

УДК 621.316.1

МРНТИ 44.29.33, 44.29.37

DOI 10.56339/2305-9397-2022-2-2-158-165

Гируцкий И.И., техника ғылымдарының докторы, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-2256-6748>

«Беларусь мемлекеттік аграрлық-техникалық университеті» ББМ, Тәуелсіздік даңғылы 99, Минск қ., 220023, Беларусь Республикасы, gir_50@mail.ru

Сабыржанова А.О., магистрант, <https://orcid.org/0000-0003-1406-3822>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, aaigeerim@mail.ru

Ербаев Е.Т., PhD докторы, <https://orcid.org/0000-0002-3186-9994>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, erbol.erbaev@mail.ru

Жексембиева Н.С., техника ғылымдарының кандидаты, <https://orcid.org/0000-0002-6094-6987>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, nazim_61zh@mail.ru

Girucskiy I.I., doctor of technical sciences, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-2256-6748>
Belarusian State Agrarian Technical University (BSATU), Minsk, Independence Avenue, 99, 220023, Belarus, gir_50@mail.ru

Sabyrzhanova A.O., master's student, <https://orcid.org/0000-0003-1406-3822>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, aaigeerim@mail.ru

Yerbayev Y.T., doctor of philosophy (PhD), <https://orcid.org/0000-0002-3186-9994>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, erbol.erbaev@mail.ru

Zheksembieva N.S., candidate of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0002-6094-6987>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nazim_61zh@mail.ru

**ӘУЕ ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ СЕНІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ НЕГІЗІНДЕ
ҰЗЫНДЫҒЫНА ҚАРАЙ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ
METHODOLOGY OF LENGTH CALCULATION ON THE BASIS OF RELIABILITY
INDICATORS OF AIRLINES**

Аннотация

Әуе желілері (ӘЖ) энергожүйе жұмысында және тұтынушыларды электрмен сенімді жабдықтауда маңызды рөл атқарады. 35-750 кВ Әуе желілерінің үлесіне электр жабдығының істен шығуы мен ажыратылуының едәуір бөлігі (~ 35% -50%) келеді. Тұтынушыларды электр энергиясымен үздіксіз қамтамасыз ету электрмен жабдықтау жүйелері сапасының негізгі көрсеткіші болып табылады. Электрмен жабдықтаудың үздіксіздік дәрежесі электр желілерінің сенімділігімен бағаланады. Жұмыстың сенімділігін талдау кезінде электр желілерінің құрамына кіретін барлық элементтер үшін сенімділік көрсеткіштерін бірдей бағалау әдеттегідей. Ұзындығы негізінде әуе электр желілерінің сенімділік көрсеткіштерін есептеу әдісінің сипаттамасы келтірілген. 35-750 кВ әуе желілерінің жоғары зақымдалуының себептері, сонымен қатар классикалық сенімділік теориясы мен ұсынылған әдістемені пайдалана отырып, 110 кВ әуе желілерінің сенімділігін есептеу нәтижелері келтірілген. Классикалық сенімділік теориясының кемшіліктері атап өтілді және оларды жою жолдары ұсынылды. Техниканы

пайдаланудың ұсынылған саласы электр желілерінің сенімділігін басқарудың автоматтандырылған жүйесі болып табылады. Әуе желілерінің сенімділік көрсеткіштерін есептеудің ұсынылып отырған әдістемесі қолданыстағы әдістерге қарағанда, топтағы істен шығулар мен элементтердің санын пайдалануға емес, әуе желілерінің сенімділігін олардың ұзындығына байланысты анықтауға негізделген.

ANNOTATION

Overhead lines (overhead lines) play an important role in the operation of the ES and reliable power supply to consumers. The share of 35-750kV overhead lines accounts for a significant part of failures and disconnections of electrical equipment (~ 35% -50%). Uninterrupted supply of electric energy to consumers is the main indicator of the quality of power supply systems. The degree of uninterrupted power supply is assessed by the reliability of electrical networks. When analyzing the reliability of work, it is customary to evaluate reliability indicators equally for all elements that make up electrical networks. A description of the methodology for calculating the reliability indicators of overhead transmission lines based on their lengths is given. The reasons for the high damage rate of 35-750 kV overhead lines are presented, as well as the results of calculations of the reliability of 110 kV overhead lines using the classical reliability theory and the proposed methodology. Shortcomings of the classical theory of reliability are noted and ways of their elimination are offered. The recommended area for using the methodology is an automated control system for the reliability of electrical networks. The proposed method for calculating the reliability of overhead lines is based on determining the reliability of overhead lines depending on their length, and not on using the number of failures and elements in a group compared to existing methods.

