ЭНЕРГЕТИКА
ENERGY
ЭНЕРГЕТИКА

ӘОЖ 62.611 **DOI 10.52167/1609-1817-2024-133-4-368-375**

Ж.Ф. Ожикенова, А.А. Хайрушева, Ж.А. Епенова,
Э.И. Бусурманова✉, А.Д. Заузанбаева
Yessenov University, Ақтау, Қазақстан
E-mail: asemgul.busurmanova@yu.edu.kz

ЖЭС МЕН ҚАЗАНДЫҚТАРДЫҢ ОТЫН САҚТАУҒА АРНАЛҒАН РЕЗЕРВУАРЛАРЫНЫҢ ЖЫЛУ БЕРІЛУІН ПРОГРАММАЛЫҚ КОМПЛЕКСТЕ САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. ЖЭС мен қазандықтардың отын сақтауға арналған резервуарларының жылу берілуін программалық комплексте сандық зерттеу мақсаты топырақтың қатуы кезінде жылу электр станцияларының резервуарлары мен қазандықтарындағы жылу алмасуды математикалық модельдеу және осындай жағдайларда қарастырылатын объектілердің жылу шығындарын сандық талдау болып саналады.

Отын сақтауға арналған резервуарлардың жылу режимдерін болжамды модельдеуге байланысты міндеттер ЖЭС пен қазандықтарды құру және жобалау кезінде ғана емес, сонымен қатар құрылымдар мен топырақтың пайдалану жағдайлары мен жылу кедергісінің өзгеруінен, резервуарлардың қоршаған ортамен өзара әрекеттесуінен және т. б. туындаған энергетикалық жабдық элементтерінде болатын процестерді талдау кезінде де туындайды.

Ght COMSOL Multiphysics көмегімен шекаралық жағдайлардың әртүрлі комбинацияларында классикалық пішінді денелер үшін жылу беру процестерінің бірқатар сынақ есептеулері жүргізілді. Есептеу нәтижелерін белгілі әдеби деректермен салыстыру олардың арасындағы тамаша сәйкестікті көрсетті, бұл ght COMSOL Multiphysics арқылы алынған нәтижелердің сәйкестігін растайды

Түйінді сөздер. ЖЭС қазандықтар, ЖЭС отындарын сақтау, жылу шығыны, мазут, жерасты резервуар.

Кіріспе.

ЖЭС және қазандықтардың мазут шаруашылықтарының энергия тиімділігін арттыру бағыттарының бірі отын сақтауға арналған резервуарлардың жұмыс істеуінің оңтайлы режимдерін ұйымдастыру есебінен өз қажеттіліктеріне энергия шығындарын азайту болып табылады. Бұл мәселені шешу отын сақтауға арналған резервуарларды пайдалану кезінде тасымалдау процестерінің қарқындылығына әсер ететін барлық негізгі маңызды факторлар мен процестерді ескере отырып, резервуарлардың көлемі мен орналасу аймақтарындағы жылу беру процестерін егжей-тегжейлі модельдеу арқылы ғана мүмкін болады. Қазіргі уақытта ЖЭС отындарын сақтауға арналған резервуарлар мен қазандықтардың жұмысын жобалау және талдау қарастырылып отырған жүйелерде жүзеге асырылатын жылу тасымалдаудың көптеген ерекшеліктерін ескермейтін жеңілдетілген аналитикалық қатынастарға негізделген. Бұл ерекшеліктерге орналастыру аймағында резервуар мен топырақ арасында жылу алмасудың болуы, топырақтың маусымдық қатуы мен еруі, ұзақ уақыт жұмыс істеген кезде жылу оқшаулауының жылу қорғау сипаттамаларының төмендеуі, отын мен резервуар қақпағы арасындағы

саңылаудағы ауаның қозғалысы және басқалар жатады. Сондай-ақ, қарастырылып отырған мәселе бойынша қолда бар жарияланымдарда отынды дайындау мен жылытудың энергия тиімді технологиялық схемаларын әзірлеу мәселелері, сондай-ақ әртүрлі қоспаларды қолдану мүмкіндігі мен тәжірибесі талқыланатынын атап өткен жөн [1].

