

Е.А.Абдрахманов¹, Г.Т. Мерзадинова²¹М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы,
Алматы, Қазақстан²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
(e-mail: yerkesh_a@mail.ru)**Болат балқыту ДСП-3А электр доғалық
пешінің энергия үнемдеу потенциалдары**

Аңдатпа. Кернеуі 120-130 В, токтары 3-5 кА, жалпы салмағы 3894-5075 кг металл сынықтарын екі реттік жүктеу режимінде ДСП-3А электр доғалық пешінде жүргізілген болатты балқыту үдерісі зерттелген. Балқытылған болат салмағына байланысты 3600-4800 кг активтік электр энергиясының шығыны 2800-3240 кВт сағ, реактивтік - 1700-1800 кВар болды. Зерттеу нәтижесінде энергия тұтынуды үнемдеудің негізгі потенциалдары анықталды: пеш тұтынатын (55-75) % реактивтік электр энергиясын қарымталау арқылы төмендету; пештің ваннасының ашық күйін (40 мин) балқыманы төгіп, күмбезі жабылғаннан кейін бірден сынықтарды тиеу арқылы қысқарту; жылу энергиясының арзан көздерімен (көмір, газ, әсіресе, пештен шыққан газдардың жылуын қолдана отырып) жүктеу алдында сынықтарды жылытуды ұйымдастыру.

Түйін сөздер: ДСП-3А электр доғалық пеші, активтік энергия, реактивтік энергия, энергия үнемдеу потенциалы, ток және кернеу осциллограммасы, реактивтік энергияны қарымталау, жылу энергиясын сақтау, сынықтарды жылыту.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2020-133-4-136-142>

Қазіргі уақытта біздің мемлекетімізде энергия үнемдеу және энергия тиімділігі шаралары тұтынылатын энергия ресурстарын үнемдеуге бағытталған бірқатар ұйымдастырушылық, техникалық, технологиялық, экономикалық шараларды жүзеге асыруды талап ететін стратегиялық мәселелердің бірі болып табылады [1, 2].

Алматы ауыр машина жасау зауытында (ААМЖЗ) болат пен шойын қорыту үшін доғалық болат балқытатын ДСП-3А және ДСП-1,5 пештері қолданылады. Олар энергияны көп тұтынатын электр тұтынушыларға жатады және кенеттен өзгертін электр жұмыс режимдерімен сипатталады [3]. Зауыттың күнделікті тұтынатын бүкіл электр энергиясында осы екі электр доға пештерінің үлесі (11-37)% құрайды. Сондықтан бұл пештердің тұтынатын электр энергиясын азайту қорларын іздеу - маңызды мақсат.

Доғалық болат өндіру технологиясында энергия шығынын азайтудың металл қалдықтарын азайту және оңтайлы электрлік және технологиялық балқыту процестерін қолдануды іске асыратын арнайы ұйымдастырушылық және техникалық шаралардың әр түрлі жолдары жүзеге асырылады. Металл күйіп жоғалуының азаюына жүктелетін ыдысқа шихтаның құрамдас бөліктерінің көлемдік тығыздығын ескере отырып тиеу, салқындатқыш түйіршіктерді, қож түзетін материалдарды, ұсақталған сынықтарды және т.с.с. қосылыстардың электр доғасының электрод астында жану аймақтарына және оттегі берілетін балқыманың сұйық ваннасын құра отырып салу, ваннаға оттегін үрлеп тотығу реакцияларын ваннаның бүкіл көлеміне тарату, болатты қосымша араластыру, балқыманы төмен температурамен ағызу арқылы қол жеткізіледі. [4,5].

ДСП пешінде болатты балқыту кезінде энергия шығынын төмендетудің негізгі әдістерін зерттеу нәтижесінде балқыманың негізгі технологиялық параметрлері мен шихта материалдарының құрамының доғалы болат балқыту пешінің жұмысының энергия тиімділігіне әсер ететіндігі және оның тәуелділігі анықталған. Электр доғасық балқытудың энергетикалық режимін жақсарту бойынша ұсыныстар берілген [6].