Түйінді сөздер: *Әуе электр желісі, ақаулық, ұзындық, сенімділік көрсеткіштері, істен шығу ағынының параметрі, есептеу әдісі, сенімділік.*

Key words: *Air power line, failure, length, reliability indicators, parameter of a stream of the refusals, calculation methods, reliability.*

Кіріспе. Электр станцияларының жұмысында және тұтынушыларды сенімді электрмен жабдықтауда әуе желілері (ЭЖ) маңызды рөл атқарады. 35-750 кВ әуе желілерінің үлесі электр жабдықтарының істен шығуы мен үзілулерінің айтарлықтай бөлігін құрайды (~ 35% -50%).

ЭЖ жоғары зақымдануының себептері: климаттық әсерлердің әсері (мұзды-жел жүктемелері, атмосфералық толқындар және т.б.); бөгде кедергілерге ЭЖ-нің болуы (тіректерге түсулер, сымдардың үзілуі, оқшаулағыштардың «орындауы»); ЭЖ элементтерінің техникалық жағдайын бақылаудың күрделілігі [1,2,8,9,10].

ЭЖ сенімділігін зерттеу келесі мақсаттарды көздейді: электр жүйелерін әзірлеу схемаларының сенімділігін бағалау, электр жүйелер, жеке тұтынушылардың электрмен жабдықтау жүйелері; конструкцияларды, жабдықтарды, әуе желілерінің құрылысын талдау; аса жоғары вольтты әуе желілерінің нұсқаларын техникалық-экономикалық негіздеу және конструкцияларды, тіректерді, іргетастарды, сымдарды, оқшаулау деңгейлерін таңдау; ЭЖ жөндеу және техникалық қызмет көрсету жүйесін талдау және рационализациялау; ЭЖ пайдалану кезіндегі жоспарлау, басқару және өндірістік-шаруашылық қызмет мәселелерін шешу; әр түрлі деңгейдегі диспетчерлік басқару мәселелерін шешу; ЭЖ-нің жабдықтары мен қосалқы бөлшектерінің авариялық қорының нормативтерін әзірлеу; жергілікті жағдайларды ескере отырып, әуе желілерін пайдалану бойынша ұсыныстар мен нұсқаулықтарды әзірлеу; ЭЖ-нің сенімділігін арттыру бойынша іс-шаралардың қажеттігі мен тиімділік дәрежесін анықтау [1,16-18].

35-750 кВ әуе желілерінің сенімділігі 5 топтағы көрсеткіштер жиынтығымен бағаланады: сенімділік көрсеткіштері; техникалық қызмет көрсету; төзімділік; кешенді көрсеткіштер; экономикалық көрсеткіштер. Бұл ретте электр берудің ЭЖ сенімділік көрсеткіштері жүйенің басқа элементтері сияқты бағаланады. ЭЖ сенімділігін талдаудың бұл тәсілі толығымен дұрыс емес [3,4,11,12-15].

Бұл кеңістіктегі ұзын нысандар болып табылатын ЭЖ-нің ерекшелігіне байланысты. Номиналды кернеуге байланысты ЭЖ ұзындығы бірнеше жүз километрді құрауы мүмкін, ЭЖ трассасы әртүрлі климаттық жағдайлары бар аумақтар бойынша өтуі, барлық инженерлік

құрылыстар мен конструкцияларды, географиялық объектілерді (егістіктер, ормандар, көлдер) кесіп өтуі мүмкін, бұл ӘЖ жұмыс істеу жағдайларына айтарлықтай әсер етеді.

Классикалық теорияға сәйкес электр желілерінің сенімділік көрсеткіштері элементтер саны мен істен шығуларды ескере отырып есептеледі, бұл ретте істен шыққан ӘЖ ұзындығы ескерілмейді [3,4,5].

Әр түрлі ӘЖ-нің жұмыс істеу шарттары мен техникалық параметрлері әртүрлі, сондықтан желілердің бүкіл жиынтығы үшін бірыңғай технология бойынша сенімділік көрсеткіштерін есептеу мүмкін емес, өйткені бұл үшін бірдей емес элементтерді бір топқа біріктіру қажет болады. Осылайша, ӘЖ параметрлері бойынша ерекшеленетін топ үшін анықталған сенімділік көрсеткіштері ерекше жағдай болып табылады, ал осылайша есептелген істен шығу ағынының параметрі (ШАП) ӘЖ әртүрлі жиынындағы істен шығу жиілігі болып табылады. Бұл кемшілікті жою үшін ӘЖ-нің сенімділігін бір ұзындықтағы ӘЖ үшін анықталған көрсеткіштерді қолдана отырып есептеуді ұсынамыз.

Материалдар мен зерттеу әдістері. Бұл әдіс әуе электр желілерінің апаттық ажыратулары туралы статистикалық ақпаратты өңдеуге негізделген. Алдын ала кезеңде олардың ұзындығы көрсетілген ӘЖ тізбесі қалыптастырылады.

