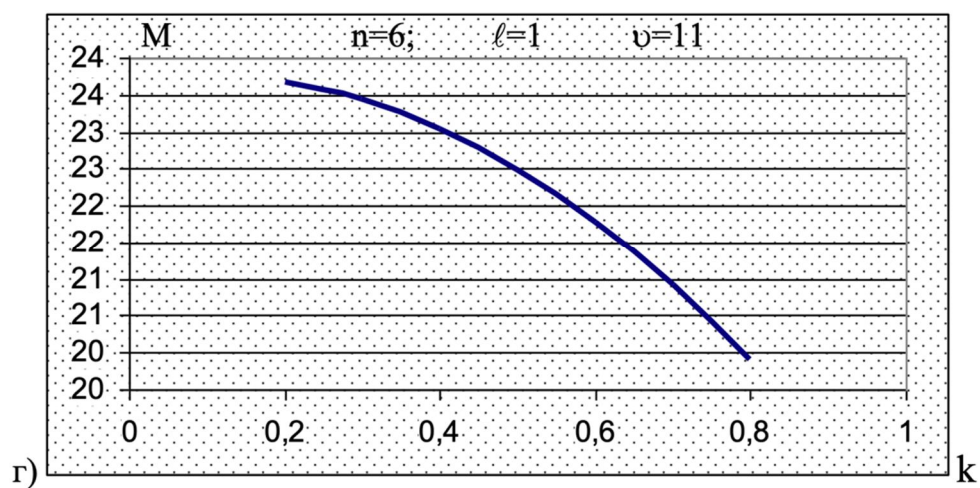
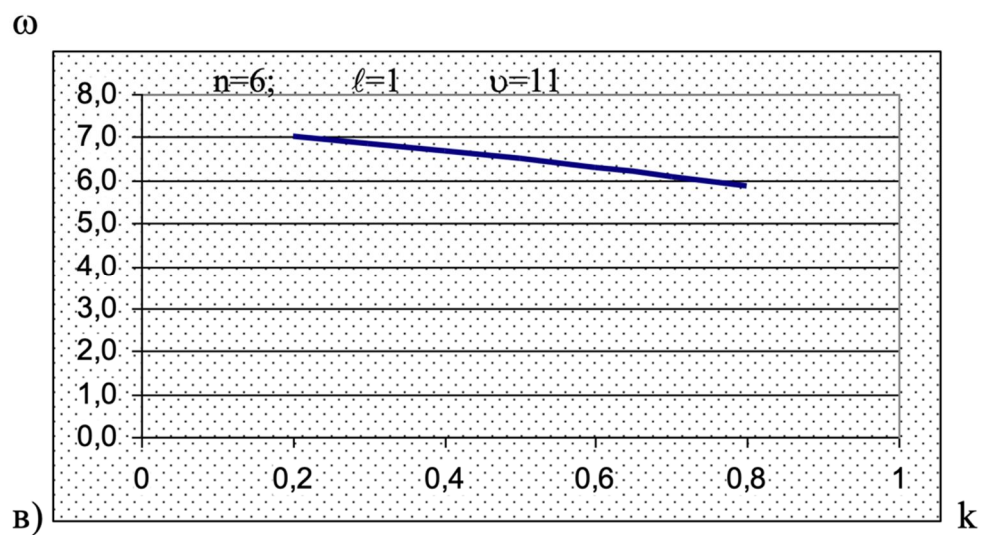
Шартларнинг ўринли бўлувчи интерваллари чегараси
2.3.2-жадвалга кўра олинади. Яъни,

$$\begin{cases} S_{yp} = S_{yp.1} & 1 - \text{шарт} \\ S_{yp} = S_{yp.1} + S_{yp.2} & 2 - \text{шарт} \end{cases} \quad (2.4.5)$$

Бунда, ℓ -қанот радиуси, h -қанот баландлиги, d -қанот очик юзасининг кенглиги, ℓ_o -қанот ишчи юзасининг кенглиги; $k=d/\ell$ -қанотнинг очиклик коэффиценти (2.4.1-шакл).

(2.4.3) тенгликка кўра ҳисобланган роторнинг фойдали иш коэффиценти қийматининг ўзгариш тавсифи 2.4.2-шаклдаги графикларда келтирилган.





2.4.2-шакл. Ротор фойдали иш
коэффициентининг тавсифига доир.

Графиклардан қуйидаги хулосаларни келтириш мум-
кин:

-вертикал ўқли роторнинг ф.и.к. қиймати 0,35-0,37 қиймат оралиғида бўлади.

-Қаонтлар сонинг ўзгаришига боғлиқ ф.и.к. нинг қиймати ўзгаради, бунда унинг тавсифи қонотнинг очиқлик коэффиценти k нинг қийматига боғлиқ бўлади (2.4.2(а)-шакл).

- k нинг ортиши қанот ишчи юзасини камайиб боришига сабаб бўлади ва бунда бурчак тезлиги ω , ҳаракатлантирувчи момент M , қувват қиймати P сезиларли камайяди. Унинг $k=0,6$ бўлган қиймати ротор учун мақбул бўлган геометрик ўлчам бўлиб, унда ф.и.к. η ўзининг максимал қийматига эришади (2.4.2(б, в, г, д)-шаклга қ.).

-Қонотнинг радиуси, баландлиги, шамол тезлиги ф.и.к. қийматининг ўзгаришига таъсир этмайди.

- k нинг ортиши ротор қанотининг радиуси ℓ ўзгармас бўлганида, унинг ишчи юзаси кенглиги ℓ_o нинг камайиши демакдир (2.4.1-шакилга).

Айтайлик $k=0,8$ бўлганида қанот очик юзасининг кенглиги $d=0,8$ бўлиб, ишчи юзасининг кенглиги $\ell_o=0,2$ ни ташкил этади холос. Шунга қарамай роторнинг ҳаракатлантирувчи моменти ва ишлаб чиқарувчи қуввати жуда катта бўлмаган миқдорга камайганини кузатиш (2.4.3(д)-шакл) ротор учун тавсифли ҳолатдир.

2.5. Агрегат роторининг ишлаб чиқарувчи қуввати

Ротор бажарган ишининг тенгламасидан қойдаланиб, унинг қувват тенгламасини топамиз.

Маълумки, қувват бажарилган ишдан вақт бўйича олинган биринчи тартибли дифференциали орқали ифодаланади [53]:

$$N = \frac{dA}{dt} \quad (2.5.1)$$

ёки қисқа ўзгартириш билан

$$N = \omega \cdot \frac{dA}{d\varphi} \quad (2.5.2)$$

каби ёзишимиз мумкин [35].

Юқоридаги 2.4-бўлимда кўрсатилганидек, ротор бажарган ишининг ротор қанотлари бўйича (2.2.9), (2.2.11) тенгламаларда кўрсатилган момент тенгламаларини φ бўйича интеграл ҳисоблардан фойдаланган ҳолда ўзгартириб қуйидаги тенгламаларга эга бўламиз:

Актив қанот бажарган ишнинг тенграмаси:

$$A1 = \frac{1}{24} \cdot \rho \cdot C \cdot h \cdot \ell^2 \left[6 \cdot v^2 \cdot \left(\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2\varphi}{4} \right) \cdot (1-k^2) - 8 \cdot v \cdot \omega \cdot \ell \cdot \left(-\frac{\sin^3 \varphi \cos \varphi}{4} + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2\varphi}{4} \right) \right) \cdot (1-k^3) + 3 \cdot \omega^2 \cdot \ell^2 \cdot \left(-\frac{\sin^5 \varphi \cos \varphi}{6} + \frac{5}{6} \cdot \left(-\frac{\sin^3 \varphi \cos \varphi}{4} + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2\varphi}{4} \right) \right) \right) \cdot (1-k^4) \right] + C_1 \quad (2.5.3)$$

Қисман актив қанот бажарган ишнинг тенграмаси:

$$A2 = \frac{1}{24} \cdot C \cdot \rho \cdot h \cdot \ell^2 \left[6 \cdot v^2 \cdot \left(\left(-\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2(\varphi + \theta)}{4} \right) - \left(\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2\varphi}{4} \right) \right) - 8 \cdot v \cdot \omega \cdot \ell \cdot \left(\left(-\frac{\sin^3(\varphi + \theta) \cos(\varphi + \theta)}{4} + \frac{3}{4} \cdot \left(-\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2(\varphi + \theta)}{4} \right) \right) - \left(-\frac{\sin^3 \varphi \cos \varphi}{4} + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2\varphi}{4} \right) \right) \cdot \cos \theta - \left(\frac{\sin^4 \varphi}{4} \right) \cdot \sin \theta \right) + 3 \cdot \omega^2 \cdot \ell^2 \cdot \left(\left(-\frac{\sin^5(\varphi + \theta) \cos(\varphi + \theta)}{6} + \frac{5}{6} \cdot \left(-\frac{\sin^3(\varphi + \theta) \cos(\varphi + \theta)}{4} + \frac{3}{4} \cdot \left(-\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2(\varphi + \theta)}{4} \right) \right) \right) - \left(-\frac{\sin^5 \varphi \cos \varphi}{6} + \frac{5}{6} \cdot \left(-\frac{\sin^3 \varphi \cos \varphi}{4} + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2\varphi}{4} \right) \right) \right) \cdot \cos \theta - \left(\frac{\sin^4 \varphi}{4} \right) \cdot \sin \theta \right) \right]$$

$$\frac{\sin 2\varphi}{4} \cdot \cos^2 \theta - 2 \cdot \frac{\sin^6 \varphi}{6} \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta - \left(\frac{\cos \varphi \sin^3 \varphi}{6} + \frac{1}{6} \left(-\frac{\sin^3 \varphi \cos \varphi}{4} + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{\varphi}{2} - \frac{\sin 2\varphi}{4} \right) \right) \cdot \sin^2 \theta \right) + C_2 \quad (2.5.4)$$

бўлади.