Экономикалық талдау доғалық пештерде болат қорытуға кететін шығындарды төмендетудің негізгі бағыттарының бірі энергия шығынын азайту екенін көрсетеді. Режимдерді

оңтайландыру, пештердің құрылымдық элементтерін өзгерту және ток жиілігін төмендету электрлік жоғалымдарды азайту шаралары болып табылады. Шығарылатын газдар мен доғалық пештердің «ыстық» және «суық» тоқтап тұруы кезінде қаптама арқылы жылу шығынын азайту тиімді әдістерге жатады. Энергия шығынын төмендетуден басқа, энергияны тұтынудың едәуір төмендеуіне пештің сыртында да, металл балқыту процесінде отын-оттегі оттықтарын қолданып, оны қыздыру арқылы шихта энтальпиясын арттыру шаралары арқылы қол жеткізуге болады. Тиімді оңтайландыру әдісі ретінде пештен шығатын газ жылуын утилизациялаудың әртүрлі тәсілдерін қолдану жоғары нәтиже береді [7].

Осы бағытта бұл жұмыста тұтынатын электр энергиясын азайту мақсатымен ДСП-3А доғалық болат шығаратын пештің жұмыс режимдеріне эксперименттік зерттеулер жүргізілді.

ДСП-3А жалпы көрінісі және оның параметрлері 1-суретте көрсетілген.



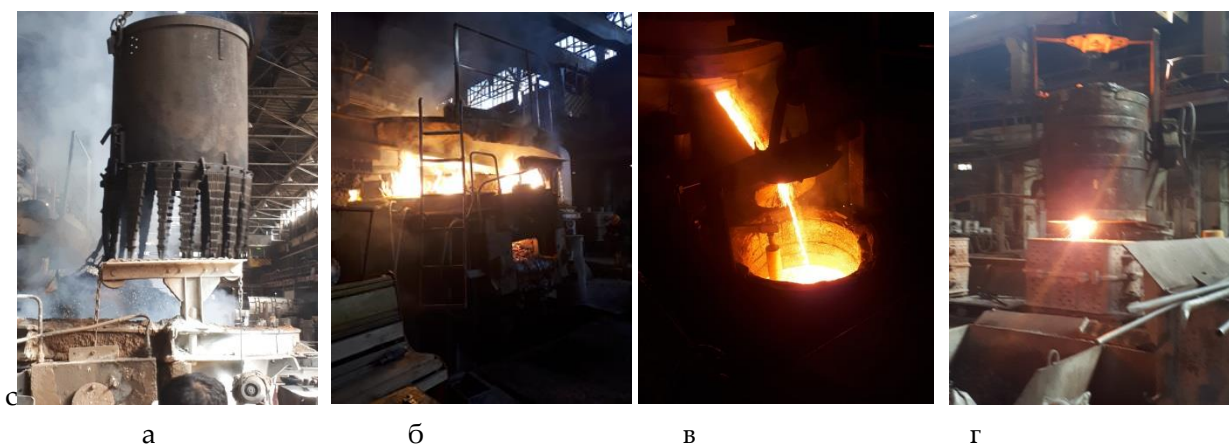
ДСП-3А параметрлері:

- пештің номиналдық қуаты 3 тонна;
- трансформатор қуаты 1800 кВА;
- пештің максималды ток күші 4270 А;
- трансформатордың біріншілік кернеуі 6000 В;
- трансформатордың екіншілік кернеуі 242 / 122,5 В.

1-сурет. 1 - ДСП-3А жалпы көрінісі және параметрлері.

ДСП-3А бойынша эксперименттік зерттеулер 1-2 ауысым барысында 120-130 В кернеуде, 3-5 кА токтарда, жалпы салмағы 3894-5075 кг болат сынықтарын екі рет жүктеу барысында, жеке балқымалардың ұзақтығы 116-160 минут аралығында жүргізілді. Балқыту процестері келесі балку кезеңдерінен тұрды:

- сынықтардың бірінші бөлігін жүктеу. Пешті жағу және балқуды бастау. Ұзақтығы 20-30 минут. Токтар мен кернеулердің үлкен ауытқулары байқалады;
- балқыту процесі. Жұмыс режимдерінің біртіндеп тұрақтануы. Ұзақтығы 60-75 минут;
- сынықтардың екінші бөлігін жүктеу. Токтар мен кернеулердің үлкен ауытқуы. 15-20 минут;
- балқыту процесі. Режимнің біртіндеп тұрақтануы. 15-20 минут;
- тотығу кезеңі. Флюстерді, феррокорытпаларды (марганец, хром және т.б.) жүктеу;
- тотықсыздандыру кезеңі. Коксты жүктеу;
- дайын сұйық болатты пеште ұстау және құю (сурет 2).

