



Қазақстанда ЖЭК шектеулерінің перспективалары: электр станциялары мен желілердің рөлі



Инна Ким,
«Energy System Researches» ЖШС
директорының зерттеу
жөніндегі орынбасары

¹ ЖЭК қолдау жөніндегі қаржы-есеп айырысу орталығы, 24.07.2024 ж. <https://rjc.kz/ru/press-center/news/163797/>

ЖЭК дамуын қолдау саясатының, технологиялардың құнын ынталандыру мен төмендетудің арқасында Қазақстанда жаңартылатын энергия көздерінің үлесі айтарлықтай өсті. ҚР Энергетика министрлігінің ақпараты бойынша, 2024 жылдың бірінші жартыжылдығының қорытындысы бойынша электр энергиясын өндіруде ЖЭК үлесі 2,9 ГВт ЖЭК белгіленген қуаты кезінде (ЖЭС – 1,4 ГВт, КЭС – 1,2 ГВт, шағын ГЭС – 0,27 ГВт) 6,5%-ға жетті¹.

ЖЭК дамуын қолдау саясатының, технологиялардың құнын ынталандыру мен төмендетудің арқасында Қазақстанда жаңартылатын энергия көздерінің үлесі айтарлықтай өсті. ҚР Энергетика министрлігінің ақпараты бойынша, 2024 жылдың бірінші жартыжылдығының қорытындысы бойынша электр энергиясын өндіруде ЖЭК

үлесі 2,9 ГВт ЖЭК белгіленген қуаты кезінде (ЖЭС – 1,4 ГВт, КЭС – 1,2 ГВт, шағын ГЭС – 0,27 ГВт) 6,5%-ға жетті.

Қазақстан Республикасының 2035 жылға дейінгі энергетикалық балансына сәйкес (ҚР ЭМ 30.01.2023 жылғы №44 бұйрығы) ЖЭС пен КЭС белгіленген жиынтық қуатын 7,5 ГВт-қа дейін, оның ішінде ЖЭС-ті 5,3 ГВт-қа дейін

және КЭС-ті 2,2 ГВт-қа дейін ұлғайту жоспарлануда. Бұдан басқа, осы баланста 2024-2027 жж. аукциондық сауда-саттықты өткізу жоспарына сәйкес іске асыру жоспарланатын шамамен 3,5 ГВт ЖЭС және 0,4 ГВт КЭС (ЭМ 23.05.2023 жылғы №187 бұйрығы), сондай-ақ ACWA Power ЖЭС – 1 ГВт, CРIN ЖЭС – 1 ГВт, Masdar ЖЭС – 1 ГВт, Шелек ЖЭС – 1 ГВт сияқты ірі жобалар ескерілмеген.

ЖЭК – бұл диспетчерлеуге толық жауап бермейтін, болжаудың тән қателігі бар генерацияның ауыспалы көзі екендігі белгілі, сондықтан ЖЭК-тің үлкен көлемін электр желісіне біріктіру желілердің өткізу қабілеттілігінің жеткіліксіздігімен және дәстүрлі электр станцияларының маневрлігімен байланысты белгілі бір шектеулерге әкелуі мүмкін. Бұл жағдайда, электр жүйесінде артық генерация болған кезде, оның тұрақты жұмысын сақтау қағидаты (уақыттың әр сәтінде тұтыну мен генерация балансы) жүйелік операторды ЖЭК генерациясын шектеуге және ресурс мүмкіндік бергеннен аз жел немесе күн энергиясын қабылдауға мәжбүр етеді.

ЖЭК генерациясының шектелуі (curtailment) деп жел

немесе күн энергиясын өндіру көлемінің қазіргі уақытта ықтимал қолжетімді мәннен аз мәнге дейін мәжбүрлеп төмендеуі түсініледі.