Уларни қисқа ўзгартириш билан нисбатан содда шакилга келтирамиз:

$$A1 = \frac{1}{24} \cdot \rho \cdot c \cdot h \cdot \ell^2 \cdot \left[3 \cdot v^2 \left(\varphi - \frac{1}{2} \cdot \sin 2\varphi \right) \cdot (1 - k^2) + v \cdot \omega \cdot \ell \cdot \left(\left(\sin^2 \varphi + \frac{3}{2} \right) \cdot \sin 2\varphi - 3 \cdot \varphi \right) \cdot (1 - k^3) - \frac{1}{16} \cdot \omega^2 \cdot \ell^2 \cdot \left((4 \cdot \sin^4 \varphi - 5 \cdot \sin^2 \varphi + 15) \cdot \sin 2\varphi - 15 \cdot \varphi \right) \cdot (1 - k^4) \right] \quad (2.5.5)$$

$$A2 = \frac{1}{24} \cdot \rho \cdot c \cdot h \cdot \ell^2 \cdot \left[-6 \cdot v^2 \cdot \left(\varphi + \frac{1}{4} \cdot (\sin 2(\varphi + \theta) - \sin 2\varphi) \right) + v \cdot \omega \cdot \ell \cdot \left((\sin^2(\varphi + \theta) + \frac{3}{2}) \cdot \sin 2(\varphi + \theta) - \left(\sin^2 \varphi + \frac{2}{3} \right) \cdot \sin 2\varphi \cdot \cos \varphi + 3 \cdot (1 + \cos \theta) \cdot \varphi + 2 \cdot \sin^4 \varphi \cdot \sin \theta \right) - \frac{1}{4} \cdot \omega^2 \cdot \ell^2 \cdot \left(\left(\sin^4(\varphi + \theta) + \frac{5}{4} \cdot \sin^2(\varphi + \theta) + \frac{15}{8} \right) \cdot \sin 2(\varphi + \theta) - \left(\sin^4 \varphi + \frac{1}{4} \cdot \sin^2 \varphi + 2 \right) \cdot \sin 2\varphi \cdot \cos^2 \theta - \frac{1}{4} \cdot (\sin \theta - 8 \cdot \sin^3 \varphi) \cdot \sin^3 \varphi \sin 2\theta + \frac{1}{4} \cdot (18 + 15 \cos \theta) \cdot \varphi \right) \right] \quad (2.5.6)$$

Аниқланилган (2.5.5) ва (2.5.6) тенгламаларга кўра бурилиш бурчаги φ га нисбатан биринчи тартибли ҳосила оламиз ва роторнинг ишлаб чиқарувчи қувват тенгламасини якуний кўринишини ҳосил қиламиз:

$$N_1 = \frac{1}{24} \rho \cdot c \cdot h \cdot \ell^2 \cdot \omega \cdot \left[6 \cdot v^2 \cdot \sin^2 \varphi \cdot (1 - k^2) + \omega \cdot v \cdot \ell \cdot \left(\sin^2 \varphi + 2 \cos 2\varphi \cdot \left(\sin^2 \varphi + \frac{3}{2} \right) - 3 \right) \cdot (1 - k^3) - \frac{1}{16} \cdot \omega^2 \cdot \ell^2 \cdot \left((8 \cdot \sin^2 \varphi - 5) \cdot \sin^2 2\varphi + 2 \cdot \cos 2\varphi \cdot \left(4 \sin^4 \varphi + 5 \sin^2 \varphi + \frac{15}{2} \right) - 15 \right) \cdot (1 - k^4) \right] \quad (2.5.7)$$

$$N_2 = \frac{1}{24} \cdot c \cdot \rho \cdot h \cdot \ell^2 \cdot \omega \cdot \left[-3 \cdot v^2 \cdot (\sin^2 \varphi + \cos 2(\varphi + \theta) + 1) + v \cdot \omega \cdot \ell \cdot \left(\cos 2 \cdot (\varphi + \theta) \cdot (2 \sin^2(\varphi + \theta) + 3) + \left(\sin^2(\varphi + \theta) + (2 \cos^2 \varphi + 1) \cdot \cos \varphi \right) \cdot \cos \theta + 3 \cdot (1 - \cos \varphi) + 8 \cdot \sin^3 \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \sin \theta \right) \right] +$$

$$\omega^2 \cdot \ell^2 \cdot \left(\sin^2(\varphi + \theta) \cdot \left(\frac{1}{2} \sin^2(\varphi + \theta) + \frac{5}{4} \cos 2(\varphi + \theta) + \sin 4(\varphi + \theta) \right) + \frac{15}{4} \cos(\varphi + \theta) + \frac{5}{4} \sin^2 2(\varphi + \theta) + 2 \cos 2\varphi \cdot \cos^2 \theta \cdot \left(\sin^4 \varphi + \frac{1}{4} \cdot \sin^2 \varphi + 2 \right) + \sin^2 2\varphi \cdot \cos^2 \theta \cdot \left(2 \sin^2 \varphi + \frac{1}{4} \right) + 3 \cdot \sin \varphi \cdot \sin 2\theta \cdot \left(\sin 2(\varphi + \theta) - 2 \sin^4 \varphi - \sin^3 \varphi \cdot \sin 2\varphi \right) + \frac{1}{4} \cdot (15 \cdot \cos \theta + 18) \right) \quad (2.5.8)$$

Роторнинг ишлаб чиқарувчи қуввати юқорида келтирилган тенглама шартларини инобатга олиб қуйидагича кўриниш олади:

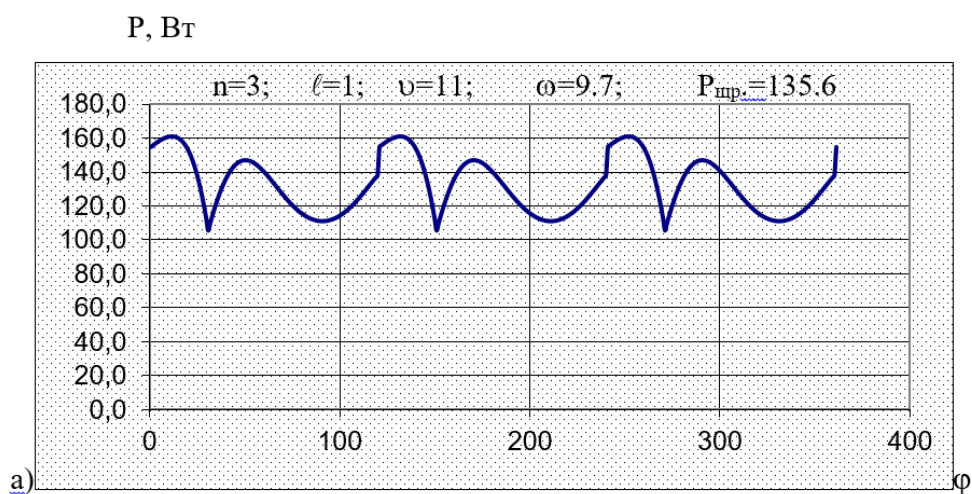
$$\begin{cases} N = N_1 & 1 - \text{шарт} \\ N = N_1 + N_2 & 2 - \text{шарт} \end{cases} \quad (2.5.9)$$

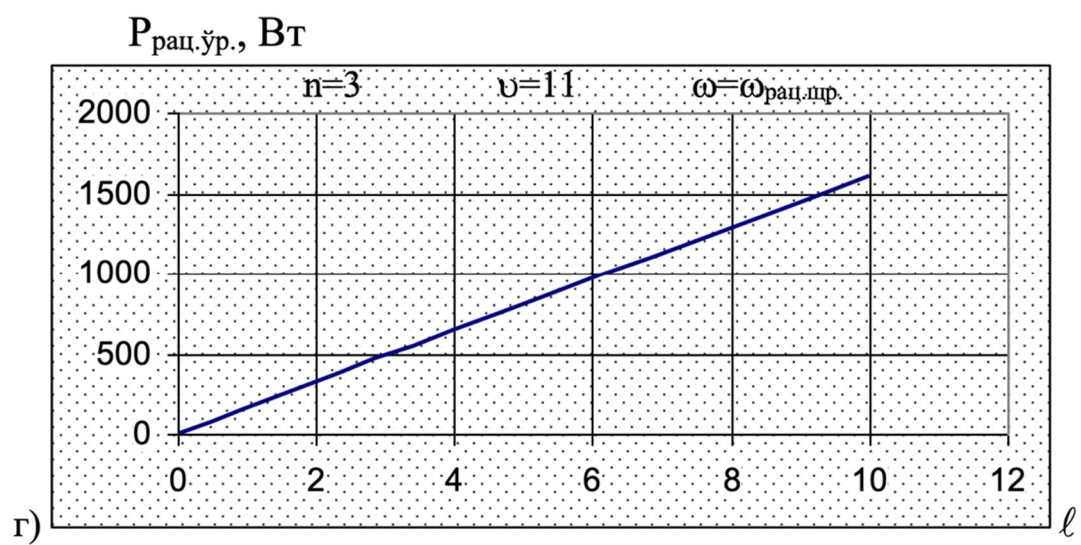
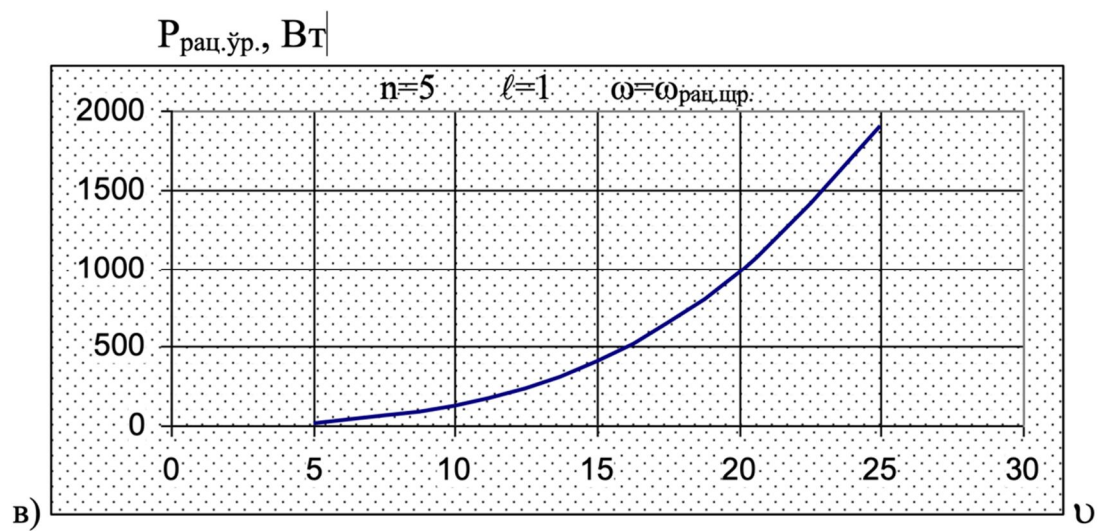
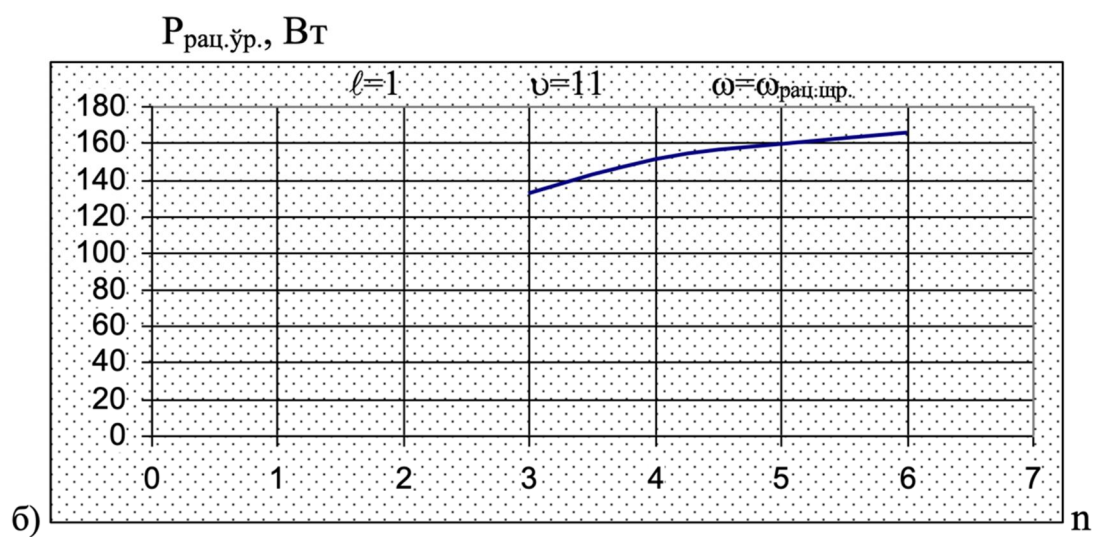
(2.5.7), (2.5.8), (2.5.9) лар ёрдамида ҳисобланилган ротор қувватининг тавсифини ифодаловчи графиклар 2.5.1-шаклда келтирилган.

