

ӘОЖ 621.315

DOI 10.52167/1609-1817-2022-121-2-538-546

К. Ж. Койшибаева<sup>1</sup>, А.Т. Егзекова<sup>1</sup>, А.М. Даулетханова<sup>2</sup>,  
Е.Е. Сеитбек<sup>1</sup>, Б. Адал<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университет, Нұр – Сұлтан, Қазақстан.

E-mail: erlanseitbek@mail.ru

## ЭЛЕКТР БЕРІЛІС ЖЕЛІСІНІҢ ӨТКІЗУ ҚАБІЛЕТІН АРТТЫРУ

**Аңдатпа.** Әуе желілерінің өткізу қабілетінің артуы электр энергиясын тұтынудың тез өсуіне байланысты. Мегаполис қалалардың саны өсуде, бұл қалалар мен ірі өнеркәсіптік кәсіпорындардың орталықтарына қуатты көп пайдалануды қамтамасыз етуді талап етеді.

Үнемділік пен экологияға, әуе желісінің құрылысының мерзімдерін азайтуға, электр магниттік өрістер мен олардың кедергілерінен қауіпсіздік пен қорғауға қойылатын талаптар артып келеді, бұл электр энергиясын берудің әуе арналарын салуға жаңа тәсілдерді талап етеді. Бұл мақалада электр энергиясын беру мәселелерін шешу мақсатында заманауи сымдарды қолданыстағы сымның конструкцияларын талдау ұсынылады.

**Түйінді сөздер.** Электр энергиясы, өткізу қабілеті, сымдар, сымның салбырауы, электр беріліс желісі

### Кіріспе.

Қазақстанның электр энергетикалық секторын орнықты дамыту экономика мен халықтың энергия ресурстарына қажеттілігін жабу, энергия сыйымдылықты төмендету, сондай-ақ энергия тиімділігін арттыру жөніндегі мәселелерді шешуді көздейді. Сонымен қатар, салада Қазақстанның энергия жүйесін тұрақты дамыту үшін ғана емес, ел экономикасын жаңғырту және әртарапандыру жөніндегі аса маңызды міндеттерді шешу үшін де тежеуші факторға айналуы мүмкін бірқатар елеулі проблемалар сақталуда. Атап айтқанда, Қазақстанның бірқатар өңірлерінде (әсіресе оңтүстік пен батыста) электр энергиясының тапшылығы проблемасы толық көлемде шешілмеген, бұл республиканың өнеркәсіптік өндірісінің өсуіне теріс әсер етуі мүмкін. Сонымен бірге, энергияны өндіру, беру және тарату аймақтарында қуаттардың жетіспеушілігін білдіреді, бұл өз кезегінде қолданыстағы электр энергиясын өндіретін станциялардың өндіру дәрежесін тежеп, оны тұтынушыларға беруін шектейді.

Қазіргі уақытта мемлекет алдында электр энергиясын өндіру және беру саласындағы дамудың екі стратегиялық маңызды бағытын шешу бойынша өткір міндет тұр: қолданыстағы қуаттар мен электр беру желілерін жаңарту, өйткені жұмыс істеп тұрған объектілердің көпшілігі, өткен ғасырдың 70-80-ші жылдары салынған; елдің оңтүстік және батыс өңірлеріндегі электр энергиясының тапшылығын жою. Қазақстан экономикасын әртарапандырудың қазіргі заманғы жағдайларында өнеркәсіптің өсуі электр энергиясын тұтынудың ұлғаюымен ғана емес, сондай-ақ энергияны өндірудің де, тұтынудың да энергия тиімділігінің ұлғаюымен, сондай-ақ энергия көздерінің өзін

эртаптапандырумен байланысты болуы тиіс, бұл сөзсіз электр берудің жаңа желілерін салуға және қолданыстағы желілерді жаңартуға әкеп соғады. Жаңа желілерді салудың баламасы жоғары температуралы сымдарды қолдану болып табылады, бұл электр беріліс желілерінің өткізу қабілетін тіректерді ауыстырусыз және арматураны елеулі жаңғыртусыз 2-3 есе арттыруға мүмкіндік береді.