Бұдан әрі талданып отырған кезеңде болған ӘЖ-нің барлық авариялық ажыратулары екі топқа бөлінеді: тұрақсыз (Автоматты қайта қосу арқылы сәтті жойылған) және тұрақты ақаулықтар (істен шығулар).

Содан кейін барлық ақаулықтар істен шығу себебіне байланысты 9 санатқа бөлінеді. Істен шығуларды мынадай белгілер бойынша бөлу ұсынылады: белгіленбеген себеппен істен шығу; персоналдың қателіктерінен туындаған істен шығулар; қолайсыз ауа райы жағдайлары; желі сымдарын ағаштармен жабу; ЭБЖ элементтерінің зақымдануы; бөгде заттардың қалдықтары; құстар; өрт; қосалқы станция жабдығының істен шығуы [6,7,19].

Келесі кезеңде әрбір сәтсіздік қай топқа (т/з - тұрақсыз сәтсіздік, т - тұрақты сәтсіздік) және санатқа жататыны туралы ақпарат енгізілетін нысан толтырылады және сәтсіздік сипаттамасы ретінде бас тартқан немесе сәтсіздік ӘЖ ұзындығы көрсетіледі. Параметр тұрақты және тұрақсыз істен шығулар себептер жиынтығы 1 кесте бойынша берілген мәліметтерді толтыру қажет. Сонымен қатар, қарастырылған уақыт аралығында істен шыққан ӘЖ-нің жалпы ұзындығы да анықталады. Келесі кезеңде сенімділік көрсеткіштері анықталады.

Ақаулық ағынының параметрі:

$$\omega = \frac{l}{LT}, \quad (1)$$

мұнда l - қарастырылып отырған уақыт аралығында істен шыққан ӘЖ ұзындығы;

L - барлық ӘЖ жалпы ұзындығы;

T - қарастырылатын уақыт аралығы.

Кесте 1 – Параметр тұрақты және тұрақсыз істен шығулар себептер жиынтығы

Істен шығу себептері																	
Белгілен беген		Персонал дың қателіктері		Ауа-райы жағдайлары		Ағаштар мен жабу		ЭБЖ элементтерінің зақымдануы		Қалдық тар		Құстар		Өрт		ҚС жабдығын ың істен шығуы	
т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

(1) формуласына сәйкес ШАП бірлік ұзындықтағы ӘЖ істен шығу жиілігі ретінде айқындалуы мүмкін. Параметр тұрақты және тұрақсыз істен шығулар үшін және істен шығу себептерінің әрбір санаты үшін жеке істен шыққан ӘЖ-нің жиынтық ұзындығы бойынша анықталады. ӘЖ ұзындығы арқылы есептелген ШАП олардың параметрлерін орташаландырмай, әрбір желінің жеке сипаттамаларына байланысты сенімділікті бағалауды жүргізуге мүмкіндік береді.

Қалған көрсеткіштер кейбір ерекшеліктері бар электр энергетикасы жүйелерінің [4] сенімділігінің классикалық теориясының формулаларына сәйкес есептеледі. Электр

энергетикасы жүйелерінің сенімділігінің классикалық теориясы қалпына келтіру уақытын сенімділіктің негізгі көрсеткіштеріне де жатқызады.

Бұл параметрді есепке алу қазіргі уақытта орынсыз деп санаймыз. Электр қондырғыларын орнату ережелерінің талаптарына сәйкес [5] энергиямен жабдықтаушы ұйым тұтынушыны қажетті көлемде тиісті сапалы электр энергиясымен қамтамасыз етуге міндетті. Бұл ретте тұтынушыларды электрмен жабдықтаудағы үзілістер олардың электрмен жабдықтау сенімділігінің қандай да бір санатына жататындығына байланысты нормаланады.

Жоғары кернеулі электр желілері деңгейінде сенімділіктің жекелеген санаттарының тұтынушыларын электрмен жабдықтауды жүзеге асыратын объектілерді бөлу мүмкін емес, өйткені сол ЭЖ барлық санаттағы тұтынушылар қосылған бірнеше қосалқы станцияларды қоректендіреді. Демек, апаттық резервті енгізу уақытынан ұзақ электрмен жабдықтаудағы кез-келген үзіліске жол берілмейді.

Ұсынылған әдістеме бойынша сенімділікті есептеу кезінде мұндай сәтсіздіктер тұрақты сәтсіздіктер тізіміне енеді. Осылайша, қалпына келтіру уақыты сенімсіз жұмыс фактісін анықтау үшін маңызды емес, бірақ ЭЖ жөндеу сипаттамаларын анықтайды.

Электр энергетикалық жүйелердің сенімділігін зерттеу кезінде қосымша көрсеткіштердің кең тізімі қолданылады. Олардың бірі – істен шығу жұмысы:

$$T_n = \frac{8760}{\omega}. \quad (2)$$

Сенімділіктің қосымша көрсеткіштеріне дайындық коэффициенттері және мәжбүрлі үзіліс жатады. Бұл коэффициенттер бұрын көрсетілгендей элементті қалпына келтіру уақытымен анықталатындықтан, оларды есептеуден алып тастау ұсынылады, олардың анықтамасы да орынсыз болады [19,20].