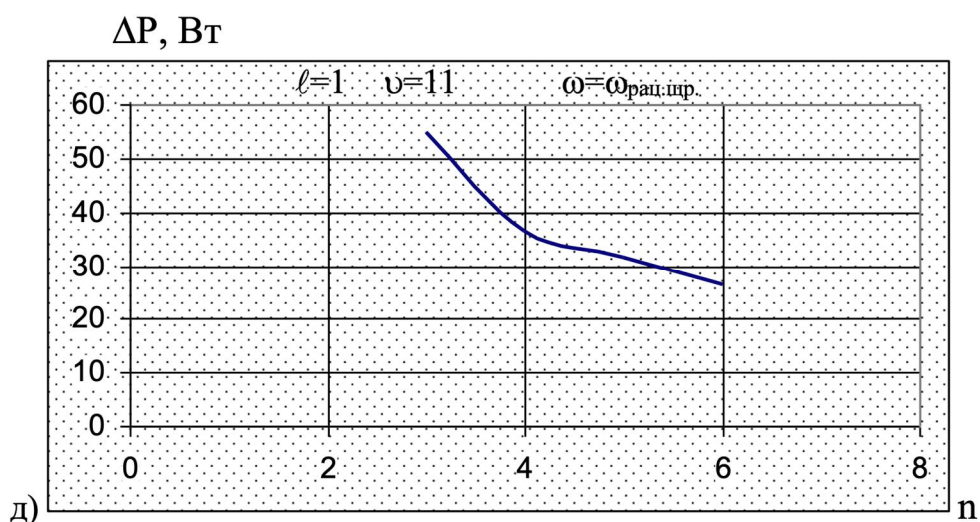
-қувват қиймати роторнинг бурилиш бурчагига боғлиқ тарзда даврий ўзгаришга эга;

-қанотлар сонининг ортиши билан қувват графигидаги тебранишлар амплитудасининг қиймати камайиб боради;

-графигнинг максимал ва минимал қийматлари орасидаги фарқи ΔP 26,2 дан 54,9 Вт оралиғида бўлади;







2.5.1-шакл. Ротор ишлаб чиқарувчи қувватнинг
тавсифини ўрганишга доир.

-қувват қиймати графиги қанот радиусининг орттишига нисбатан тўғри чизиқли ва шамол тезлигининг орттишига нисбатан параболик тарзда ортиб боради.

III. Умумий хулосалар ва таклифлар

Шамол агрегати конструкцияларини лойиҳалаш бўйича қизиқиш билдирган ўқувчилар юқорида келтирилган маълумотлар ва биргина роторнинг устида олиб борилган илмий-тадқиқот ишларининг натижаларидан шамол агрегати ротори шамол оқимини қандай қабул қилиши ва қандай қўйиб юбориши ҳақида дастлабки хулосаларга эга бўлиши табиий. Конструкцияларнинг кўриниши ҳақида фикр билдиришлари мумкин. Биз уларга қўшимчи ўзимизнинг якуни хулосаларимизни тавсия қилишни маъқул кўрдик:

3.1. Вертикал ўқли роторнинг динамик характеристикаси, афзаллик ва камчилилари

1. Ротор ҳаракатлантирувчи моментининг тенгламаси:
қанотлар сонининг ортиб бориши моментнинг максимал

қийматига ҳеч қандай таъсир қилмайди, минимал қиймати эса максимал қийматига яқинлашиб боради, у $n > 6$ дан сўнг ўзининг сезиларлилигини йўқотади; қанотлар сонининг ортиб бориши билан ҳаракатлантирувчи моментнинг максимал ва минимал қийматлари орасидаги фарқ камайиб боради. ℓ нинг қийматининг ортиши моментнинг қийматини параболик тарзда орттиради, ҳосил қилинган моментнинг қиймати, асосан, қанот юзасининг ротор ўқиғача бўлган масофа қиймати $0,2 \cdot \ell$ дан кейинги қисми ҳисобига ҳосил бўлади. Бу масофага нисбатан яқин бўлган юза момент қийматини орттиришдан кўра кўпроқ ротор ўқини эгишга сарфланади; бурчак тезлик қийматининг ўзгариши момент қийматининг параболик қонуният билан ўзгаришига олиб келади ва минимал қийматигача камайтиради, шамол тезлигининг мазкур қийматида ротор бурчакли тезлиги ω_r нинг максимал қиймати $\omega_{\min}$ дан ортмайди.

2. Ҳаракатлантирувчи моментнинг бажарган иши:

$A_x = (v)$, $A_x = (\ell)$, $A_x = (n)$ боғланишлар графикларидан қуйидагиларни ҳулоса қилиш мумкин. Масалан, $n=5$, $\ell=1$ м учун қанот баландлиги $h=0.7$ м ва шамол тезлиги $v=25 \frac{м}{с}$ бўлганда, ҳаракатлантирувчи момент бажарган ишининг миқдори бир давр интервалида $A_x=1862$ Ж гача ортади;

3. Роторнинг роционал бурчакли тезлигини таъминловчи фойдали қаршилик кучи қийматини ўзгарувчанлигини бошқариш зарур. Ротор радиуси ва шамол тезлигининг айрим олинган ҳар бир қийматига фойдали қаршилик кучинининг, роционал бурчакли тезликни таъминловчи фақат бир қиймати мос келади, масалан $n=5$, $\ell=4$, $v=11$

бўлганида, ҳаракатлантирувчи момент қиймати $M_x=368 \text{ Н}\cdot\text{м}$ бўлганидан, фойдали қаршилик қиймати $M_{ф.к}=30,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$ бўлиши шарт, ушбу шарт ω рационал ўртача қийматга эга бўлишини ва ишлаб чиқарилувчи қувватни максимал қийматга эришишини таъминлайди.

4. Ротор қанотлари сонининг ортиб бориши унинг ф.и.к. қийматини нисбатан камайиб боришига сабаб бўлади. Роторнинг ф.и.к. қийматини максимал бўлиши, қанотнинг очиклик коэффиценти 0.6 га тенг бўлганда юз беради. $3 \leq n \leq 6$, $\ell = 1$ бўлган роторнинг рационал ф.и.к. кўрсаткичи $\eta = 0,35 \div 0,37$ ни ташкил этади; қанотнинг радиуси ва баландлиги, шамол тезлиги ф.и.к. қийматининг ўзгаришига таъсир этмайди; ℓ ўзгармас бўлганида, унинг ишчи юзаси кенглиги ℓ_0 нинг камайиб боришида ф.и.к. ни ортиши билан бирга, роторнинг ҳаракатлантирувчи моменти ва ишлаб чиқарувчи қувватини жуда катта бўлмаган миқдорга камайишини кузатиш ротор учун тавсифли ҳолатдир.

5. Агрегат роторининг ишлаб чиқарувчи қуввати тенгламаси: Қувват қиймати қанотнинг бурилиш бурчагига боғлиқ даврий ўзгаради, қанотлар сонига ва бурчак тезлигининг қийматига кўра графикнинг максимал ва минимал қийматлари орасидаги фарқи $\ell = 1$, $v = 11$ да ΔP 26,2 дан 54,9 Вт гача бўлган оралиғда бўлади. Қувват қиймати графиги қанот радиусининг ортишига нисбатан тўғри чизиқли ва шамол тезлигининг ортишига нисбатан пораболик тарзда ортиб боради. Қанотлар сонининг ортиб бориши қувватнинг бир давр оралиғидаги ўртача қийматини орттиради; ротор қанотлар сонининг ҳар бир

қийматига бурчакли тезликнинг алоҳида роционал ўртача қиймати мос келади.

6. Ротор бурчак тезлигининг ўзгариши: Рационал тезликни ифодаловчи тенгламасидан, тегишли ҳисоблар асосида $\omega = f(n; \ell; \nu; \varphi)$ функционал боғланишлар таҳлилидан: қанотлар сонининг ортиб бориши бурчак тезлигининг максимал ва минимал қийматлари орасидаги фарқ ($\Delta\omega$) ни 1.7 дан 1.1 га қадар камайтиради. Қанотлар сони 3 дан 6 гача ортганда, $\ell=1$, $\nu=11$ хол учун бурчак тезликнинг рационал ўртача қиймати тахминан 9.7 дан 7.1 гача камаяди;

7. Шамол қурилмаси агрегатининг математик моделини ишлаб чиқишида роторнинг динамик кўрсаткичлари асос қилиб олинади.