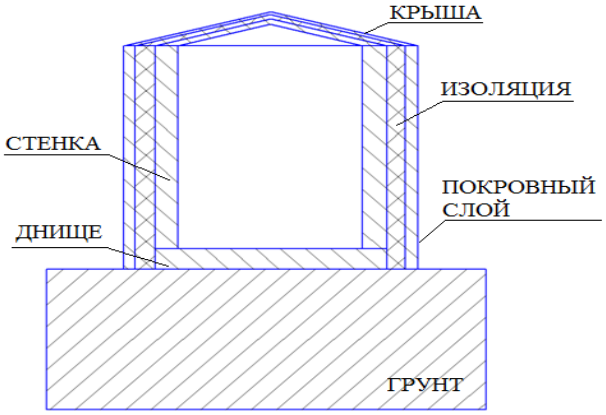
Ресейдің отын-энергетикалық балансының құрылымының болжамы мұнай мен газдың басым энергия тасымалдаушылары болып қалатынын көрсетеді, олардың жануы 2030 жылы энергияның 70% өндіреді [1,2]. Көптеген электр станциялары мен ірі қазандықтар негізгі және қосалқы отын ретінде мазут пайдаланады, ал көмірмен жұмыс істейтін электр станциялары мен қазандықтар көбінесе от жағу және алауды жағу үшін мазутты пайдаланады.

Мазут объектілерін есептеу мен жобалаудың қазіргі салалық әдістері мазутты жағуға дайындаудың барлық кезеңдерінде болатын жылу процестерінің барлық ерекшеліктерін толық көрсетпейді [3]. Жылу электр станцияларының резервуарлары мен қазандықтарындағы жылу шығындарын зерттеудің перспективалық тәсілдерінің бірі коммерциялық немесе ашық бастапқы қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз етудің әртүрлі пакеттерін пайдалану болып табылады.

Қазіргі уақытта біздің ғаламшарымызда халық саны өсуде, онымен бірге электр энергиясын тұтыну, мұнай өндіру, яғни өндірілетін мұнай мөлшерінің ұлғаюы да жүріп жатыр. Бұл мұнай қоймаларына деген қажеттіліктің артуын білдіреді. Мұнай мен мұнай өнімдерін сақтауға арналған негізгі құрылыстар резервуарлық парктер болып табылады.

1 сурет - Отын сақтауға арналған резервуарлар

РВС–100 маркалы типтік тік цилиндрлік болат жерасты резервуары қарастырылады. 2-суретте қарастырылатын мәселенің шешу аймағының схемалық көрінісі көрсетілген.



2 сурет - Шешім аймағының көлденең қимасының диаграммасы

Қарастырылып отырған аумақ үшін (2 сурет) жылу электр станцияларының су қоймалары мен қазандықтар орналасқан аумақта топырақтың қатуын ескере отырып, «жер асты су қоймасы – қоршаған орта» жүйесінде жылу өткізгіштіктің екі өлшемді стационарлық мәселесі шешіледі.

Жұмыстың мақсаты – топырақтың қатуы кезінде жылу электр станцияларының резервуарлары мен қазандықтарындағы жылу алмасуды математикалық модельдеу және осындай жағдайларда қарастырылатын объектілердің жылу шығындарын сандық талдау.

ЖЭС және қазандықтардың негізгі және резервтік отындарын сақтаудың энергия тиімді жүйелерін құру дербес ғылыми проблема болып табылады, оның бір бөлігі резервуарлардың көлемі мен орналастыру аймақтарында болып жатқан физикалық процестердің толық кешенін, сондай-ақ резервуарлардың қоршаған ортамен өзара іс-қимылының әртүрлі тетіктерін ескере отырып, отынды сақтауға арналған резервуарлардың жылу режимдерін модельдеу проблемасы болып табылады. Отын сақтауға арналған резервуарлардың жылу режимдерін болжамды модельдеуге байланысты міндеттер ЖЭС пен қазандықтарды құру және жобалау кезінде ғана емес, сонымен қатар құрылымдар мен топырақтың пайдалану жағдайлары мен жылу кедергісінің өзгеруінен, резервуарлардың қоршаған ортамен өзара әрекеттесуінен және т.б. туындаған энергетикалық жабдық элементтерінде болатын процестерді талдау кезінде де туындайды.

Материалдар мен тәсілдер.

Қарастырылып отырған мәселе (1) – (9) ақырлы элементтер әдісі [4] көмегімен есептерді шешуге негізделген, жалпы жылу алмасу модулін [3] пайдалану арқылы COMSOL Multiphysics мультифизикалық модельдеу бағдарламалық пакетінің құралдары мен функцияларын қолдану арқылы шешілді.