Сенімділіктің қосымша көрсеткіші ретінде көбінесе тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығы көрсетіледі. Бір жылға тең есептік кезеңнің ұзақтығы кезінде тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығы мынадай формула бойынша айқындалады:

$$P = e^{-\omega} \quad (3)$$

ЭЖ сенімділік көрсеткіштерін есептеудің ұсынылып отырған әдістемесі қолданыстағы әдістерге қарағанда, топтағы істен шығулар мен элементтердің санын пайдалануға емес, ЭЖ сенімділігін олардың ұзындығына байланысты анықтауға негізделген.

Нәтижелер және оны талқылау. Сипатталған есептеу әдісін практикада қолдануды қарастырып, нәтижелерін талдайық. Сенімділік көрсеткіштерін есептеу Орал қаласындағы энергия жүйелерінің тарату желісі болып табылатын ЭЖ-110 кВ үшін жүргізілді. Талданатын ЭЖ-110 кВ жалпы саны $n=149$ шт. Жалпы ұзындығы $L=3215,72$ км, қарастырылып отырған кезең $T=10$ жыл. Осы кезеңдегі сәтсіздіктердің жалпы саны $m=1515$.

Талданатын объектілердің арасында екі жыл аралығында эксплуатацияға берілген ЭЖ-110 кВ жоқ. Осылайша, сенімділікті талдау нәтижелерінен өндіріс ақауларына және монтаждау ақауларына байланысты жұмыс кезеңіндегі ақаулар алынып тасталды.

Сонымен қатар, кейбір 110 кВ-тық әуе желілерінің қызмет ету мерзімі 35-40 жылдан асса да, жоспарлы алдын-ала жөндеу жұмыстарының мерзімді жүргізілуіне байланысты олардың істен шығуы алынып тасталды.

Сипатталған есептеу әдістемесіне сәйкес алдын ала кезеңде ұзындығы көрсетілген ЭЖ-110 кВ тізбесі қалыптастырылды, барлық істен шығулар тұрақты және тұрақсыз болып жіктелді, сондай-ақ себебіне байланысты санаттарға бөлінді. Себептерге байланысты ЭЖ-110 кВ тізбесі 2-ші кестеде келтірілген.

Кесте 2 – Себептерге байланысты ЭЖ-110 кВ тізбесі

Істен шығу себептері																	
Белгілен беген		Персонал дың қателік тері		Ауа-райы жағдайла ры		Ағаштар мен жабу		ЭБЖ элементтерінің зақымдануы		Қалдықтар		Құстар		Өрт		ҚС жабдығы ның істен шығуы	
т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т	т/з	т
77,4	65,9	115,9	0	22,6	38,7	38	7	21,1	15	6	45	82,3	89	67,1	34	21	7

Бұдан әрі (1) формула бойынша ШАП есептеу жүргізілді, сенімділік ықтималдығының шамасы 0,95 болған кезде [4] пайдалана отырып, істен шығу ағыны параметрлерінің сенімділік интервалдарының шекаралары анықталды, нәтижелері 3-ші кестеде келтірілген. Бұл алынған нәтижелердің мәндері бойынша ШАП айтарлықтай ерекшеленеді. Талданып отырған кезеңдегі ШАП орташа мәндері жалпы істен шығулар үшін 2,04463 1/жыл, тұрақты істен шығулар үшін 0,32816 1/жыл, тұрақсыз істен шығулар үшін 1,71647 1/жыл құрады.

Сенімділіктің классикалық теориясын қолданған кезде ШАП тең болады:

$$\omega' = \frac{m}{nT} = 1,01678 \text{ 1/жыл} \quad (4)$$

Егер ШАП алдын ала бірнеше жылға экстраполяциялайтын болса, зерттелетін уақыт аралығындағы жалпы және тұрақты сәтсіздіктер ағынының параметрлерінің өзгеру графигі салынатын объектілерді бағалау кезінде сенімділіктің перспективалық есептеулерінде қолданылады.