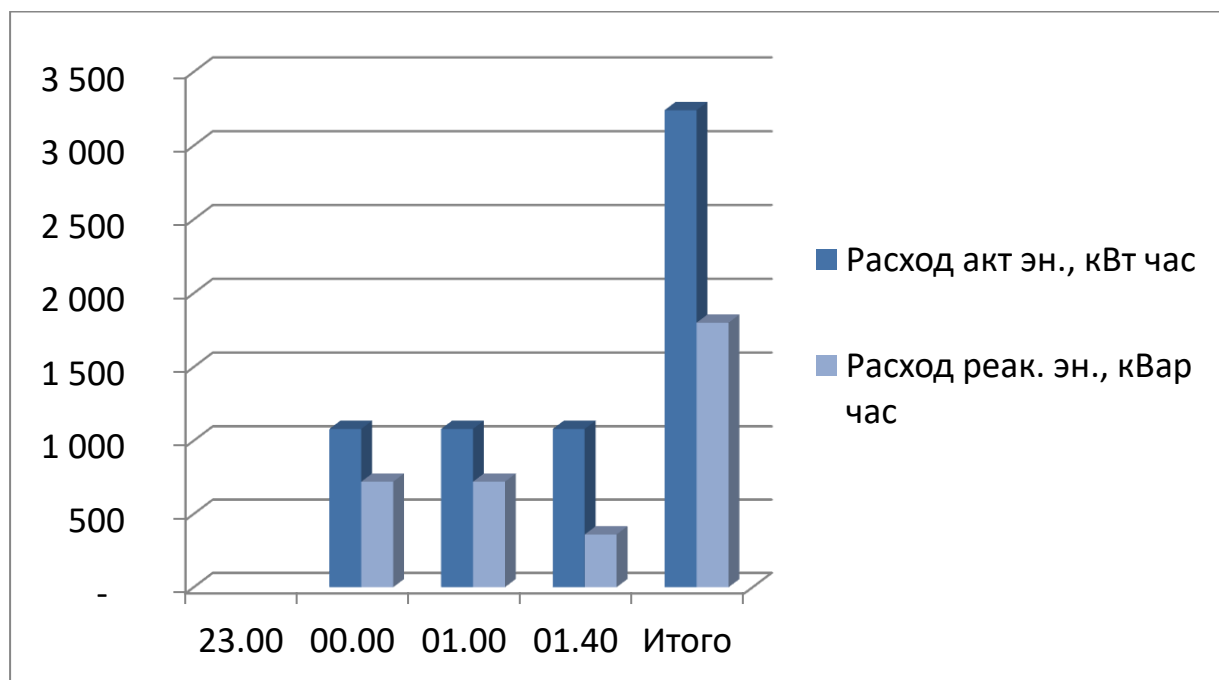


2-сурет. ДСП-3А пешінде болатты балқытып құю процестері.
 а – шихтаны тиеу; б - балқу процесі; в - балқыманы құю; г - балқыманы қалыптарға құю.