#### *ЭБЖ өткізу қабілеттігін арттыру материалдары мен тәсілдері.*

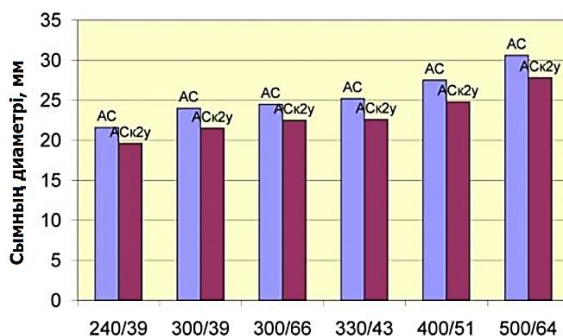
Қазақстанда 2000 жылдан 2021 жылға дейінгі кезеңде электр энергиясы өндірісінің өсу динамикасын талдау салада оң динамиканың бар екендігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді - өндіріс көлемі, сондай-ақ электр энергиясын тұтыну үнемі артып келеді.

Әуе электр желілерін салу кезіндегі маңызды міндет - электр энергиясын беру шығындарын азайту. Бұған келесілерді арқылы қол жеткізуге болады: сымдардың жаңа маркаларын; жаңа үлгідегі оқшаулатқыштарды пайдалану, компактiлi, шағын әуе желілерін салу, сымның температурасын және оның керіліп созылып кетуін жіті бақылауда ұстау.

Электр беріліс желілерінің техника-экономикалық көрсеткіштерін жоғарылату мақсатында оларды келесі бағыттарда дамыту көзделіп отыр: әуе желісінің өткізу қабілеттілігін жоғарылататын жаңа үлгідегі тіректерді пайдалану арқылы компактiлi әуе желісін тарту; жүктемелік қабілетін жақсарту; беріліс желісінің сымдарының салбырауын болдырмау немесе азайту; желінің номиналдық кернеуін ұлғайту; жергілікті жердің климаттық шарттарын есепке ала отырып, әуе желісінің жүктемесін көбейту; қолданыстағы сымдарды қолданымдық сипаттамалары жақсы, жаңа үлгіде шығарылған сымдармен (мысалы ыстыққа шыдамды сымдарға, азайтылған сымдарға) алмастыру; әуе желісінің өткізу қабілетін үнемі бақылап отыру.

#### **Нәтижелер.**

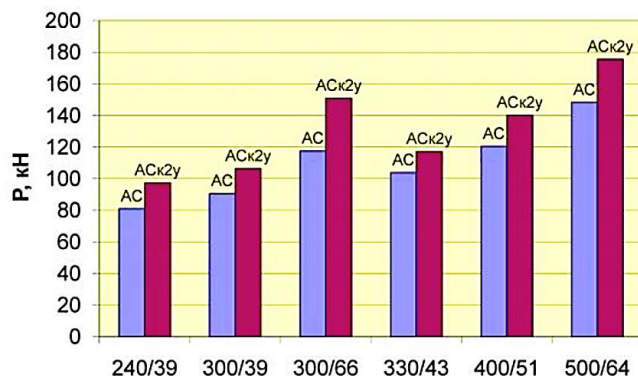
Бірдей көлденең қимасы бар АС маркалы дәстүрлі сыммен салыстырғанда АСк2у маркалы сымның диаметрі орташа есеппен 10%-ға аз. Сымның кіші диаметрі аэродинамикалық және көктайғақ жүктемесінің азаюына, сондай-ақ сымда мұздың пайда болу ықтималдығының төмендеуіне ықпал етеді (1 сурет).



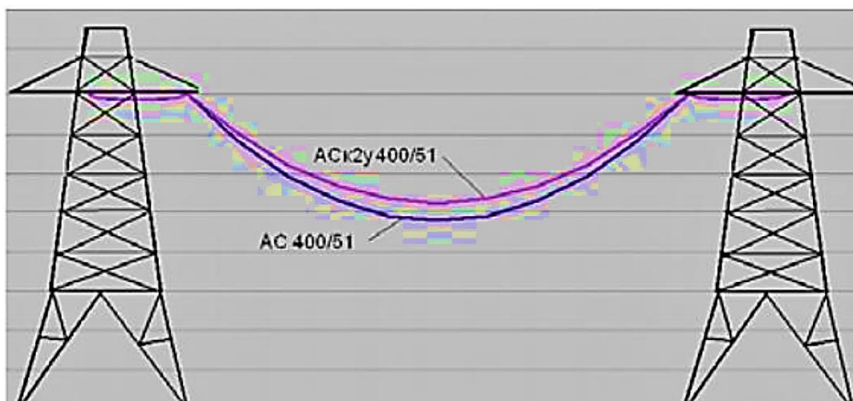
1 сурет - АС және АСк2у сымдарының диаметрлерін салыстыру