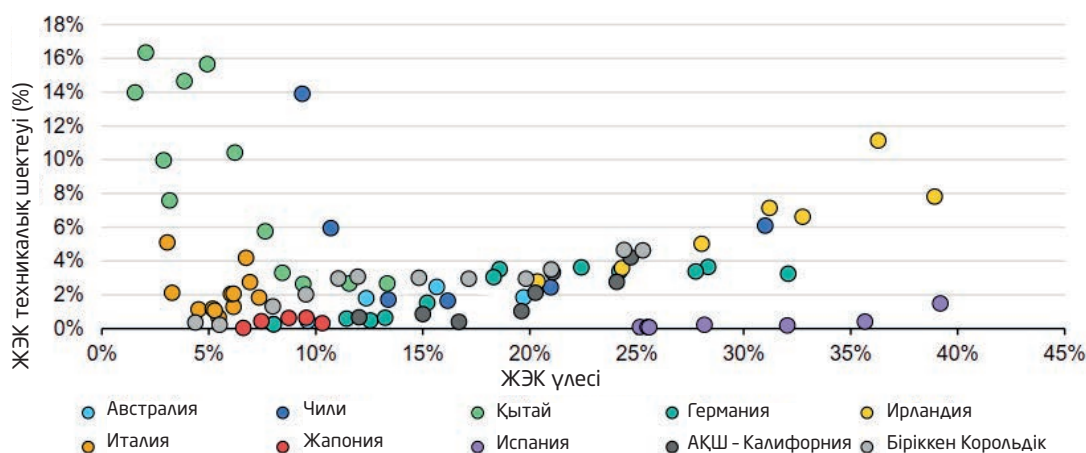
Осылайша, ЖЭК-тің үлкен көлемін энергия жүйесіне сәтті интеграциялау институционалдық өзгерістерді енгізу, нарықтық ынталандыру тетіктерін енгізу, желі топологиясын трансформациялау, оның өткізу қабілеті мен икемділігін арттыру, маневрлік көздерді дамытуға, операциялық қызметті жетілдіруге баса назар аудара отырып, дәстүрлі өндіруші қуаттардың құрылымын қажет етумен байланысты. Осы өзгерістерді іске асыру кешіктірілген жағдайда ЖЭК шектеулері айтарлықтай көлемге жетуі мүмкін.

ЖЭК өндіруді шектеу жобаны іске асырудың тартымдылығына тікелей әсер етеді, ал take-or-pay («ал да төле») келісімшартын жасасу кезінде тұтынушылар өндірілмеген электр энергиясын төлеуге мәжбүр болады.

Халықаралық тәжірибе көрсеткендей, ЖЭК дамуының жоғары қарқыны бар бірқатар елдерде ЖЭК-тен электр энергиясы үлесінің өсуімен оларды өндіруге шектеулердің үлесі де артады (1-сурет.).

1-сурет. ЖЭК шектеулері көлемінің олардың ену дәрежесіне тәуелділігі

Электр энергиясын өндірудегі және жекелеген елдердегі техникалық қысқартудағы ОБЭ үлесі



Дереккөз: Renewable Energy Market update Outlook for 2023 және 2024. IEA



Мысалы, ЖЭС/КЭС өндіру шектеулерінің перспективаға үлесі ЖЭК 30% ену дәрежесі кезінде 6-7%-ға жетуі мүмкін.

Осы мақалада «Energy System Researches» ЖШС компаниясы Қазақстан Республикасының 2035 жылға дейінгі энергетикалық балансының көрсеткіштерін ескере отырып, 2030 – 2035 жылдарға арналған ЖЭК шектеулерінің күтілетін көлемін бағалауды орындады, оның негізгі көрсеткіштері төмендегі кестеде көрсетілген (1-кесте).

1-кесте. Қазақстан Республикасының 2035 жылға дейінгі энергетикалық балансының негізгі көрсеткіштері, ГВт

Атауы	2030 ж.	2035 ж.
Жүктеме	23,2	24,8
Солтүстік аймақ	14,3	15,3
Оңтүстік аймақ	5,8	6,3
Батыс аймақ	3,1	3,3
Электр станцияларының белгіленген қуаты	41,2	44,3
Солтүстік аймақ, оның ішінде	24,1	24,5
ЖЭС	2,7	3,0
ГТЭС	0,7	0,7
ГЭС	1,8	1,8
шГЭС	0,1	0,1
БГҚ	0,4	0,4
КЭС	0,4	0,4
ЖЭСкөмір	12,1	12,1
ЖЭСгаз	0,3	0,3
ТЭОкөмір	5,6	5,6
Оңтүстік аймақ, оның ішінде	10,3	13,1
АЭС	0,0	2,8
ЖЭС	1,5	1,5
ГЭС	0,8	0,8
шГЭС	2,1	2,1
БГҚ	0,9	0,9
КЭС	1,5	1,5
ЖЭСкөмір	0,02	0,02
ЖЭСгаз	3,5	3,5
ТЭОкөмір	0,02	0,02
Батыс аймақ, оның ішінде	6,7	6,7
ЖЭС	0,8	0,8
ГТЭС	2,7	2,7
БГҚ	1,0	1,0
КЭС	0,3	0,3
ЖЭСгаз	2,0	2,0