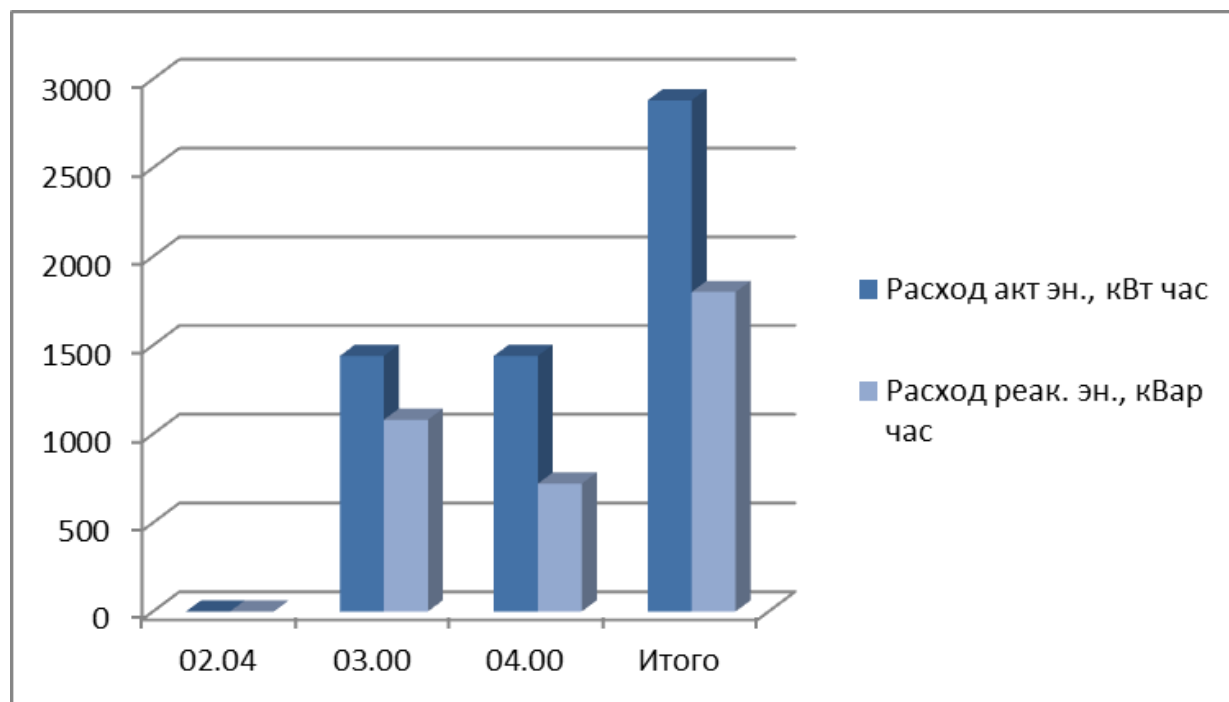
2-кесте мен 3 және 4-суреттерде ДСП-3А пешінде 1-2 ауысым барысындағы активтік және реактивтік электр энергиясын тұтыну жайлы мәліметтер мен графиктер келтірілген.

2-кесте. ДСП-3А пешінде болат балқыту жайлы мәліметтер.

Уақыт, сағ	Актив энергия шығыны, кВт час	Реак. энергия шығыны, кВт/ сағ	Сынық жүктелуі, кг	Балқыма құйылуы, кг	Эл. эн. Меншікті шығыны, кВт сағ/т	Ескерту
23.00	0	0				Балқыту басталуы
00.00	1 080	720				Балқыту
00.25	360	-				
01.00	720	720				Балқыту
01.40	1 080	360				Балқыма құю
Барлығы	3 240	1 800	5075	4800	675	
02.04	0	0				Басталуы
03.00	1 440	1080				Балқыту
04.00	1 440	720				Балқыма құю
Барлығы	2 880	1800	3894	3600	800	



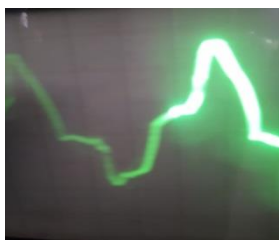
3-сурет. ДСП-3А активтік және и реактивтік қуатты тұтынуы (1 ауысым)



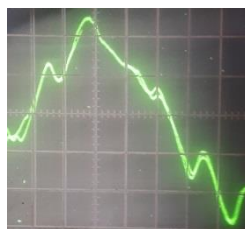
4-сурет. 4 – ДСП-3А активтік және и реактивтік қуатты тұтынуы (2 ауысым)

Активтік электр энергиясының шығыны 3600-4800 кг балқытылып шығарылған болат салмағына байланысты жеке балқымаларда 2880-3240 кВт сағ, реактивтік - 1800 кВар құрады. Сонымен, ДСП-3А пеші тұтынатын реактивтік электр энергиясының үлесі айтарлықтай, бұл активтік электр энергиясының (50-75)% құрайды. Меншікті қуат шығыны 675 және 800 кВтсағ /т болды.

Сондай-ақ, ДСП-3А-да болатты балқыту процесінде пештің электрлік жұмыс режимдерінің ерекшелігін сипаттайтын пештің токтары мен кернеулерінің осциллограммалары жазылды (5-сурет). Алынған токтар мен кернеулердің қисықтары доғалық пештерге тән айқын синусоидалды емес түрде.



а)



б)

5-сурет. Кернеу (а) және ток (б) осциллограммалары.