АСк2у сымның өзегі ASTM В 958-08 стандартына сәйкес жасалған мырыш-алюминий жабыны бар беріктігі жоғары болат сымдардан тұрады. Бұл сымдардың беріктігі АС маркалы сымдарда қолданыстағы дәстүрлі сыммен салыстырғанда 20% - ға жоғары. Беріктігі жоғары болат сымды қолдана отырып, өзек пен сымның механикалық беріктігі артады. Қолданыстағы ЭБЖ қайта құру кезінде АСк2у сымын пайдалану

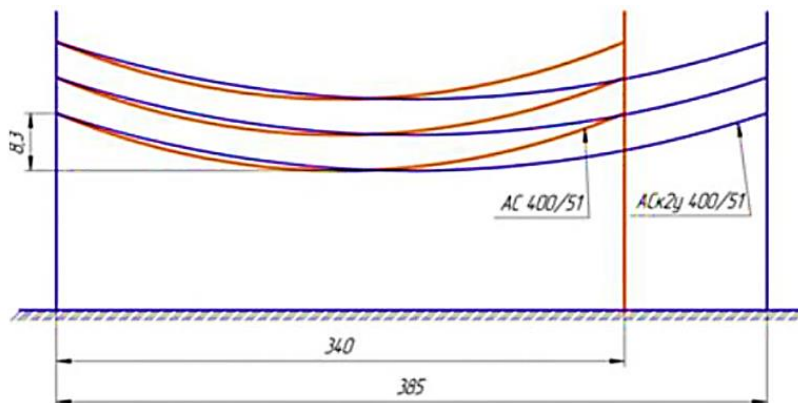
сымдардың салбыраған жебелерін азайтуға, стихиялық табиғи әсерлер нәтижесінде сымдардың үзілу ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді. Жаңа ЭБЖ салу кезінде АСк2у сымдарын пайдалану олардың арасындағы қашықтықты ұлғайту арқылы аралық тіректердің санын азайтуға көмектеседі, осылайша құрылыстың күрделі шығындарын және оның уақытын азайтады [1,2,7]. АС және АСк2у сымдарының механикалық беріктігін, салбырауын, аралық ұзындығын салыстыру 2, 3 және 4 суреттерде келтірілген.



2 сурет - АС және АСк2у сымдарының механикалық беріктігін салыстыру



3 сурет – АС-400/51 және АСк2у-400/51 маркалы сымдардың салбырап түсуінің көрінісі



4 сурет - АС және АСк2у сымдарының аралықтағы (өткіндегі) тартылу ұзындығын салыстыру кезіндегі көрініс

АСк2у маркалы сымдардың нақты электрлік кедергісі дәл сондай қимадағы АС маркалы сымдардың электрлік кедергісінен жуық шамамен 2-5% аз болғандықтан, сымды есептік қолдану кезеңінде (45 жыл) электр беріліс желісінде миллиондаған кВт·сағ электр энергия үнемделеді екен, және де талдау есептемелері ұзындығы бірнеше ондаған километр әуе желісі үшін экономикалық тиімділік ондаған миллион теңгені құрайтынын көрсетеді [2,7].

Қолданылатын материалдар

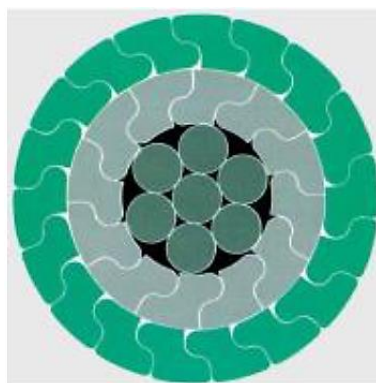
Сымдарды дайындау үшін келесі материалдар қолданылады:

- МЕМСТ 13483-78 бойынша алюминий созба сымы;
- ASTM В 958-08 бойынша беріктігі жоғары болат сым.