Кесте 3 – Істен шығу ағыны параметрлерінің сенімділік интервалдарының шекара нәтижелері

Жыл	Жалпы істен шығу			Тұрақты істен шығу			Тұрақсыз істен шығу		
	ШАП, 1/жыл	Сенімділік аралықтарының шекаралары		ШАП, 1/жыл	Сенімділік аралықтарының шекаралары		ШАП, 1/жыл	Сенімділік аралықтарының шекаралары	
		төменгі	жоғарғы		төменгі	жоғарғы		төменгі	жоғарғы
2012	1,75198	1,52346	2,01377	0,29334	0,25508	0,33718	1,45864	1,26838	1,67659
2013	2,33508	2,03050	2,68400	0,49278	0,42850	0,56641	1,84230	1,60200	2,11759
2014	1,96926	1,71240	2,26352	0,25052	0,21785	0,28796	1,71874	1,49456	1,97556
2015	1,86463	1,62142	2,14326	0,22348	0,19433	0,25687	1,64115	1,42709	1,88638
2016	2,44101	2,12262	2,80576	0,28610	0,24878	0,32885	2,15491	1,87384	2,47691
2017	2,39067	2,07884	2,74790	0,51082	0,44419	0,58715	1,87985	1,63465	2,16075
2018	2,01227	1,74980	2,31295	0,35776	0,31110	0,41122	1,65451	1,43870	1,90173
2019	1,74795	1,52000	2,00914	0,31430	0,27330	0,36126	1,43365	1,24666	1,64788
2020	1,99160	1,73182	2,28919	0,21391	0,18601	0,24588	1,77769	1,54581	2,04332
2021	1,94182	1,68854	2,23198	0,33857	0,29441	0,38917	1,60325	1,39413	1,84282

Зерттелетін уақыт аралығындағы жалпы және тұрақты істен шығуағынының параметрлерінің өзгеру графигі 1-ші суретте көрсетілген.

Сенімділіктің классикалық теориясын қолдана отырып, талданатын энергия жүйесінің ӘЖ-110 кВ істен шығуы 8615 сағатты құрайды, ал ұсынылған есептеу әдісін қолданғанда - 4284 сағатты құрайды.



Сурет 1 – Зерттелетін уақыт аралығындағы жалпы және тұрақты істен шығу ағынының параметрлерінің өзгеру графигі

Сенімділіктің қосымша көрсеткіші ретінде көбінесе ШАП көрсетіледі. Есептеу кезеңінің ұзақтығы бір жылға тең болған кезде, ШАП сенімділіктің классикалық теориясы үшін 0,36176 және сипатталған әдіс үшін 0,12943 құрайды. Сонымен, ӘЖ-110 кВ сенімділігінің есебі классикалық сенімділік теориясын қолдана отырып анықталған көрсеткіштердің ұсынылып отырған әдістеме бойынша есептелген көрсеткіштерге сәйкес еместігін анықталды.

Нәтижелердің айтарлықтай айырмашылығы сенімділіктің классикалық теориясы берілген уақыт аралығында сәтсіздік жылдамдығы ретінде анықталған ШАП қолдануға негізделгендігімен байланысты.

Бұл жағдайда ЭЖ ұзындығы емес, апат фактісі тіркеледі. Алайда, электр желілерін пайдалану тұрғысынан ұзындығы 1 км ЭЖ-нің істен шығуы ұзындығы 150 км ЭЖ-нің істен шығуы сияқты маңызды емес. Ақаулардың бұл ерекшелігі мақалада сипатталған сенімділік көрсеткіштерін есептеу әдістемесінде көрініс табады, ол әмбебаптығымен сипатталады және олардың бірлескен жұмысының сенімділігін бағалау қажет болған жағдайда әртүрлі ұзындықтағы электр желілері үшін қолданыла алады.

Қорытынды. Электр энергетикалық жүйелер жабдықтарының сенімділігі туралы ақпарат энергия өндіруді жоспарлауды жақсарту үшін пайдаланылады, энергиямен жабдықтаушы ұйымдар істен шығу себептерін анықтау және жабдық сенімділігінің сипаттамаларын жақсарту, сондай-ақ жабдық сенімділігін арттыру жөніндегі іс-шаралардың тиімділігін тексеру үшін ақпаратты пайдаланады.