Вертикал ўқли роторларнинг афзалликлари:

-шамол тезлиги векторининг оний ва кунлик ўзгаришлари агрегатнинг ишлашига мутлақо салбий таъсир этмайди;

-агрегатнинг ишчи ҳолатига чиқиши қўшимча двигателларсиз амалга оширилади.

-агрегат ҳосил қилган айлантирувчи куч ўз-ўзини бошқара олади;

-агрегатнинг ишлаб чиқарилиши технологик жиҳатидан содда, қулай;

-агрегатларни баланд тагликларга ўрнатиш шарт эмас;

-техник хавфсиз;

-шамолнинг катта тезликларида қанотларга тушувчи босим, уларни узиб юбориш ҳавфидан йироқ, бунда ротор бурчакли тезлигининг ўзгарувчанлиги ҳисобига қанот юзасидаги босим доимий барқарорлашиб туради;

Вертикал ўқли роторларнинг камчиликлари:
Назарий тадқиқ қилинган вертикал ўқли роторнинг қатор камчиликлари мавжуд:

- Ротор шамол босимини қабул қилиш жараёнада шамол оқими ротор юзасигача етиб бормайди, ўз кинетик энергиясини тўла узатаолмайди;

- Ротор қанотининг юзаси ортида нисбатан статик босим юзага келади;

- Конструкциянинг асосий камчилиги қанотнинг орти юзаси бўйлаб ёйилган ва статик босим остидаги ҳавонинг қанот периметри бўйлаб оқиб ўтувчи аэродинамик босим ёрдамида сўрилиши жараёнининг ва қанотлар иш унимдорлигининг пастлигидир. Унда қанотлар сони 6 тадан кам бўлмаслиги талаб этилсада, ишчи ҳолатдаги актив қанотлар сони 2 тадан ортмайди.

Муаллифлар ушуб камчилкларни инобатга олиб, янги ротор конструкциясини таклиф этадилар. Қуйида ушбу ротор ҳақидаги конструкцион маълумотларни келтирамиз.

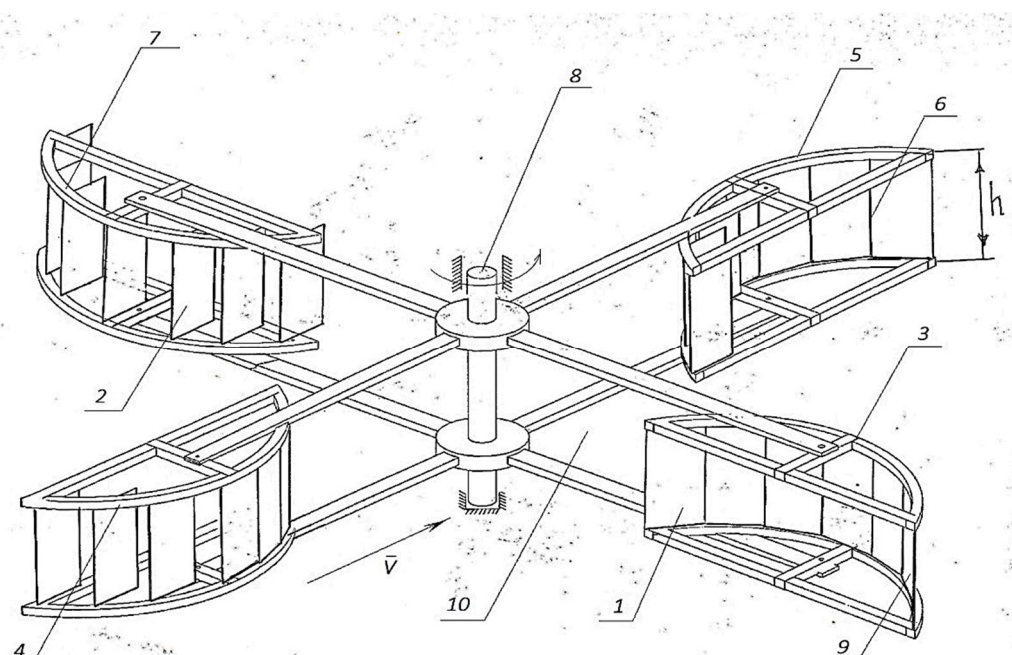
3.2. Янги ротор конструкцияси

Олиб борилган илмий тадқиқот натижаларига асосланиб, Республикамиз шамол ҳудудлари учун ва технологик имкониятларимизга мос бўлган эффектив, шамол йўналиши векторига боғлиқ бўлмаган, катта диаметрли, кичик тезликли ва юқори қувватли, қанотлари

самарали ишловчи шамол агрегати ротори конструкциясини лойиҳалаш мақсадида, қуйидаги ҳулосага келамиз.

Ҳулоса шуки, ротор 6 та қанот энергиясини ишлаб чиқарсада 3 та қанотли роторнинг фойдали иш коэффициентига эга бўлиши зарур. Шунингдек роторнинг аэродинамик хусусиятлари юқори кўрсаткичли бўлиши, яъни қанот ортида пассиф ҳавонинг сўрилиши жараёнини тезлатиш ва пешона қаршилиқ коэффициентини ортириш керак, бу билан шамол оқими роторга ўз кинетик энергиясини узатиши билан ундан тез суратда узоклашишига эришиш мумкин.

Прототип ротор баландлиги h м бўлсин (3.2.1-шакл). Уни горизонтал текислик Π билан $h/2$ м бўлган баландликда тенг икки қисмга ажратамиз. Унинг ажралган иккинчи – юқори ярус қисимни соат милага қақрама-қарши йўналишда X ўқи атрофида 180° га ағдарамиз. Уларнинг иккала қисмларининг юқоридан кўриниши 3.2.2 ва 3.2.3-шаклларда келтирилган. Улардан кўринадики (3.2.1-шаклда 4 та қанотли ротор тасвирланган) таклиф этилаётган конструкция 3 та қанотли ротор мисолида кўриб чиқилади. Бунда 3.2.2-шаклда келтирилган ротор яруси соат милага қарама-қарши, 3.2.3-шаклда келтирилган ротор яруси соат мида бўйлаб ҳаракат қилишини кўриш мумкин: 1-валнинг актив қаноти 2 ни ёпилган пластинкачалари 3 ёрдамида қабул қилган шамол босими остида ҳаракатга келтиради, қанотлар 4 ва 5 пассив ҳолатда бўлади, чунки пластинкалар 6 га шамол босими орт қисмидан таъсир этади ва уларни флюгер ҳолатига ўтказди. 3.2.2-шаклдан кўринадики, актив



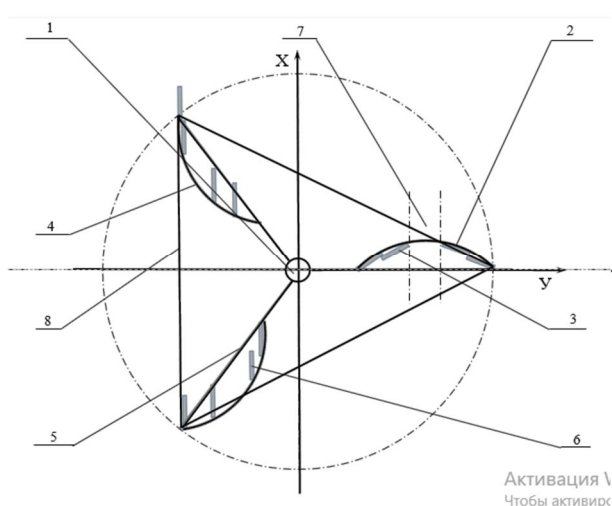
3.2.1-шакл

қанот 3 маркази шамол оқимини ўтказиб юборувчи очик юза 7 кенглигига эга. Қанотлар четки пастки ва юқориги нуқталарида ўзаро пўлат арқон 8 лар билан ўзаро тортиб боғланган. Бу қанотни оний ўзгарувчан шамол тезлигида силкинишларсиз ишашини таъминлайди, қанотларни яхлитлайди.

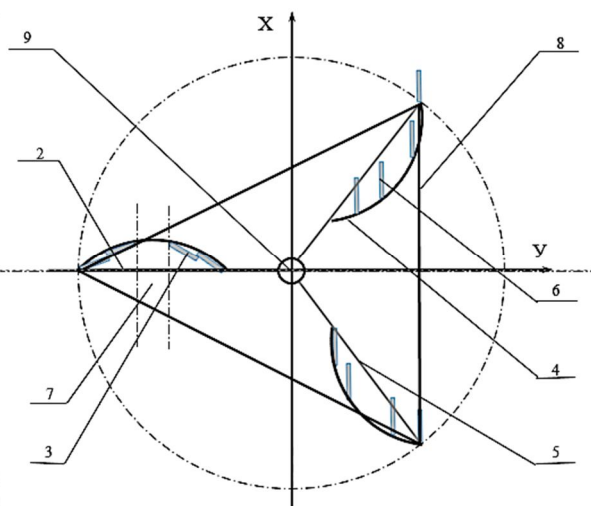
Пастки яруснинг вали 1 атрофида юз берган ушбу жараён роторнинг иккинчи ярусиде вал 9 атрофида, фақат қарама - қарши ҳаракат билан юз беради (3.2.2-шакл).

Агар роторнинг биринчи яруси (3.2.2-шакл) устига роторнинг иккинчи яруси (3.2.3-шакл) ни ўрнатсак, 3.2.8-шаклда тасвирланган ротор ҳосил бўлади.

Бунда йиғиш жараёни қуйидагича: вал 1 ичидан вал 9 ўтказилади ва улар ўзаро шарнир (родиа́л подшипник) ли боғлар ёрдамида роторнинг юқори ва қуйи яруслари қарама-қарши йўналишда айланма ҳаракат қилиши таъминланади (3.2.4-, 3.2.5-шакллар).



3.3.2-шакл:



3.3.3-шакл

Валларнинг вертикал ҳолати қуйидагича таъминланади: Вал 9 қуйи қисмида родиал-таянч подшипник 10 га ўрнатилган, вал 1 билан ўзаро родиал подшипниклар 11 ва 12 ёрдамида шарнирли бирикма ҳосил қилади.