### Талқылау.

Аеро-Z жинақы (ықшам) сымы. Қазақстан экономикасын инновациялық даму жолына көшірудің негізі – электрмен жабдықтаудың сенімді жүйесін құру. Бүгінгі таңда Қазақстанның энергия шаруашылығының даму қарқыны экономикалық қажеттіліктерге сай емес. Барлық санаттағы және ерекше топтағы тұтынушыларды тиісті электрмен жабдықтау мүмкіндігінше қамтамасыз етілгенімен, алайда, электр энергияны тасымалдауға қатысты өзекті мәселелер алдын ала шешілуі тиіс. Ол мысалы электр беріліс желілеріндегі қоланылып келе жатқан АС сымдарының ескіруіне байланысты өткізу қабілеті нашар, механикалық беріктігі төмен, ауа райының құбылысына төзімділігі әлсіреп нашар болуынан электр энергиясын беру кезінде үлкен шығындарға әкеліп соқтырады. Шетелдік мамандар әзірлеп шығарып жатқан жаңа сымдар бұл кемшіліктерді жоя алады.

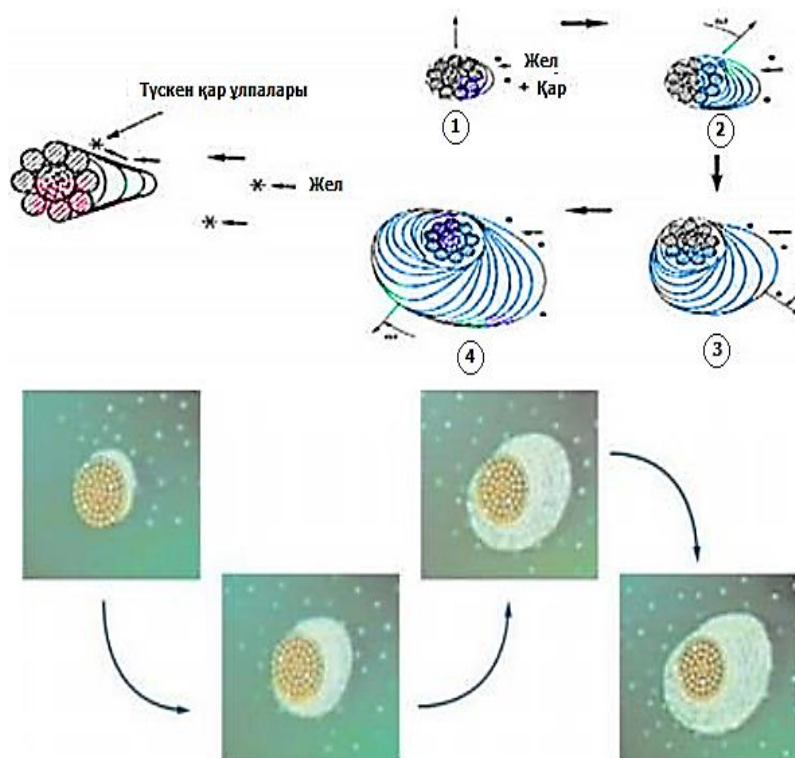
Nexans концерні 110 – 1150 кВ электр беріліс желілері үшін жаңа жоғары технологиялық сымдарды ұсынады. Бұл сымдар бір немесе бірнеше концентрациялық қабаттардан тұратын дөңгелек сымдардан (ішкі қабаттар) және «Z» әрпі (сыртқы қабаттар) түріндегі сымдардан тұрады. Сымның әрбір қабаты белгілі бір қадаммен жасалған ұзындықта бұрамдалған [2,7]. Сымның ішкі бөлігі (5-сурет) қарапайым АС сымына ұқсас келгенімен, бұл сымның ішкі сымдар тек болаттан ғана емес, сонымен бірге алюминий немесе алюминий қорытпаларынан да орындалуы мүмкін. Сонымен қатар, бір немесе бірнеше сымдардың іші қуыс және ішінде оптикалық талшықтар болуы мүмкін. Сымның сыртқы қабаттары «Z» әрпі түріндегі алюминий сымдарымен әзірленген және де сымдар бір бірімен өте жақын, тығыз орналасқан.