Сипатталған есептеу әдісін электр жүйелерінің сенімділігін басқарудың автоматтандырылған жүйесін жасау үшін қолдануға болады, өйткені ол әмбебап, оны кез-келген кернеу класындағы сызықтар үшін қолдануға болады, бірақ сонымен бірге әр талданатын объектіге жеке көзқараспен сипатталады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Артюхов И.И. Электромагнитная совместимость и качество электроэнергии в системах электроснабжения/И.И. Артюхов, И.И. Бочкарева, А.Г. Сошинов//Учебное пособие: - Саратов: Издательский Дом «Райт-Экспо», – 2013. – С.96 .
- 2 Ербаев Е.Т. Проблемы и перспективы развития энергосбережения и повышения энергоэффективности в Казахстане/Ербаев Е.Т., Куптлеуова К.Т.//«Энергосбережение–важнейшее условие инновационного развития АПК»: материалы Международной научно-технической конференции (Минск, 19-20 декабря 2019 г.)/под ред. И.В. Протосовицкого. – Минск : БГАТУ, 2019. – С.324с. – ISBN 985-985-25-0016-6.
- 3 Гук Ю.Б. Оценка надежности электроустановок/Ю.Б. Гук, Э.А. Лосев, А.В. Мясников // Под ред. проф. Б.А. Константинова. - М.: Энергия, 1974. – С.200.
- 4 Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 176.
- 5 Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2008. –С. 511.
- 6 Шатова Ю.А. Анализ причин аварийных отключений ВЛ-110 кВ/Ю.А. Шатова, А.А. Кривошапов, Н.Н. Алешина//Международная научно-практическая конференция «Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах» Сборник статей. Пенза, Приволжский Дом знаний, 2013 г. - 96 с. - С. 85-87.
- 7 Шатова, Ю.А. Показатели надежности ЛЭП-220 кВ Пензенской энергосистемы/Ю.А. Шатова, А.А. Кривошапов, Н.Н. Алешина//«Современные проблемы науки и образования». – 2012. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7864>.
- 8 Журнал «Вестник Энергетика» №2 (41) от 05.2012 г. Доклад Александры Садовской «Об эффективности снижения Нормативных потерь электроэнергии» (г. Алматы, 02.03.2012 г.) Подробнее:<http://meganauka.com/education/890-problemy-energo-sberezheniya-i-energoeffektivnosti-v-ekonomike-kazahstana.html>.
- 9 Дарханов, Т.Н. Проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности в Республике Казахстан // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XLVI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 9(45). URL: [https://sibac.info/archive/technic/9\(45\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/9(45).pdf). (дата обращения: 07.11.2017), С.335 .
- 10 Сажин В.Н., Хожин Г.Х., Оржанова Ж.К. Электр тораптары мен жүйелерін есептеу және жобалау. Дәрістер жинағы 5B071800 – Электрэнергетика мамандығы үшін. - Алматы: АЭЖБУ, 2010, - Б.50.
- 11 Электр жабдықтау жүйесі және электр желісі: Оқу құралы/Д.С. Дайырманова, Г.Б. Ақылбаева, Ш.Ж. Исаханова, М.Е. Аманкулов. – Нұр-Сұлтан: «Кәсіпқор» холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, 2019 ж. ISBN 978-601-333-753-1.
- 12 Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие/ А.А. Герасименко, В.Т. Федин. - Ростов н/Д : Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. - 718 с. - (Высшее образование). - Библиогр: С. 667-671.
- 13 Erbaev E.T. Power electronics is basis of modern wind power electricity systems/ E.T. Erbaev, I.M. Pavlenko, S.F. Stepanov // Conference Proceedings - 2014 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2014, 2014, 2, стр. 261–266, 6958255.

14 Artyukhov I.I. Voltage stabilization on the power supply system based on the synchronous generator with variable rotor speed / I.I. Artyukhov, D.A. Bochkarev, E.T. Erbaev//Conference Proceedings - 2014 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2014, 2014, 2, C. 7–10, 6958206.

15 Artjukhov I.I. Model of PV panel as part of combined power systems/I.I. Artjukhov, G.N. Tulepova, E.T. Erbaev, E.E. Artjukhova//Conference Proceedings - 2012 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2012, 2012, C. 341–344, 6478076.

16 Artyukhov I.I. Adaptive Control of Energy Flows in the Hybrid Power Supply System / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, G.N. Tulepova, E.T. Erbaev, K.K. Tulegenov//2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2018, 2018, стр. 355–361, 8542260.

17 Artyukhov I.I. Energy Efficiency Analysis of Control Algorithms for Fan Electric Drives in Gas Air-Cooling Plants / I.I. Artyukhov, A.M. Abakumov, A.I. Zemtsov, Ye.Ye. Yerbayev, V.P. Zakharov // Lecture Notes in Civil Engineering this link is disabled, 2022, 190, C. 46–55.

18 Artyukhov I.I. Transient processes with starting of a multi-pole asynchronous motor with a fan on the shaft / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, E.E. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, A.I. Zemtsov // 2021 17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2021 - Proceedings, 2021.

19 Доронина О.И. Оценка надежности воздушных линий электропередачи с учетом климатических факторов / О.И. Доронина, Н.Ю. Шевченко, К.Н. Бахтияров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9-2. – С. 226-230; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7296> (дата обращения: 05.04.2022).

20 Radaideh S.M. Design of power system stabilizers using two level fuzzy and adaptive neuro-fuzzy inference system / S.M. Radaideh, I.M. Nejdawi, M.H. Mustaha // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. – 2012. – №1. – P. 47-56.

REFERENCES

1 Artjukhov I.I. Jelektromagnitnaja sovместimost' i kachestvo jelektroenergii v sistemah jelektrosnabzhenija / I.I. Artjukhov, I.I. Bochkareva, A.G. Soshinov // Uchebnoe posobie: - Saratov: Izdatel'skij Dom «Rajt-Jekspo», 2013. – S. 96. [in Russian].