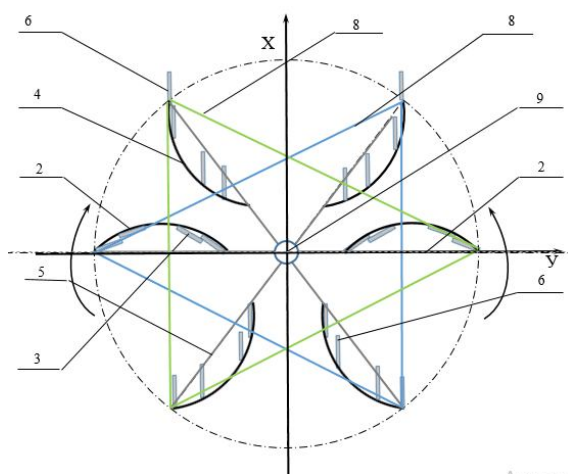
Ўз навбатида вал 1 рама фермаси 13 га родиал подшипник 14 ва таянч подшипник 15 лар ёрдамида маҳкамланган.

Валларнинг қуйи қисмига иккала валда ҳосил қилувчи қарама-қарши йўналган айлантирувчи моментларни ўзаро қўшувчи дифференциал механизм 16 билан таъминланган.

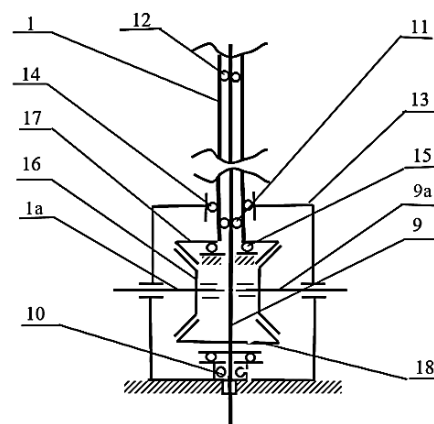
Бунда вал 1 дифференциал механизмнинг тишли ғилдраги 17 ни, вал 9 тишли ғилдрак 18 ни ҳаракатга келтиради.

Конструкциянинг яна бир муҳим жиҳати шуки, шамол оқимини ўтказиб юбориш учун ҳар бир қанотнинг марказий қисми очик қолдирилган (3.2.6-шакл). Агар 3.2.6 ва 3.2.7 шакилларга эътибор қаратсак, ишчи юзасининг марказий очик қисим 7 (3.2.6-шакл) дан иборат қанотли ва ишчи юзасининг тўлиқ ёпилган (3.2.7-шакл) қанотли ротор

конструкцияларида шамол оқимининг аэродинамик жараёнларини турлича эканини тахмин қилишимиз мумкин.



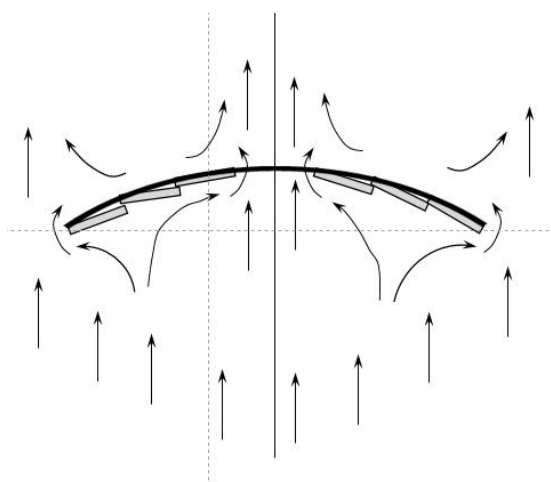
3.2.4-шакл



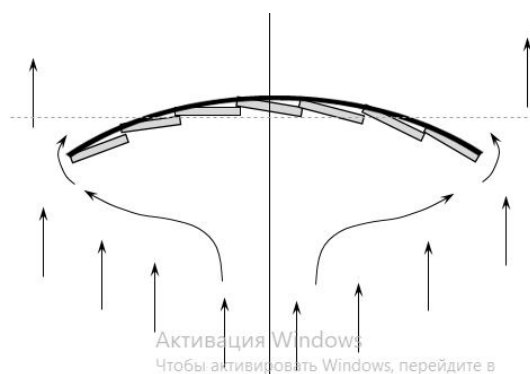
3.2.5-шакл

Марказий пластинка ўрни очик бўлган актив қатот 3.2.6-шаклда тасвирланган. Унга кўра, шамол оқими қанотнинг ботик юзаси бўйлаб кириб боради ва марказий зонаси бўйлаб оқиб ўтади. Марказий очиклик қанот ортидаги статик ҳавони ўз йўналишида сўришга ёрдам берса, четки зоналардан оқиб ўтувчи шамол оқими ўзига яқин бўлган ортки статик ҳавони сўради. Шу тариқа қанот юзаси бўйлаб оқиб ўтувчи ҳаво массасининг қиймати ортади.

Марказий пластинка мавжуд бўлган актив қатот атрофида шамол оқими қандай ҳаракатланишини кўрсатувчи 3.2.7-шаклда келтирилган. Бунда шамол оқими тезлиги U қанот юзасига яқин ҳолатда U_1 қийматгача камаяди. Унинг ортида эса U_2 қийматда бўлади. Қанотнинг ёнларидан оқиб ўтувчи ҳаво қанот четларига урилиб уюрма ҳосил қилади, сўнг асосий оқимга қўшилиб, қанотнинг орқа четки юзасидаги статик босим остидаги ҳавони ўзи билан сўрилишга мажбур этади.



3.2.6-шакл



3.2.7-шакл

Актив қанот юзаси, таклиф этилаётган конструкция қаноти юзасига нисбатан икки марта катта бўлганидан унинг ортидаги статик ҳаво шамол оқими тамонидан сўрилиши қийин кечади. Шамол оқими актив қанот юзасигача кириб бормади, натижада оқим ўзининг кинетик энергиясини қанотга тўлиқ узата олмайди.

Марказий пластинкача ўрни очик бўлган ротор юзасидаги аэродинамик жараёнини қуйидагича таҳлил этиш мумкин: Бернулли тенгламасига кўра,

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + z_1 \cdot \rho \cdot g = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + z_2 \cdot \rho \cdot g \quad (3.2.1)$$

Бунда, p_1 ва p_2 — юзалардаги статик босим, $\frac{v^2}{2}$ — аэродинамик босим, z — шамол оқиб ўтувчи юзалар баландлиги. Бизнинг шароитда шамол оқими бир ҳил баландликдаги юзадан оқиб ўтгани учун тенглама (1) ни қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} \quad (3.2.2)$$

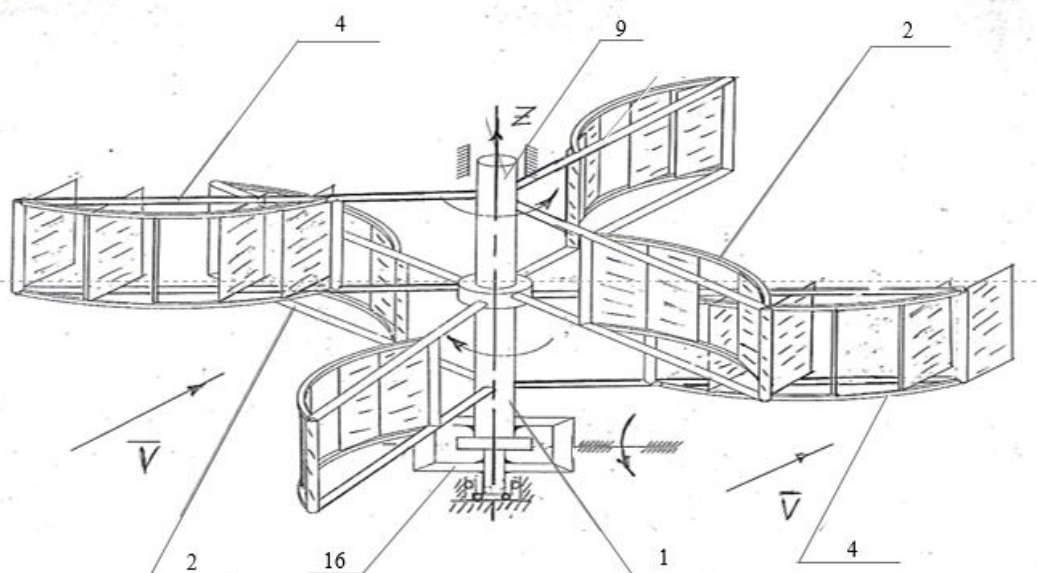
Демак, энергия ишлаб чиқаришнинг асосий кўрсаткичи бўлмиш босимлар фарқи

$$p_2 - p_1 = \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} - \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} \quad (3.2.3)$$

га тенг бўлади.

Ушбу тенгламанинг моҳияти шуки, кинетик босим ортган зонада статик босим камаяди, аксинча эса статик босим ортади. Қанот ортида ҳаво деярли ҳаракатсиз қолиши ҳисобига статик босим ортиб кетади ва у қанотнинг шамоли оқимини ўтказаятган зоналарига тамон интилади, қанотнинг ортида нисбий вакуумни юзага келтиради – яъни бу жараён оқимнинг ўзликсизлиги (неразрывности среды) тенгламаси ($S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$) га кўра қанотнинг маркази очик қисмида шамоли тезлиги бирмунча ортиши ҳисобига юз беради.

Юқорида келтирилган илмий тадқиқот ишларига ва маълум техник қонуниятларга таяниб таклиф этилаётган шамоли агрегати роторининг янги конструкцияси 3.2.8-шаклда кўрсатилган.

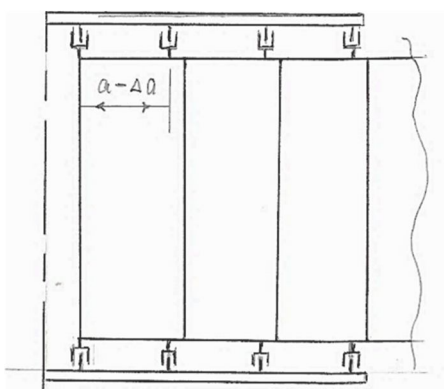


3.2.8-шакл: Шамоли агрегатининг ротори «Самарқанд»,
№ IAP 2020 0106

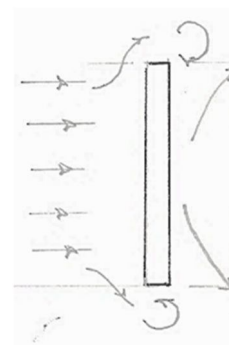
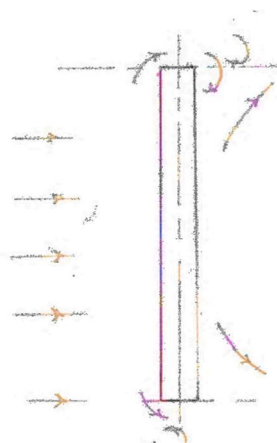
Таклиф этилаётган янги конструкциянинг ишлаш принципи: Шамоли агрегати вертикал ўқли роторининг янги конструкцияси пластинкачаларнинг ишлаш принципи

аналог (3.2.1-шакл) да келтирилган пластинкачаларнинг ишлаши билан бир хил: Қанот пластинкачалари қанот рамалари 19 га шарнирлар ёрдамида ўрнатилган. Қанот шамол босимини қабул қилувчи актив 2 ҳолатида пластинкачалар қўшни пластинка ўқлари 20 га тиралиб қолади ва шамол босимини қабул қилади (3.2.9-фиг.).