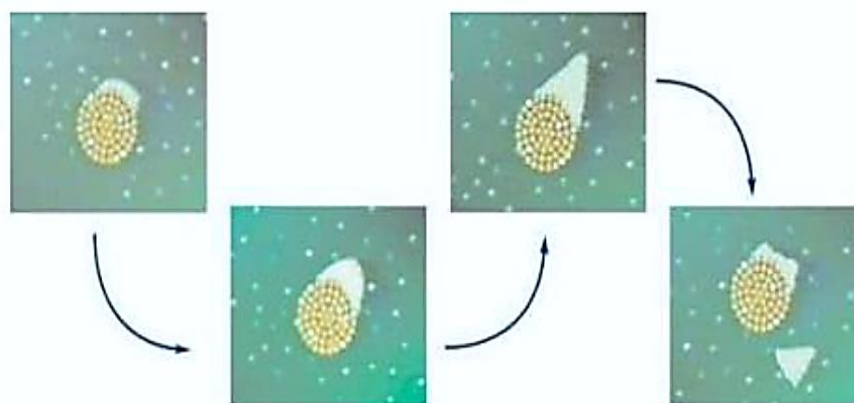
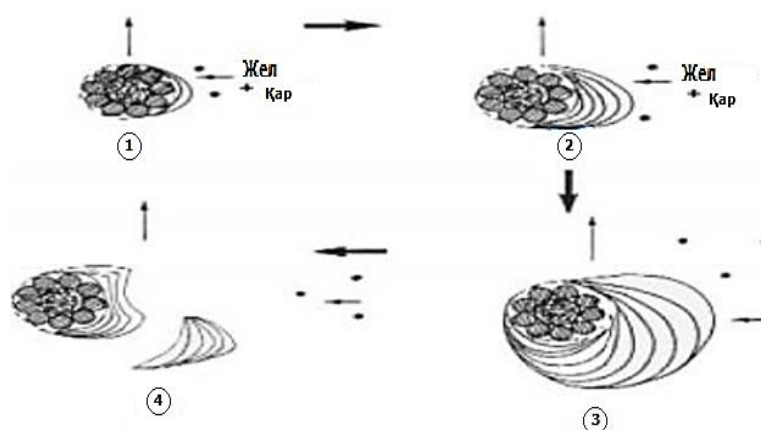
5 сурет - Аеро-Z сымының конструкциясы

Сондықтан сымдардың неғұрлым осылайша тығыз бұралуына және сыртқы беттігінің жатық (тегіс) болуына байланысты болат өзекшесі болмайтын, жұқа, әрі жеңіл

сымдарды қолдануға болады. Бұл өз кезегінде сымдарда электрлік шығындардың төмендеуіне (10-15%), соның ішінде тәжделуге кететін шығынның болмауына және құрылымның механикалық беріктігінің жоғарылауына әкеледі. Найзағайдың екпінінің әсеріне зертханалық сынақ Z-тәрізді сымдар зақымдалған кезде осы сымның толық механикалық беріктігі сақталатынын көрсетті. Сондай-ақ, сымның тығыз бұралуының арқасында судың және ластанудың ішкі қабаттарға енуі іс жүзінде алынып тасталатындықтан, сымның ішкі қабаттарының коррозиясы төмендейді. Кәдімгі сымға қарағанда, сыртқы беті тегіс Аеро-Z сымы тәждегі шығынды едәуір азайтады (тәждік разряд пайда болатын электр өрісінің күші кәдімгі сымға қарағанда Аеро-Z сымында шамамен 15% жоғары). Сыртқы құрылымының тегіс болуының арқасында Аеро-Z сымы әдеттегі сыммен салыстырғанда жел жүктемелеріне шамамен 30-35% аз аэродинамикалық қарсылыққа ие, бұл көлденең және тік бағытта сымдардың «билеуінің» күрт төмендеуін болдырып, тіректер мен оқшаулатқыш гирляндларының жұмысын біршама жеңілдетеді [2,7]. Сымға қардың жабысуы кезінде оның өзін ұстауына ерекше назар аудару қажет. Қолданыстағы дәстүрлі сым үшін қардың сымға жабысуы 6-суретте көрсетілген. Сымда ылғалды қардың жиналуына қарай ауырлық центрі жылжиды (суреттегі 2 кескін), ал аралықта сым бұрылады (суреттегі 3 кескін). Алайда қар жауып, цикл алдымен жалғасады. Нәтижесінде дәстүрлі сым қосымша моменттерді алады немесе тарала бастайды (желдің бағытына байланысты). Жоғары бұралу кедергісі бар Аеро-Z сымы бұл жағдайда іс жүзінде айналмайды, бұл ауырлық күшінің әсерінен артық қардың өзін-өзі лақтыруына әкеледі (7-сурет).