ЖЭС/КЭС шектеулерінің ықтимал көлемін анықтау үшін электр станцияларының сағаттық жүктемені қамтуын талдауға мүмкіндік беретін модель құрылды:

- әр облыстың жүктеме кестесінің конфигурациясы,
- ЖЭК өзгермелі сипаты,
- 2030-2035 жылдарға арналған қолданыстағы және перспективалы дәстүрлі электр станцияларының реттеуші мүмкіндіктері,
- әлсіз қималардың өткізу қабілеттілігі,
- электр энергиясын жинақтау жүйелерінің (ЭЭЖЖ) жұмыс режимі.

Модельдеу нәтижелері энергия жүйесінің жұмысын

зерттеу кезінде, сондай-ақ Мирный ЖЭС, Асва Power ЖЭС, Шелек ЖЭС және т.б. жобаларды келісу кезінде пайдаланылды.

Төменде модельде қабылданған негізгі болжамдар берілген.

Генерация

Қолданыстағы электр станцияларының маневрлік өнімділігін талдау белгіленген қуаттың %/мин қуатын алу және қалпына келтіру жылдамдығының үлкен диапазонын көрсетті (2-кесте). Сипаттамалардағы айтарлықтай дисперсия жабдықтың тозуына немесе базалық электр станцияларын реттеуге қатысуға байланысты.

2-кесте. Қолданыстағы электр станцияларының белгіленген қуаттылығынан %/мин қуатын алу/төмендету жылдамдығы

Аймақ	Түрі	Қуат алу жылдамдығы, %/мин	Қуаттың төмендеу жылдамдығы,
Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ	ЖЭО	0-8%	0-12%
	ГТЭС	3-9%	3-18%
	КЭС	0-21%	0-18%
	ГЭС	3-50%	3-50%
Батыс	ГТЭС	1-50%	1-50%
	КЭС	0,5%	0,5%
	ЖЭО	0-6%	0-2%

Перспективалы электр станцияларының қабылданатын маневрлік сипаттамаларының мәндері Руст %-дан және қуаттың %Руст/мин-мен жинақталу/төмендеу жылдамдығынан төмендегі кестеде түрлері бойынша келтірілген (3-кесте).

3-кесте. Перспективалы электр станциялары бойынша маневрлік көрсеткіштері

Түрі	Максималды қысқы жүктеу	Максималды жазғы жүктеу	Минималды қысқы жүктеу	Минималды жазғы жүктеу	Қуат алу жылдамдығы, % Руст/мин	Жүктемені қалпына келтіру жылдамдығы, % Руст/мин
БГҚ	90%	90%	40%	40%	5%	5%
ГТЭС	100%	100%	20%	20%	10%	10%
ЖЭО	90%	60%	60%	30%	1%	1%
КЭС	90%	90%	40%	40%	1%	1%
АЭС	85%	85%	85%	85%	0%	0%
ГЭС (реттеуші)	100%	100%	0%	0%	10%	10%
ГЭС (контрреттегіш)	70%	40%	10%	10%	1%	1%

Жүктеме

Перспективалық жүктеме кестесінің конфигурациясы 2021 жылғы есепті кесте негізінде қабылданды. 2021 жылғы жүктеме бойынша сағаттық деректердің экстремумдары мен туынды көрсеткіштерін талдау нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген (4-кесте).

4-кесте. 2021 жылғы ҚР БЭЖ жүктемесі бойынша сағаттық деректер көрсеткіштері

Атауы	Жаз мин	Көктем мин	Күз макс	Қыс макс	Макс қуат жиынтығы, МВт/мин	Максималды жүктемені қалпына келтіру, МВт/мин
Батыс аймақ	1325	1287	1983	2079	6,9	6,2
Солтүстік аймақ	6511	6747	9765	10047	8,9	11,4
Оңтүстік аймақ	2014	1935	3969	3957	18,5	16,3
Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ	8683	8825	13646	13848	24,1	21,8

Солтүстік-Оңтүстік және Батыс аймақ БЭЖ тұтынушыларының жиынтық жүктемесінің кестесі күндізгі және кешкі шығымен сипатталады:

- күндізгі ең жоғары жүктеме (Астана уақыты бойынша) – Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ үшін 10:00 - 13:00 сағат, Батыс аймақ үшін 11:00-15:00 сағат
- кешкі ең жоғары жүктеме (Астана уақыты бойынша) – Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ үшін 18:00 - 22:00 сағат, Батыс аймақ үшін 20:00-23:00 сағат

Тмах максималды жүктемесін пайдалану сағаттарының саны Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ үшін 7060 сағатты және Батыс аймақ үшін 6970 сағатты құрайды.