2 Erbaev E.T. Problemy i perspektivy razvitiya jenergosberezhenija i povyshenija jenergojeffektivnosti v Kazahstane / Erbaev E.T., Kuptleuova K.T.//«Jenergosberezhenie – vazhnejshee uslovie innovacionnogo razvitiya APK»: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii (Minsk, 19-20 dekabrja 2019 g.) / pod red. I.V. Protosovickogo. – Minsk : BGATU, 2019. – S.324. – ISBN 985-985-25-0016-6 [in Russian].

3 Guk Ju.B. Ocenka nadezhnosti jelektroustanovok / Ju.B. Guk, Je.A. Losev, A.V. Mjasnikov // Pod red. prof. B.A. Konstantinova. - M.: Jenergija, 1974. – S.200 [in Russian].

4 Rozanov M.N. Nadezhnost' jelektrojenergeticheskikh sistem. 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Jenergoatomizdat, 1984. – S.176 [in Russian].

5 Pravila ustrojstva jelektroustanovok. Sed'moe izdanie. - Novosibirsk: Sib. univ. izd-vo, 2008. – S.511 [in Russian].

6 Shatova Ju.A. Analiz prichin avarijnyh otkljuchenij VL-110 kV/Ju.A. Shatova, A.A. Krivoshepov, N.N. Aleshina // Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Jenergosberezhenie, jelektromagnitnaja sovместimost' i kachestvo v jelektricheskikh sistemah» Sbornik statej. Penza, Privolzhskij Dom znaniy. – 2013. – 96 s. – S. 85-87 [in Russian].

7 Shatova, Ju.A. Pokazateli nadezhnosti LJeP-220 kV Penzenskoj jenergosistemy/Ju.A. Shatova, A.A. Krivoshepov, N.N. Aleshina // «Sovremennye problemy nauki i obrazovanija». – 2012. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7864> [in Russian].

8 Zhurnal «Vestnik Jenergetika» №2 (41) ot 05.2012 g. Doklad Aleksandry Sadovskoj «Ob jeffektivnosti snizhenija Normativnyh poter' jelektroenergii» (g. Almaty, 02.03.2012 g.) Podrobnее: <http://meganauka.com/education/890-problemy-energo-sberezheniya-i-energojeffektivnosti-v-ekonomike-kazahstana.html> [in Russian].

9 Darhanov, T.N. Problemy jenergosberezhenija i povyshenija jenergojeffektivnosti v Respublike Kazahstan // Nauchnoe soobshhestvo studentov XXI stoletija. Tehnicheskie nauki: sb. st. po mat. XLVI mezhdunar. stud. nauch.-prakt. konf. № 9(45). URL: [https://sibac.info/archive/technic/9\(45\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/9(45).pdf). (data obrashhenija: 07.11.2017), 335 s [in Russian].

10 Sazhin, V.N., Hozhin, G.H., Orzhanova, Zh.K. Jelektrotraptary men zhyjelerin esepetu zhane zhoalau. Dəister zhinary 5V071800 – Jelektrojenergetika mamandyry yshin. - Almaty: AJezhBU, – 2010, – B.50 [in Russian].

11 Jelektr zhabdyқтаu zhyjesi zhәне jelektr zhelisi: Оқу қыралы/D.S. Dajyrmanova, G.B. Akylbaeva, Sh.Zh. Isahanova, M.E. Amankulov. – Nыр-Sыltan: «Kәsipқor» holdingi» kommerciyalыq emes akcionerlik qoramy, 2019 zh. ISBN 978-601-333-753-1 [in Russian].

12 Gerasimenko A.A. Peredacha i raspredelenie jelektricheskoy jenerгии: ucheb. posobie/ A.A. Gerasimenko, V.T. Fedin. - Rostov n/D : Feniks; Krasnojarsk: Izdatel'skie proekty, 2006. - 718 s. - (Vysshee obrazovanie). - Bibliogr.: S. 667-671 [in Russian].

13 Erbaev E.T. Power electronics is basis of modern wind power electricity systems/ E.T. Erbaev, I.M. Pavlenko, S.F. Stepanov // Conference Proceedings - 2014 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2014, 2014, 2, S. 261–266, 6958255.

14 Artyukhov I.I. Voltage stabilization on the power supply system based on the synchronous generator with variable rotor speed / I.I. Artyukhov, D.A. Bochkarev, E.T. Erbaev//Conference Proceedings - 2014 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2014, 2014, 2, S. 7–10, 6958206.

15 Artjukhov I.I. Model of PV panel as part of combined power systems/I.I. Artjukhov, G.N. Tulepova, E.T. Erbaev, E.E. Artjukhova // Conference Proceedings - 2012 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2012, 2012, S. 341–344, 6478076.

16 Artyukhov, I.I. Adaptive Control of Energy Flows in the Hybrid Power Supply System / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, G.N. Tulepova, E.T. Erbaev, K.K. Tulegenov //2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2018, 2018, S. 355–361, 8542260.