Таклиф этилаётган конструкцияда нафақат санаб ўтилган омиллар, балки қанот баландлигининг икки марта қисқариши ҳам қанотнинг орт қисми марказий зонасидаги ҳавони тортилишида муҳим рол ўйнайди, чунки бунда ушбу зонадан шамолнинг эркин оқими зонасигача бўлган масофа икки марта қисқаради (3.2.10-шакл).



3.2.9-шакл



3.2.10-шакл

Ротор юқори ва пастки яруслари қанотларининг қарама-қарши йўналишда айланма ҳаракат қилиши сабабли юқори ярус пассив қанотининг ҳаракати пастки ярус қанотларининг актив ҳаракатига ҳеч қандай салбий таъсир ўтказмайди ва аксинча: шамол оқими актив қанот ишчи юзаси четларидан деярли эркин оқиб ўтади.



3.2.11-шакл. Шамол агрегатининг ротори «Самарқанд», макет.
ЎзР №IAP 2020 0106.

У. Ғ. Дехқонов, У. Ғ. Уришев

Таклиф этилаётган конструкция, қисқа тил билан айтганда, ҳар қандай эффектив ишчи жараён ва ривож учун зарур бўлган қадимий “Ўтсин, фақат қийналиб ўтсин” фалсафасига мутлоқа мос келади.

Шу тариқа ротор 3 та қанотли бўлган ҳолдаги ф.и.к. ни пайдо қилиб, 6 та қанотли роторнинг энергия ишлаб чиқариш қувватини юзага чиқаради.

3.2.11–шаклда ушбу роторнинг лаборатория шароитида синодан утказилган модели тасвирланган.

IV. Иқтисодий кўрсаткичи

Шамол энергетик агрегатларидан фойдаланишда энг аввало шамолнинг эсиш характеристикасини ўрганиш талаб этилади. Маълумки, шамол икки ҳудуднинг иссиқлик алмашинув вазифасини ўтувчи табиий жараёндир. Шу нуқтаи назардан у маҳаллий ва глобал ҳарактерга эга.

Ўзбекистон маҳаллий шамол ҳудудларидан тоғ-водий ва ҳудудий иссиқлик алмашув туридаги шамолларга бўлинади. Улардан қарама-қарши йўналишда даврий алмашинувга эга бўлган шамоллар кенг ҳудудларни эгарлайди. Айтайлик тоғ-водий шамоллари тонгги ва кечки алмашинув хусусиятига эга бўлса.

Иқтосий кўрсаткичларни ҳисоблашда ҳар бир шамол ҳудуди шамол тезлигининг такрорланиши, ҳудуднинг масштаби муҳим аҳамиятга эга. Биз Ўзбекистон республикаси меторология марказидан кейинги 50 йилги маълумотлар базасидан фойдаланган ҳолда иқтисодий самара берувчи 25 дан зиёд мана шундай ҳудудлар мавжудлигини айтишимиз мумкин. Уларга йиллик шамол тезлиги 3 м/сек. дан юқори бўлган ҳудудлар киради. Муаллифлар тамонидан ушбу ҳудудлар таркибига кирувчи Ҳавос шамоли ҳудудини ўрганилган (4.1.1-шакл).

Маълумки, шамол тезлиги ҳақидаги маълумотлар флюгер ўрнатилган 10 м баландликка асосланиб белгиланади. Шамол тезлиги эса баландликка қараб ортиб боради:

$$V = V_1 \frac{\ell g \left(\frac{H}{H_0} \right)}{\ell g \left(\frac{H_1}{H_0} \right)} \quad (4.1)$$

Агар шамолнинг элементар кинетик энергияси қиймати

$$dE = d \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \ell \cdot H \cdot V^3 \right) \quad (4.2)$$

эканини ва ҳудуд учун ҳос бўлган эсиш юзасини инобатга олсак, бу қийматни қўйидаги тенглама билан ифодалашимиз мумкин [2]:

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot L \cdot \left(\frac{V_1}{\lg\left(\frac{H_1}{H_0}\right)} \right)^3 \cdot \left(3 \cdot \int_{H_2}^{H_3} \left(\lg\left(\frac{H}{H_0}\right) \right)^2 dH + \int_{H_2}^{H_3} \left(\lg\left(\frac{H}{H_0}\right) \right)^3 dH \right) \quad (4.3)$$

Бунда, $\rho=1,21$ кг/м³ - ҳаво зичлиги; L –ҳудуднинг кенглиши, 10-15 км; H_1 -10 м – флюгер ўрнатилган баландлик, $H_0=0,2$ м., шамол тезлиги ноль қийматга тенг бўлган баландлик; H_2 дан H_3 баландлик шамол энергетик оқимидан фойдаланиш оралиғи. Дунё тажрибасида 30 метрдан 600 метргача бўлган ораликда фойдаланилади [2].

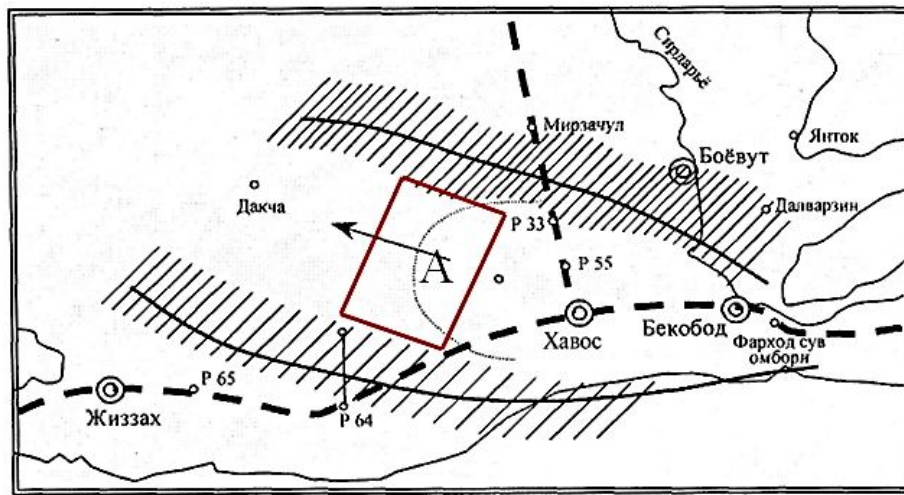
Ҳудуднинг иқтисодий кўрсаткичларини аниқлашдан олдин (3) тенглама учун зарур бўлган маълумотларни ўрганиш мақсадга мувофиқ бўлади. Уларга аниқлик киритмасдан туриб шамол энергиясидан фойдаланишда хатоликларга йўл қўйилиши ва иқтисодий самара мақсадга мувофиқ бўлмаслиги мумкин.

Ҳавос шамоли ҳудуди характеристикалари билан танишамиз. Фарғона водийсидан бошланиб, Қўрамин ва Туркистон тизмалари ўрталиғидаги тор тоғли ораликдан ўтувчи ва Мирзачўл («Голодная степь») кенгликлари томон эсувчи шамолдир [3].

Шамол Фарғона водийси ва Мирзачўл ҳудудлари орасида ҳосил бўлган босимлар градиенти ҳисобига, яъни водийда ҳам совуқ оқим, ҳам иссиқ оқим кўрикқа нисбатан узоқ вақт сақланиши сабабли юзага келади. Шамол Қўқон ва Сўғд (Ленинобод) вилояти оралиғида унчалик катта тезликка эришмайди ва шимолий-шарқий йўналишга эга бўлади. Бу водий йўналишига мос тушади.

Водийдан чиқишда шамол тезлиги ортиб боради ва йўналиши шарқий тамонга ўзгаради. Шамол тезлиги 15-20

м/с деярли оддий ҳол бўлиб, баъзида 30 м/с дан ҳам ошади. Энг катта тезлик «Мирзачўл» га чиқиш жойи-Бекобод туманида юз беради. Бу ерда ҳаво оқими рельефнинг пасайиши томонга қараб, шимолга бурилади ва тезлик



4.1-шакл. Ҳовос шамоли ҳудудий йўналишининг кўриниши:

А зона агрегатларнинг ўрнатилиши
мумкин бўлган мақбул ҳудуд.

оқими дивиргенцияси камайиши ҳисобига катта майдонга ёйила бошлайди. «Мирзачўл» ичига қараб 100 км га қадар сингиб боради. Кенглиги 10-15 км га етади. Шамол тезлиги ўзининг максимал қийматига 300-500 м алоҳида ҳолатларда 600-800 м баландликда эришиб, бу ер текислигидаги шамол тезлигидан 2-2,5 баробар ортиқ бўлади. Унинг йўналиши 70^0 га қадар ўзгариши мумкин. Ҳавос шамолининг юзага келиши учун декабрь-май ойлари энг қулай вақт бўлиб, Бекободда 10-15 м/с тезликка эга бўлган шамолнинг такрорланиши 102 кун атрофида кузатилган. Шамолнинг йиллик ўртача тезлиги эса 4,7 м/с ни ташкил қилади.

Сояланмаслик коэффициентини: Агрегатларни ўрнатишда улардан эффе́ктив фойдаланиш учун сояланмаслик коэффициентини аниқлаймиз.

Агар шамол ҳудудининг кенглиги L га n та агрегат ўрнатилса ва бунда агрегатнинг шамол оқимини тўсиб қолувчи узунлиги ℓ бўлса, уларнинг ўзаро аэродинамик сояланмаслиги учун [3] қуйидаги коэффициентни танлаб олинади:

$$k = \frac{a}{\ell} \quad (4.4)$$

Бунда, a -шамол тезлиги векторига перпендикуляр бўлган йўналишдаги шамол қурилмалари орасидаги энг яқин масофа.