ЖЭК ГЕНЕРАЦИЯСЫНЫҢ БЕЙІНІ

ЖЭК генерациясының сағаттық бейіні КЭС үшін – PVSYST, ЖЭС үшін WindPRO, су ағыны бойынша тарихи деректер бойынша – ШГЭС үшін мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып есептелген.

МЕМЛЕКЕТАРАЛЫҚ АҒЫНДАР

Қазақстан БЭЖ жұмысын талдау теңгерімсіздіктер ± 1000 МВт диапазонында болғанын және іргелес мемлекеттердің энергия жүйелерімен қуат алмасу ағындары

есебінен жабылғанын көрсетті. Алайда, Ресей Федерациясынан ± 150 МВт және ОА-дан ± 50 МВт мөлшеріндегі мемлекетаралық ағындар бойынша шарттық міндеттемелерді ескере отырып, перспективаға экспорт/импорт ауқымы ± 150 МВт мөлшерінде қабылданды.

ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНІҢ ТОПОЛОГИЯСЫ

2030 жылдың кезеңінде Батыс аймақты Қазақстанның Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ-мен біріктіру үшін Батыс аймақтың Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ-мен қуатының айырбастау ағынын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін Қарабатан-Өлке 500 кВ жүйеаралық ӘЖ салу көзделіп отыр.

Жоспарланған бірігуді ескере отырып, 2030 және 2035 жылдарға арналған перспективалық жүктемені жабуды модельдеу өткізу қабілетінің шектелуін ескере отырып, Солтүстік, Оңтүстік және Батыс аймақтар құрамында Қазақстанның бүкіл БЭЖ үшін тұтастай орындалды:

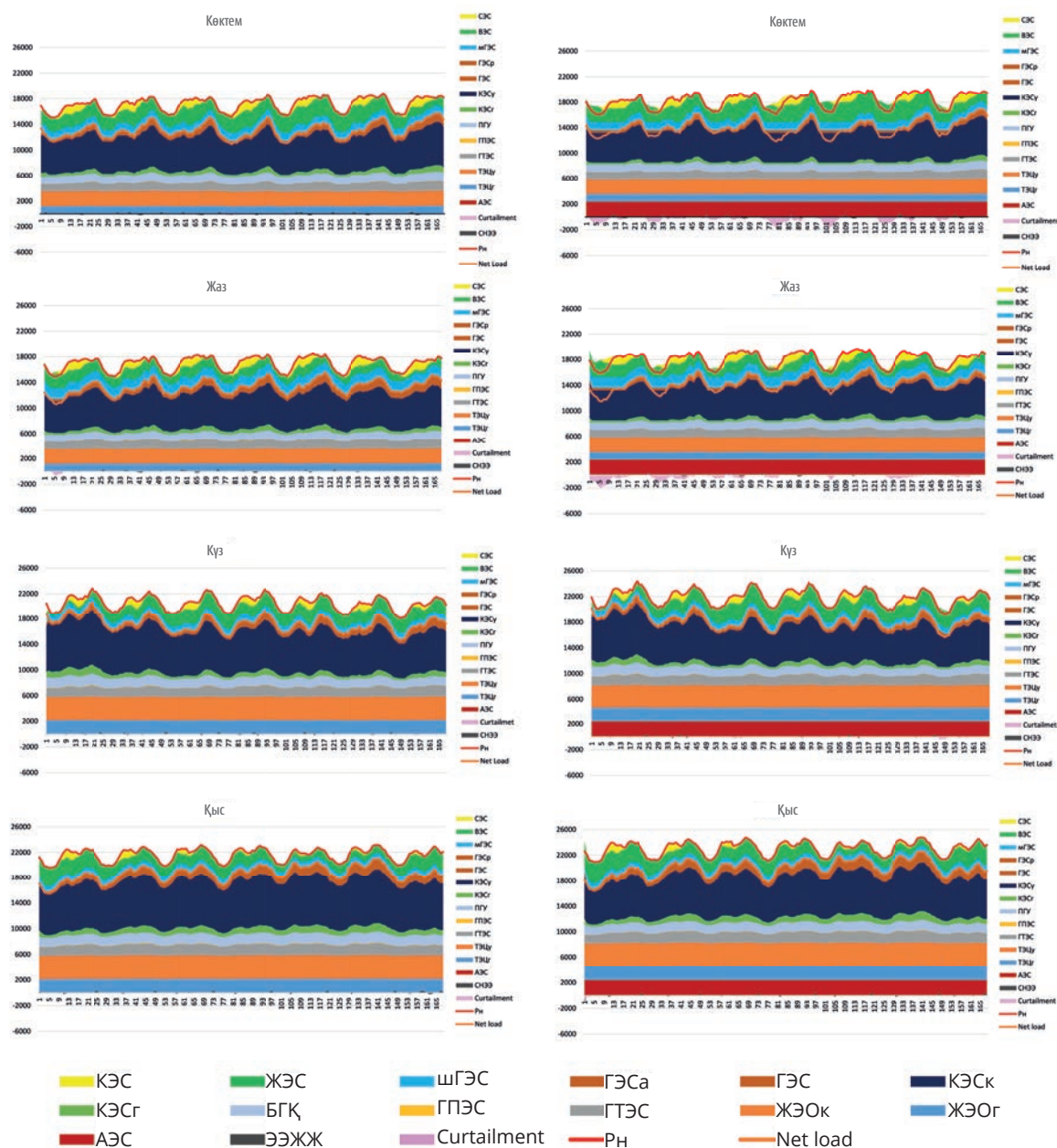
- Солтүстік-Оңтүстік транзиті бойынша (Л-5300, Л-5320, Л-5400).
- Бейнеу-МАЭК қимасы бойынша (Л-2075, Л-2085)
- Индер-Оң жағалау қимасы бойынша (Л-2540).