6 сурет – Кәдімгі қолданыстағы сымға қардың жабысу сұлбасы



7 сурет – Аеро-Z сымына қардың жабысу сұлбасы

**Қорытынды.**

Аеро-Z сымының меншікті кедергісі тиісінше 10,5% - ға аз, электр энергиясын тасымалдау кезінде сымдағы жылу шығыны да сонша аз. Аеро-Z сымының меншікті салмағы АС сымына қарағанда 12% аз, диаметрі - 3% аз. «Үзетін күш» шамасының мәні 23% айырмашылығы бар. Төмендегі кестеде АС–240/39 сымы мен 301-2Z типті АЕРО-Z сымының сипаттамаларын салыстыру көрсетілген.

1 кесте - АС–240/39 және АЕРО-Z сымдардың сипаттамаларын салыстыру

| Параметрі                 | АС маркалы сым | АЕРО-Z маркалы сым |
|---------------------------|----------------|--------------------|
| Үлестік кедергі, Ом/км    | 0,1222         | 0,1094             |
| Үлестік салмағы, кг/км    | 952            | 844                |
| Диаметрі, мм <sup>2</sup> | 21,6           | 21                 |
| Үзу күші, кг              | 80895          | 99500              |

- Аеро-Z маркалы сымдарды пайдалану келесілермен шартталады:
- қолданыстағы желілердің өткізу қабілетін арттыру қажеттілігі;
  - сымдардың «билеуіне» байланысты әуе желісі тіректеріндегі механикалық жүктеменің төмендеуі;
  - сымдар мен тростардың коррозияға төзімділігінің артуы;

- сыртқы ықпалдарға, соның ішінде найзағай әсерінен бірнеше сыртқы сымдар ішінара зақымдалғанда сымның үзілуінің азаюы;

- сымға қар жабысқанда немесе мұз қатқанда сымдардың механикалық қасиеттерінің жақсаруы.

Демек, Aero-Z сымның әдеттегі АС маркасымен салыстырғанда айқын артықшылықтары болады [2,7]:

- сондай қимада үлкен токтарды беру мүмкіндігі;

- сымның сондай салмағы болғанда үлкен қималарды пайдалану мүмкіндігі, яғни электр энергиясын беру кезінде жылу шығындарын азайту және желінің асқын жүктелу мәселесін оңтайлы шешу;

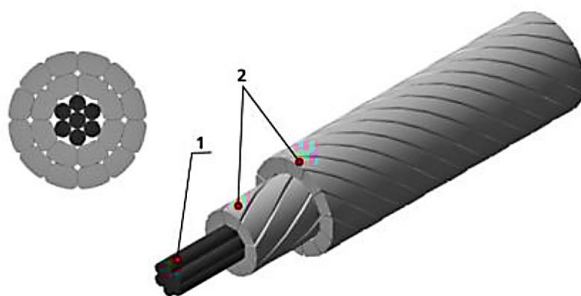
- сымдардың сыртқы қабатының ықшамдылығына байланысты мұзданудың және сымдарға қардың жабысуының айтарлықтай төмендеуі;

- аэродинамикалық кедергінің кәдіуілгідей төмендеуі, жел жүктемелері үлкен болатын аймақтарда сымдардың «билеуінің» азаюы, соның салдарынан сымдағы металдың шаршауының төмендеуі және тербелістердің өздігінен өшуінен сымның өмірлік циклдің жоғарылауы;

- электр беру желісінің пайдалану көрсеткіштерін елді мекендерде шу деңгейін төмендетуді ескере отырып жақсарту;

- сымның ішкі тоттануын алдын алу, оның сыртқы әсерлерден үзілу мүмкіндігін азайту, бұл әуе электр желісі үшін әдеттегі сымдармен салыстырғанда сымның ұзақ қызмет ету мерзімін (45 жыл және одан көп) қамтамасыз етеді [2,7].

Ықшам сым сымның механикалық беріктігін қамтамасыз ететін өзектен және трапеция тәрізді профильді алюминий сымдарының бірнеше топтасып бұрамдалған ілмектерден тұрады. АСк2у маркалы сымдар ТУ 16 К03-53-2012 бойынша дайындалады және әуе электр тораптарында 35-750 кВ кернеуге электр энергиясын беруге арналған (8 сурет).