Болатты балқыту кезінде алынған токтардың осциллограммалары қисықтар формасының, яғни оның гармоникалық құрамының, балқыту кезеңдерінде өзгеретіндігін көрсетеді. Бұл тәуелділікті ДСП-3А балқу кезеңдерін бақылау үшін және қуат тұтынуды азайту үшін пайдалануға болады.

Осы саладағы тәжірибені ескере отырып, ДСП-3А пешінде болат қорыту процесінде алынған деректерді талдау энергияны үнемдеудің келесі негізгі бағыттарын анықтауға және ұсынуға мүмкіндік береді:

1. ДСП-3А пеші тұтынатын реактивтік электр энергиясының үлесі айтарлықтай және әртүрлі балқу кезеңдерінде тұтынылатын активтік электр энергиясының 50-75%-ын құрайды. Пеш тұтынатын реактивтік электр энергиясын қарымталау арқылы оны азайту электрмен қамтамасыздандыру желісін босатады және активтік шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

2. Болатты қалыптарға құю процесінде ДСП-3А доғалық болат балқытатын пеш кем дегенде 40 минут ашық қалады, бұл ваннаның жылу энергиясының айтарлықтай жоғалуына әкеледі. Шихтаны (сынықтарды) сұйық болатты ағызғаннан кейін дереу жүктеу және пештің төбесін жабу, сол арқылы пеш ваннасында жинақталған жылу энергиясын сақтауға болады.

3. Пешке тиелген сынықтар қалыпта қыздырылмайды. Жылу энергиясының арзан көздерімен (көмір, газ, әсіресе, пештен шыққан газдардың жылуын пайдалану) жүктеуге дейін сынықтарды жылытуды ұйымдастыру арқылы балқыту уақытын және электр энергиясының шығынын едәуір азайтуға болады.

4. Токтар мен кернеулердің қисықтары болат балқытудың әртүрлі кезеңдерінде өзгеретін айқын синусоидалды емес пішінді. Анықталған тәуелділікті болатты балқыту кезеңдерін бақылау және балқыту процесін оңтайландыру үшін пайдалануға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности».

2. «Энергосберегающие мероприятия в электроприводе и электротехнологии». Приказ Председателя Комитета государственного энергетического надзора Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан от «24» ноября 2010 года №117-П.

3. Абдрахманов Е.А., Нигматуллин Р.М. Снижение расхода электроэнергии на электродуговой печи ДСП-3А компенсацией реактивной мощности // Вестник АУЭС, 2020, №3(50). с.14-21.

4. Ровин Л.Е., Ровин С.Л. Сокращение расхода электроэнергии при плавке чугуна и стали // Литье и металлургия. № 3(72), 2013. с.18-31.

5. Шишимиров М.В., Сосонкин О.М. Ресурсосбережение и резервы повышения эффективности выплавки стали в ДСП / Bulletin of the South ural State University. Ser. Metallurgy. 2015. Vol.15, no.3, pp.70-79.

6. ЗЕРКИНА А.В., ШЕВЧЕНКО Е.А. Исследование влияния шихтовых и добавочных материалов на расход электроэнергии в дуговой сталеплавильной печи //Наука и производство Урала, 2018, №14. С.26-30 .

7. Миронов Ю.М., Миронова А.Н. Повышение экономической эффективности дуговых сталеплавильных печей с помощью оптимизации их энергопотребления //Вестник Чувашского университета, 2018, №3. С. 79-92.

References

1. Zakon Respubliki Kazakhstan ot 13 yanvarya 2012 goda № 541-IV «Ob energosberezhenii i povyshenii energoeffektivnosti». [Law of the Republic of Kazakhstan dated January 13, 2012 No. 541-IV "On energy saving and improving energy efficiency"].

2. «Energosberegayushchiye meropriyatiya v elektroprivode i elektrotekhnologii». Prikaz Predsedatelya Komiteta gosudarstvennogo energeticheskogo nadzora Ministerstva industrii i novykh tekhnologiy Respubliki Kazakhstan ot «24» noyabrya 2010 goda №117-P. ["Energy saving measures in electric drive and electrical technology". Order of the Chairman of the Committee for State Energy Supervision of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Kazakhstan dated November 24, 2010 No. 117-P].

3. Abdrakhmanov E.A., Nigmatullin R.M. Snizheniye raskhoda elektroenergii na elektrodugovoy pechi DSP-3A kompensatsiyey reaktivnoy moshchnosti. [Reduction of electricity consumption in an electric arc furnace ДСП-3А by compensation of reactive power] , Bulletin of AUPET, 2020, No. 3 (50). pp. 14-21.