Әр маусымның 7 күніне арналған 2030 және 2035 сағаттық қамту кестелері төмендегі суретте көрсетілген (2-сурет).

2030-2035 ж. деңгейінде электр станцияларын диспетчерлеуді орындалған модельдеу нәтижелерін талдау келесі қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

- ЖЭС/КЭС шектеулерінің көлеміне әсер ететін негізгі факторлар дәстүрлі электр станцияларының реттеу диапазоны, сондай-ақ шектес мемлекеттердің энергия жүйелерімен Қазақстанның БЭЖ бойынша рұқсат етілген теңгерімсіздік диапазонының болуы мен шамасы болып табылады;
- 2030-2035 жылдарға қарай Солтүстік-Оңтүстік транзиті бойынша жазғы және көктемгі маусымдарда оңтүстік аймақта ЖЭС/КЭС жоспарланып отырған елеулі дамуын ескере отырып, негізінен Оңтүстіктен Солтүстік аймаққа 2 ГВт-тан астам ағын байқалады;
- Батыс аймақтың Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ-мен жоспарланып отырған бірігуін ескере отырып, жекелеген сағаттарда Солтүстік-Оңтүстік БЭЖ қуатының Батыс аймақпен $\approx \pm 0,6$ ГВт мөлшерінде айырбастау ағындары байқалады;

2-сурет. Электр станцияларының технологиялық мүмкіндіктерін ескере отырып, ҚР электр станцияларының сағаттық режимге қатысуы
2030 ж. 2035 ж. (АЭС ескере отырып)



- Қазақстанның БЭЖ-де реттеуші қуаттардың жеткіліксіздігіне байланысты ЖЭС/КЭС шектеулерінің шамасы ұлғаяды және қабылданған жағдайларда 2030 жылға қарай – 1%-ға дейін, 2035 жылға қарай – 5%-ға дейін жетуі мүмкін;
- 2035 жылға дейін ҚР энергетикалық балансында есепке алынбаған ірі ЖЭК жобаларын ЖЭК генерациясының шектеулерін төмендету жөніндегі іс-шараларды енгізбей енгізу шектеулердің 30%-ға дейін өсуіне әкелуі мүмкін.
- Әлемдік тәжірибеде ЖЭК шектеулерінің көлемін азайту үшін мыналар қолданылады:
- Электр энергиясын жинақтағыштар,
- Желілердің өткізу қабілетін арттыру,
- Сұранысты реттеу бағдарламалары,
- Техникалық минимумды төмендету арқылы электр станциясының реттеуші диапазонын ұлғайту,
- Өзара реттеуді қамтамасыз ету үшін өңірлік ынтымақтастық.