- 1 - жоғары беріктігі бар болат сымдардың өзегі;  
2 - алюминий сымдарының ілмектері

8 сурет - АСк2у маркалы сымның конструкциясы

АСк2у маркалы сымдарда трапеция тәрізді алюминий сымдары қолданылады, оларды қолдану сымның сыртқы бетін тегіс етіп, сымның диаметрін азайтуға мүмкіндік береді.

## ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Щеглов Н.В. «Современные подходы к совершенствованию и развитию воздушных линий электропередачи». Четвертая Российская научно-практическая конференция с международным участием.

[2] «Алюминиевый композитный усиленный провод». Энерго-эксперт №3, 2007 10. Брошюра фирмы «ЗМ» АССР 2012.

[3] Белый Д.И. «Алюминиевые сплавы для токопроводящих жил кабельных изделий». Наука и Техника, №1 (232) 2012.

[4] <http://95.154.104.206/index.php?dir=Library/%CB%E5%EA%F6%E8%8>

[5] <http://lib.convdocs.org/docs/index-140669.html?page=3>

[6] <http://www.ruscable.ru/print.html?p=/article/Innovacionnye>

[7] Неизолированные провода для воздушных линий электропередачи Nexans Aero-Z. – <http://www.kabtrade.ru>

[8] Глобальный эксперт в кабельных системах Nexans – <http://www.nexans.ru/eservice>

[9] Инновационные конструкции неизолированных проводов – <http://www.uncomtech.ru>

**Куланда Койшибаева**, магистр, сениор-лектор, Академии логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, [ms.kulyanda@mail.ru](mailto:ms.kulyanda@mail.ru)

**Анар Егзекова**, к.т.н., ассистент профессор, Академии логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, [granata81@mail.ru](mailto:granata81@mail.ru)

**Алуа Даулетханова**, магистр, инженер, Университет Сатпаева, Алматы, Казахстан, [alua\\_dauletkhanova@mail.ru](mailto:alua_dauletkhanova@mail.ru)

**Ерлан Сеитбек**, магистрант, специалист Академии логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, [erlanseitbek@mail.ru](mailto:erlanseitbek@mail.ru)

**Багдар Адал**, магистр, ассистент Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан, [Bagdar\\_228@mail.ru](mailto:Bagdar_228@mail.ru)

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

**Аннотация.** Повышение пропускной способности воздушных линий обусловлено быстрым ростом потребления электроэнергии. Растет число городов-мегаполисов, что требует обеспечения глубокого ввода мощности в центры городов и крупных промышленных предприятий.

Повышаются требования к экономичности и экологии, снижению сроков строительства воздушных линий, безопасности и защите от электромагнитных полей и помех от них, что требует новых подходов к сооружению воздушных каналов передачи электроэнергии. В данной статье для решения проблем передачи электроэнергии предлагаются новые конструкции проводов, сделан сравнительный анализ их с применяемыми проводами в системе электропередач.

**Ключевые слова.** Электроэнергия, пропускная способность, провода, провисание провода, линия электропередачи



**Kulanda Koishibayeva**, magistr, senior lecturer at the Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, ms.kulyanda@mail.ru

**Anar Egzekova**, candidate of technical sciences, assistant professor Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, granata81@mail.ru

**Alua Dauletkanova**, magistr, engineer Satpayev University, Almaty, Kazakhstan, alua\_dauletkanova@mail.ru

**Erlan Seitbek**, master's student, specialist Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, erlanseitbek@mail.ru

**Bagdar Adal**, magistr,, assistant, Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin. Nur-Sultan, Kazakhstan, Bagdar\_228@mail.ru

### INCREASING THE CAPACITY OF THE POWER TRANSMISSION LINE

**Abstract.** The increase in the throughput of overhead lines is due to the rapid growth in electricity consumption. The number of megacities is growing, which requires deep input of power to city centers and large industrial enterprises. The requirements for efficiency and ecology, reduction of construction time for overhead lines, safety and protection against electromagnetic fields and interference from them are increasing, which requires new approaches to the construction of overhead power transmission channels. In this article, to solve the problems of power transmission, new designs of wires are proposed, a comparative analysis of them with the wires used in the power transmission system is made.

**Keywords.** Electric power, transmission capacity, wires, sagging wires, power transmission line.

\*\*\*\*\*