4. Rovin L.E., Rovin S.L. Sokrashcheniye raskhoda elektroenergii pri plavke chuguna i stali. [Reduction of electricity consumption when melting iron and steel] , Casting and metallurgy. No. 3 (72), 2013. p.18-31.

5. Shishimirov M.V., Sosonkin O.M. Resursosberezheniye i rezervy povysheniya effektivnosti vyplavki stali v DSP. [Resource saving and reserves for increasing the efficiency of steelmaking in EAF], Bulletin of the South ural State University. Ser. Metallurgy. 2015. Vol.15, no.3, pp.70-79.

6. Zerkina A. V., Shevchenko E. A. Issledovaniye vliyaniya shikhtovykh i dobavochnykh materialov na raskhod elektroenergii v dugovoy staleplavil'noy pechi. [Investigation of the influence of charge and additional materials on power consumption in an electric arc furnace] , Science and production of the Urals, 2018, No. 14. S.26-30.

7. Mironov Yu.M., Mironova A.N. Povysheniye ekonomicheskoy effektivnosti dugovykh staleplavil'nykh pechey s pomoshch'yu optimizatsii ikh energopotrebleniya. [Increasing the economic efficiency of electric arc furnaces by optimizing their energy consumption] , Bulletin of the Chuvash University, 2018, no. S. 79-92.

Е.А.Абдрахманов¹, Г.Т. Мерзадинова²

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева,
Алматы, Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Энергосберегающие потенциалы дуговой сталеплавильной печи ДСП-3А

Исследован процесс выплавки стали в дуговой электропечи ДСП-3А в режиме двухкратной загрузки металлолома общей массой 3894-5075 кг, напряжением 120-130 В, токами 3-5 кА. В зависимости от веса сливаемой жидкой стали 3600-4800 кг потребление активной электроэнергии составило 2800-3240 кВт ч, реактивной - 1700-1800 кВт ч. В результате исследования был определен потенциал энергосбережения печи: снижение расхода реактивной электроэнергии (55-65)% за счет ее компенсации; уменьшение открытого положения ванны печи (40 мин) за счет заливки расплава и загрузки лома после слива и открытия свода; организация подогрева лома перед загрузкой дешевыми источниками тепловой энергии (с использованием тепла угля, газа, особенно отходящих газов).

Ключевые слова: дуговая печь ДСП-3А, активная энергия, реактивная энергия, потенциал энергосбережения, осциллограмма тока и напряжения, компенсация реактивной энергии, сохранение тепловой энергии, подогрев лома.

Ye.A.Abdrakhmanov¹, G.T. Merzadinova²

¹Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev,
Almaty, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Energy-saving potentials of the DSP-3A steel arc furnace

Abstract. The article considers the process of steel smelting in an electric arc furnace DSP-3A in the mode of double loading of scrap metal with a total weight of 3894-5075 kg, voltage of 120-130 V, currents of 3-5 kA. The article contains following observations: depending on the weight of the poured liquid steel 3600-4800 kg, the active power consumption has been 2800-3240 kWh, reactive power consumption - 1700-1800 kWh.

As a result of the study the following energy-saving potential of the furnace has been determined: reduction of reactive power consumption (55-65%) by its compensation; reduction of the furnace bath open position (40 min) by pouring melt and loading scrap after draining and opening the vault; arrangement of scrap heating before loading by cheap sources of thermal energy (using heat from coal, gas, especially waste gases).

Key words: arc furnace DSP-3A, active energy, reactive energy, energy saving potential, oscillogram of current and voltage, reactive energy compensation, heat energy storage, scrap heating.

Авторлар туралы мәлімет:

Абдрахманов Е.А. – корреспонденция үшін автор, техника ғылымдарының докторы, Электр энергетика кафедрасының профессоры, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы, Қазақстан.

Мерзадинова Г.Т.- техника ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің ғылыми-зерттеу жұмысы жөніндегі проректоры, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Abdrakhmanov Ye.A. – corresponding author, Doctor of Technical Science, Professor of Electrical Power Engineering Department, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan.

Merzadinova G.T. - Doctor of Technical Science, Professor, Vice-Rector of Research L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.