Ушбу йўналишдаги ўтказилган тажрибаларга кўра $6 \leq k \leq 12$ оралиқ ҳам экалогик, ҳам аэродинамик сояланмаслик нуқтаи назаридан етарлилик қилади. Тенгликдан кўринадики ҳудудга агрегатлар қанчалик зич ўрнатилса коэффициент қиймати шунчалик катта бўлади.

Шамол ҳудудининг кенглигини юқоридаги тенглама ва белгилашлар орқали қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$L = \ell \cdot n + a(n - 1) \quad (4.5)$$

Агрегатлар сони эса мос равишда,

$$n = \frac{L+a}{\ell+a} \quad (4.6)$$

кўриниш олади. Демак, шамол ҳудудининг L узунлигидан

$$L_1 = n \cdot \ell \quad \text{ёки} \quad e = \frac{L_1}{L} = \frac{n \cdot \ell}{L} \quad (4.7)$$

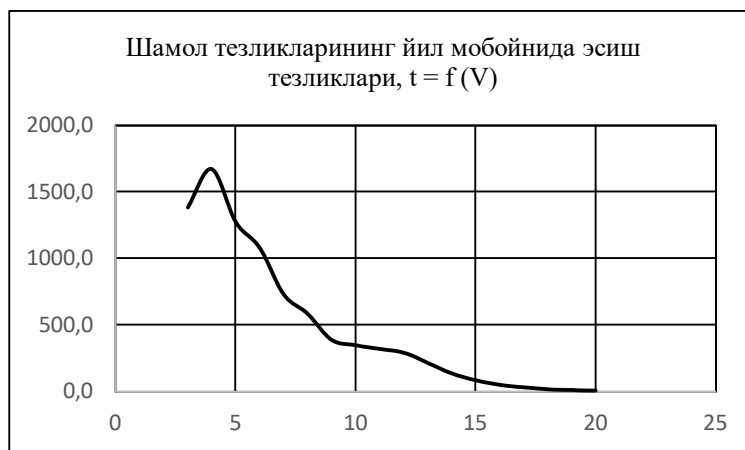
қисмини агрегатлар ишчи юзасининг узунлиги ташкил қилади [4]. Агар биз ротор радиусини $R = 20$ м, қанотининг ишчи юзаси узунлиги $\ell = 12$ м ($\ell/D = 0.6$ нисбат ф.и.к. энг юқори) бўлган вертикал ўқли ротор (1-шакл) дан фойдалансак 10 км кенгликка эга бўлган ҳудудга 30 м баландик горизонти бўйлаб 120 та шундай ШЭС (кичик шамол электр станцияларининг мажмуаси) ни ўрнатишимиз мумкин [5]. Бунда агрегат ишчи қанотлари орасидаги

масофа *a* ни энг сийрак жойлаштириб, 6 га тенг деб оламиз. Шамол худуди баландлигини минимал 300 м эканини инобатга олсак ротор қаноти баландлиги амалий чекланмайди. Бунда техник-технологик чекловларгина бўлиши мумкин холос. У ҳолда шамолнинг сингиб бориш масофаси 100 км эканидан, Ўзбекистон учун техник имкониятларимизга кўра 30 м дан 60 м гача баландликдан фойдаланиш мумкин бўлган ораликда, ротор қанотларининг баландли 3 м деб олиб, ишчи юзаси ўртача 30 м² бўлган ва худудга шахмат катаклари тарзида ўрнатилган 1200 та агрегатлардан иборат ШЭС си тизимни яратиш мумкин.

Шамол тезлигининг йил мобайнидаги такрорланувчанлиги: Шамол тезлиги оний ўзгаришлари билан бирга даврий ўзгаришларга эга. Йилнинг қайси ойларида қандай ўртача тезлик кузатилади – бу агрегатларнинг йилнинг қайси ойларида максимал энергия аккумуляция қила олишини аниқлашга ёрдам беради. Биз бу ерда агрегат учун қулай бўлган шамол тезлигининг йил мобайнида неча соат юз беришини келтирамиз. 4.2-шаклда Ҳовос шамол худудининг $t = f(\vartheta)$ графиги келтирилган. 4.3-шаклда бир агрегатнинг шамол тезлигининг эсиш вақтини инобатга олиб йиллик ишлаб чиқарувчи энергия миқдори графиги келтирилган. Бунда,

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot \vartheta^3 \cdot t \quad (4.9)$$

тенгламадан фойдаланамиз. Агар агрегатнинг умумий фойдали иш коэффицентини энг паст 0,2 деб олсак, шамол тезлигининг $3 \leq v \leq 20$ оралиғида агрегат йилига 19,4 МВт·соат



4.2-шакл. Шамол тезли қиймати ва унинг йиллик эсиш вақти ўртасидаги боғлиқликни кўрсатувчи график



4.3-шакл. Шамол тезлигининг йиллик эсиш соатида 30 м² юзадан оқиб ўтувчи энергия миқдори: $\eta_{\text{к.п.д. агрегат}} = 0,2$

энергия ишлаб чиқаради. Бу қиймат 4.3-шакл графиги чизиғининг ҳосил қилган юза қийматини ҳисоблаш орқали топилади. Арегатлар сонини ҳисобларда кўрсатилгани 1200 эмас 600 та тенг деб олсак, агрегатлар мажмуаси йилиги 17,5 ГВт·соат энергия ишлаб чиқариши мумкин. Таққослаш учун Тахиятош ИЭС си 3185 ГВт соат энергия ишлаб чиқаради, йилига 200 млн куб газ сарф қилади, 255 инженер мутахасислар ишлайди [6]. Ҳар 17,5 млн. кВт соат энергия ишлаб чиқариш учун Тахиятош ИЭС га тахминан 1,1 млн. куб газ сарф қилган бўларди. Унинг нарҳи 220 млн. сўмни ташкил этади (ички бозорда 200 сўм/куб.). Атроф муҳитга

эса йилига 20,5 тонна карбонат ангидрид газини чиқаришга тўғри келади [7].

Хулоса

Хулоса ўрнида ечилиши зарур бўлган саволларни келтирамиз:

-Агрегат наминал режимини шамол тезлигининг $[V_1: V_2]$ дан $[V_1: V_3]$ диапазониға кенгайтирилса, бошқарув тизими ҳаражати ортади, сарф этилган ҳаражатни ишлаб чиқарган энергия миқдори билан қоплаш қанча даврни қамраб олиши мумкин;

-Агрегат шамол тезлигининг қандай максимал тезлигида эркин ҳолатға ўтади, бунда ишчи вал етакловчи валдан узилади, лекин пайдар-пай уланиб туради;

-Агрегатни ишлаб чиқаришға сарф қилинган маблағ қандай давр оралиғида ўзини қоплай олади.

Шамол ҳудуди энергетик потенциалидан фойдаланишнинг юқорида келтирилган хусусиятлари шуни кўрсатадики, агрегат механизми қандай ишлаши, унинг автоматик бошқарув тизими қандай бошқарилиши, аккумуляция қилиш механизмларининг қандай турларидан фойдаланиш мақбул бўлиши ва шамол ҳудудидан фойдаланишда ҳудудда мавжуд бўлган бошқа иқтисодий соҳаларига тўсқинлик қилмаслиги каби бир қатор масалаларни ечишни талаб этади. Ўзбекистоннинг шамол ҳудудлари асосан чўл ҳудудларида жойлашганлиги ва агрегатни 30-70 м баландлик оралиғида ўрнатиш технологик мумкин эканини инобатға олсак ШЭСларидан ортиқча муаммоларсиз фойдаланиш мумкин. Ўзбекистон шамол электр станцияларини ўрнатиш бўйича охирги уч йил ичида чет-эл компаниялари учун миллиард доллордан

ортиқ инвестиция ётқизди [8]. Бу шамол энергиясидан фойдаланиш энергетика ва экология йўналишида муҳим тармоққа айланишини кўрсатади.

Якуний фикрлар

Мамлакатимизда ижобий ўзгаришлар шиддат билан амалга ошмоқда. Саноат маҳсулотлар ишлаб чиқариш секторларининг кўпайиши, аҳоли сонинг, энергия таъминотининг ортиши илмий тадқиқотчилар зиммасига катта вазифаларни қўймоқда. Ўзбекистон ривожланиб бораётган мамлакатлар қаторида ўз шамол энергетикаси тармоғига эга бўлиши, шамол агрегатларини ишлаб чиқариш саноатини йўлга қўйиши зарур. Янги Ўзбекистон ўз ички имкониятлари билан илмий тадқиқот ишларини маблағ билан таъминлаш сезиларли орти, чет-эл инвестерларини қизиқтириб бораётгани сабаб, ушбу мақсад бугун реалликка айланди.

Муаллифлар агрегатларни сериялаб ишлаб чиқаришгача бўлган жараёни амалга ошириш мақсадини бош вазифа қилиб оладилар. Янги лойиҳаланган ротор конструкцияси дунёда мавуд бўлган бу турдаги ўнлаб конструкциялар [9] ичида муносиб ўрин эгаллайди. Мамлакатимизнинг кўплаб шамол ҳудудларида минглаб бундай агрегатларни ишга тушиши аҳолини энергия истеъмоли таъминотида муҳим тармоқлардан бирига айланади. Иқтисодий кўрсаткичларимизга ўзининг салмоқли ҳиссасини қўшади. Экоцимимизни яхшилашда катта роль ўйнайди.

Адабиётлар:

1. Шефтер Я. И. Использование энергии ветра. Москва: 1990.-168 стр.
2. Шефтер Я.И. Ветроэнергетические агрегаты. Москва.:1991.-285 стр.
3. Шамол агрегати вертикал ўқли роторининг фойдали иш коэффициенти Наманган муҳандислик-технология институти илмий техника журнали, 4-сон. Наманган: 2019 й.-114 б.
4. <https://energybase.ru/power-plant/takhiatash-tp>
5. Нокоряков В.Е., Энергетика и экология. Новосибирск.: Гидро-метеоиздат, 1988.-105 стр.
6. <http://www.freepotent.ru>
7. <https://lex.uz/docs/5177530>
8. Реньзо Д. Ветроэнергетика. Москва.: 1982.-170 стр.
9. Ахмедов Р. Технология использование нетрадиционных и возоб-новляемых источников энергии. Москва.: Институт научной и технической информации, 1987.-174 стр.
10. Дыяков А.Ф. Энергетика сегодня и завтра. Москва.: «Энерго-атомиздат», 1990.-340 стр.
11. Макаров А. А., Митрова Т. А. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. ФГБИН «Институт энергетических исследований Российской академии наук» и «Аналитический центр при Провительство РФ». Москва 2019. – 172 стр.
12. Кажинский Б.Б. Ветросиловые установки. Москва.: 1928.-222 стр.
13. Куркин Б. А. Отрезвление. Сельская молодежь, 1988, №6. -24 стр.