17 Artyukhov I.I. Energy Efficiency Analysis of Control Algorithms for Fan Electric Drives in Gas Air-Cooling Plants / I.I. Artyukhov, A.M. Abakumov, A.I. Zemtsov, Ye.Ye. Yerbayev, V.P. Zakharov // Lecture Notes in Civil Engineeringthis link is disabled, 2022, 190, S. 46–55.

18 Artyukhov I.I. Transient processes with starting of a multi-pole asynchronous motor with a fan on the shaft / I.I. Artyukhov, S.F. Stepanov, E.E. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, A.I. Zemtsov // 2021 17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2021 - Proceedings, 2021.

19 Doronina O.I. Ocenka nadezhnosti vozdushnyh linij elektroperedachi s uchetom klimaticheskikh faktorov / O.I. Doronina, N.Yu. SHEvchenko, K.N. Bahtiarov//Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2015. – № 9-2. – S. 226-230; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7296> (data obrashcheniya: 05.04.2022).

20 Radaideh S.M. Design of power system stabilizers using two level fuzzy and adaptive neuro-fuzzy inference system / S.M. Radaideh, I.M. Nejdawi, M.H. Mustaha // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. –2012. – №1. – P. 47-56.

РЕЗЮМЕ

Воздушным линиям (ВЛ) принадлежит важная роль в работе ЭС и надёжном электроснабжении потребителей. На долю ВЛ 35-750кВ приходится значительная часть отказов и отключений электрического оборудования (~ 35% -50%). Бесперебойность снабжения потребителей электрической энергией является основным показателем качества систем электроснабжения. Степень бесперебойности электроснабжения оцениваются надёжностью электрических сетей. При анализе надёжности работы принято оценивать показатели надёжности одинаково для всех элементов, входящих в состав электрических сетей. Дано описание методики расчета показателей надёжности воздушных линий электропередачи на основе их длин. Представлены причины высокой повреждаемости ВЛ 35-750 кВ, а также результаты расчетов надёжности воздушных линий 110 кВ при использовании классической теории надёжности и предлагаемой методики. Отмечены недостатки классической теории надёжности и предложены пути их устранения. Рекомендованной областью использования методики является автоматизированная система управления надёжностью электрических сетей. Предлагаемый метод расчета надёжности ВЛ основан на определении надёжности ВЛ в зависимости от их протяженности, а не на использовании количества отказов и элементов в группе по сравнению с существующими методами.

УДК 631.363.2
МРНТИ 68.85.39

DOI 10.56339/2305-9397-2022-2-2-166-176

Нуралин Б.Н., доктор технических наук, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-0507-5445>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, bnuralin@mail.ru

Джаналиев Е.М., кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6870>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, ernazar.dzhanaliev@mail.ru

Костюченко Н.В., доктор технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-7657-3663>

НАО «Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина», г. Нур-Султан, пр. Женис 62, 010000, Казахстан, Kostyuchenkov_NV@mail.ru

Нуралин А. Ж., старший преподаватель, <https://orcid.org/0000-0001-5048-0485>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, nuralin.76@mail.ru

Nuralin B.N., Doctor of Technical Sciences, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-0507-5445>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, bnuralin@mail.ru

Janaliyev Y.M., Candidate of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6870>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ernazar.dzhanaliev@mail.ru

Kostyuchenkov N.K., Doctor of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-7657-3663>

NAO «Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin», Nur-Sultan, ave. Zhenis 62, 010000, Kazakhstan, Kostyuchenkov_NV@mail.ru

Nuralin A.Zh., senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0001-5048-0485>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nuralin.76@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИМЕСИ НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ ОТ ИНОРОДНЫХ ТЕЛ INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE IMPURITY ON THE PROCESS OF CLEANING STEM FEEDS FROM FOREIGN BODIES

Аннотация

В статье раскрываются роль грубых стебельных кормов в скармливании крупного рогатого скота и основные проблемы их очистки от инородных примесей при приготовлении. Выявлены причины выхода из строя измельчителей или всей кормоприготовительной линии, нарушения графика кормления, сокращения привеса и надоя животных. Определены требования, предъявляемые к сепарирующим устройствам, и обоснована рациональная конструктивно-технологическая схема сепарирующего устройства с выбором основного объекта исследований – технологический процесс очистки грубых стебельных кормов от инородных твердых примесей пневмомеханическим сепарирующим устройством, новизна которого подтверждена патент на изобретение Республики Казахстан. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований технологического процесса сепарирующего устройства, получены выражения для расчета его основных конструктивно - технологических и режимных параметров. Изучены и установлены степень влияния технологических свойств и параметров примеси на скорость их витания, что позволяет устанавливать интервалы изменения скорости воздушного потока и расхода воздуха в