14. Перминов Э.М. Развитие ветроэнергетики. Москва.: Энергетик. «Энергоатомиздат», 1993, №9, 2-9 стр.
15. <https://Polyset.ru>
16. Тельдеша Ю., Лесны Ю. Мир ищет энергию. Москва.: «Мир», 1981,-430 стр.
17. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И., Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Ленинград.: Гидрометиздат, 1991.-342 стр.
18. aftershock.news
19. Володин В., П. Хазановский. Энергия, век двадцать первый. Москва.: Гидрометиздат, 1989.-140 стр.
20. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И., Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Ленинград.: Гидрометиздат, 1991.-342 стр.
21. Груз Б. Г., Хмелевцов С.С., Энергия и климат. Ленинград.: Гидрометиздат, 1981.-302 стр.
22. <https://voltobzor.ru>
23. Лебедев Б.П., Матяка П.М., Энергетика мира. Москва.: «Энерго-атомиздат», 1989.-189 стр.
24. Научно технические проблемы комплексного использования возобновляемых источников энергии. Сборник научных трудов. Москва.: НИЭИ, 1986.-190 стр.
25. Энергия окружающей среды и строительное проектирование. Москва. : 1983.-70 стр.
26. Нокоряков В.Е., Энергетика и экология. Новосибирск.: Гидро-метиздат, 1988.-105 стр.
27. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. Москва.: «Машгиз», 1979.-394 стр.

28. Войнова Т.А., Козорянц Э.С., Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть II. Выпуск 3. Средняя Азия. Ленинград.: Гирометоиздат, 1966.-320 стр.
29. Янимаги К. Эффективность и функционирования энергетического комплекса региона. Таллин.: Институт термафизики и электрофизики, 1989.-199 стр.
30. Дружинин И.П. Энергетика страны и регионов. Новосибирск.: «Наука», Сибирское отделение, 1988.-218 стр.
31. Груз Б. Г., Хмелевцов С.С., Энергия и климат. Ленинград.: Гидрометеоиздат, 1981.-302 стр.
32. Энергия. Москва.: «Наука». 1991, №10, 38-39 стр.
33. Янимаги К. Эффективность и функционирования энергетического комплекса региона. Таллин.: Институт термафизики и электрофизики, 1989.-199 стр.
34. Войнова Т.А., Козорянц Э.С., Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть II. Выпуск 3. Средняя Азия. Ленинград.: Гирометоиздат, 1966.-320 стр.
35. Гарцман Л.Б., Заҳидов Р.А., Рудак Н.С. Ўрта Осиё шамол энергетикаси ресурслари. Тошкент.: 1994.-75 бет.
36. Нокоряков В.Е., Энергетика и экология. Новосибирск.: Гидрометеоиздат, 1988.-105 стр.
37. Секторов В.Р. Зарубежная ветроэлектроэнергетика. Москва.: 1964. -79 стр.
38. Musgrove P.J. Wind energy. Proc.1 Latin ces bogota. 13-30 July. Singapore.: 1992.- 589.
39. <https://tass-ru.turbopages.org/tass.ru/s/ekonomika/5655262>

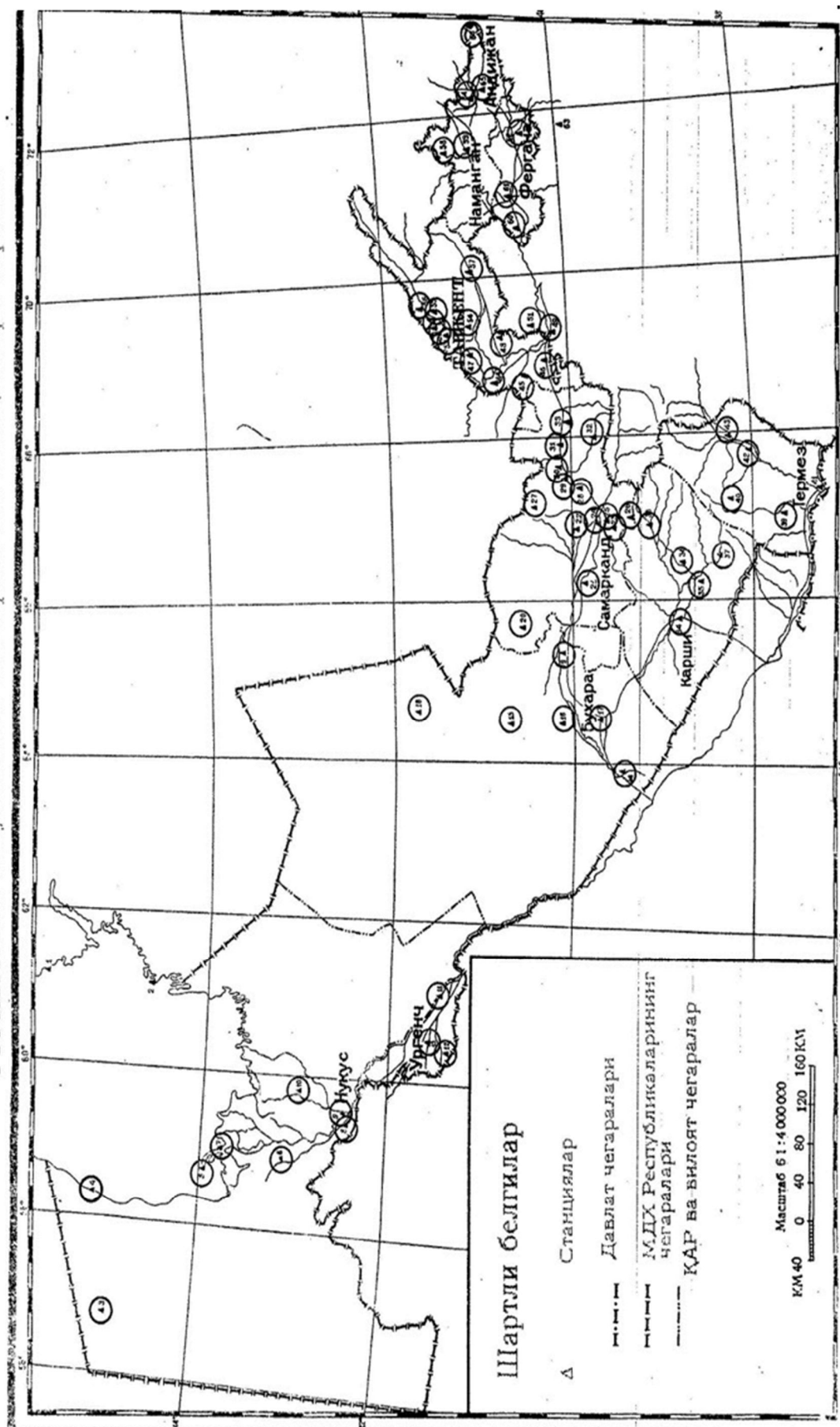
40. Ахмедов Р. Технология использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Москва.: Институт научной и технической информации, 1987.-174 стр.
41. Володин В., П. Хазановский. Энергия, век двадцать первый. Москва.: Гидрометеоиздат, 1989.-140 стр.
42. Семенов Н.Н. Переоброзование солнечной энергии. Москва.: 1983.-70 стр.
43. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И., Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Ленинград.: Гидрометеоиздат, 1991.-342 стр.
44. Фозилов Х.Ф., Исследование характеристик режима возобновляющихся источников энергии.: Тошкент.: 1973.-205 стр.
45. Инагамов С. Руководство по краткосправочным прогнозам погоды. Часть выпуск 3. Средняя Азия. Ленинград.: Гидрометеоиздат, 1986.-253 стр.
46. Ихтиро патентига талабнома, № LAP 20200106, ИМА, Тошкент. - 2020 й. 7 бет.
47. Деҳқонов У.Ғ., Холмурзаев А., Ўзбекистоннинг шамол ҳудудлари ва Ҳавос шамолининг энергетик потенциали. Инновация-99. Халқаро илмий-амалий анжуман, 1999, Термиз.
48. <http://www.freepatent.ru/patents/>

МУНДАРИЖА

КИРИШ.....	3
I. ШАМОЛ ЭНЕРГИЯСИДАН ФОЙДАЛАНИШ АСОСЛАРИ.....	7
1.1. Мавжуд анъанавий энергия манбалари ва уларнинг экологик муаммолари.....	7
1.2. Шамол-энергия манбайи.....	13
1.3. Шамол энергиясидан фойдаланишнинг қисқача тарихи ва бугуни.....	22
1.4. Шамол электр станцияларидаги авария ҳолатларидаги муаммолар.....	34
1.5. Шамол энергиясини механик энергияга айлантирувчи қурилмаларнинг назарий асослари.....	38
1.6. Шамол қурилмалари механизмларининг ҳаракатлантирувчи звенолари ҳақида.....	44
1.7. Вертикал ўқли роторларнинг ноанъанавий конструкциялари.....	53
1.8. Шамол агрегатларининг илғор технологиялари...	65
II. ҚАНОТЛАРИ ТЕКИС ЮЗАЛИ ВЕРТИКАЛ ЎҚЛИ РОТОРНИНГ НАЗАРИЙ НАТИЖАЛАРИ.....	73
2.1. Ротор механизмининг ишлаш принципи ва унинг характерли ҳолатлари.....	74
2.2. Шамол агрегати вертикал ўқли роторининг ҳаракатлантирувчи моменти.....	79
2.3. Агрегатга қўйилган фойдали қаршилик кучларининг зарурий тавсифини аниқлаш.....	86
2.4. Роторнинг фойдали иш коэффициенти.....	90
2.5. Агрегат роторининг ишлаб чиқарувчи қуввати.....	93

III. Умумий ҳулосалар ва таклифлар.....	98
3.1. Вертикал ўқли роторнинг динамик характеристикаси, афзаллик ва камчилилари.....	98
3.2. Янги ротор конструкцияси.....	102
IV. Иқтисодий кўрсаткичи.....	110
V. Ҳулоса.....	117
Якуний фикрлар.....	118
Адабиётлар.....	119
Мундарижа	123
ИЛОВАЛАР	125

Ўзбекистон Республикаси метеорологик станциялари картаси



Ўзбекистоннинг ша мол ҳудудлари доиралар билан белгиланган