General Heat Transfer (GT) модулі жылу беру механизмдерінің (жылу өткізгіштік, конвекция және сәулелену) еркін тіркесімінде жылу беру процестерін модельдеуге арналған. Радиациялық жылу беруді жер бетінен жер бетіне немесе қоршаған ортаға сәуле ретінде қарастыруға болады. GHT модулі жоғары жылу беру қабаттары үшін шекті жағдайларды немесе керісінше жылу оқшаулау қабаттарының міндеттерін қамтиды.

Айта кету керек, ght COMSOL Multiphysics көмегімен шекаралық жағдайлардың әртүрлі комбинацияларында классикалық пішінді денелер үшін жылу беру процестерінің бірқатар сынақ есептеулері жүргізілді. Есептеу нәтижелерін белгілі әдеби деректермен салыстыру олардың арасындағы тамаша сәйкестікті көрсетті, бұл ght COMSOL Multiphysics арқылы алынған нәтижелердің сәйкестігін растайды.

Сандық модельдеу кезінде резервуардың ішкі бетінің температурасы сақталған отынның температурасына тең тұрақты мәнге ие болады tm = 60 ° С. Қоршаған ортаның температурасы Томск қаласындағы жылыту кезеңіндегі ауаның орташа температурасына тең деп есептелді t = -40 °С.

Мәселені қою кезінде шектеусіз өлшемдегі топырақ үшін есептеу аймағы, сандық модельдеу кезінде өлшемдері 25 метр тереңдікте және симметрия жағына 45 м болатын есептеу аймағы қолданылады деп болжанғанына қарамастан. жер үсті, жартылай жерасты және жер асты су қоймалары үшін пайдаланылды. Есептеу аймағының өлшемдері домен шекараларындағы температура градиенттерінің өзгеруі 0,5% аспайтындай, бірқатар алдын ала сандық тәжірибелер негізінде таңдалды.

Топырақтың термофизикалық сипаттамалары - негізінен топырақтың тығыздылығы оның қатты фазасы құрамындағы минералдық және органикалық бөлшектер мөлшерінің арақатынасына тікелей байланысты. Егер топырақта қарашірік көп болса, онда қатты фазаның тығыздылығы төмен болады. Құмды топырақтың қатты фазасының тығыздылығы -2,70 г/см, қара топырақтікі-2,37 г/см, ауыр сазды топырақтікі-2,67 г/см болады.Топырақ тығыздылығының жоғары болуы тамырдың төмен бойлап өсуіне, тұқымның көктеп өсуіп шығуына кедергі жасайды. Топырақ тығыздылығының ең қолайлы мөлшері өсімдіктің биологиялық ерекшелігіне байланысты өзгеріп отырады. Топырақ тығыздығының шамадан тыс жоғары болуынан ауылшаруашылық дақылдарының өнімі төмендейді. Сонымен бірге топырақ тығыздылығы ондағы органикалық заттардың мөлшеріне байланысты, себебі олардың тығыздылығы 1,25 г/см,-ден 1,80 г/см дейін болса, ал минералдарда бұл көрсеткіштер 2,3 г/см –ден 3,0 г/см-ге дейін ауытқиды. Яғни, топырақта органикалық зат көп боған сайын , оның тығыздылығы төмендейді. Мысалы, қара шірігі мол қара топырақтың тығыздылығы 2,37 г/см. Топырақ тығыздылығына оның гранулометриялық құрамы, құрылымы үлкен әсер етеді. Табиғи күйдегі 1 см абсолютті құрғақ топырақтың массасын оның көлемдік массасы дейміз. Топырақтың көлемдік массасы оның тығыздылығынан әрқашан кем болады, әйткені топырақ түйіршіктерінің арасындағы ауаның тығыздылығы өте төмен. Көптеген дақылдар (дәнді, отамалы) үшін топырақтың қолайлы көлемдік массасы 0,9-1,2 г/см аралығында болады.

Сандық талдаудың барлық нұсқаларында жылу беру коэффициентінің мәні Вт/(м^2 К) тең деп қабылданады [5].

Нәтижелер.

Орналастыру аймағында топырақ қатқан кезде жер үсті резервуарларының жылу режимдерін сандық модельдеудің негізгі нәтижелері 2-кестеде және 2,3-суреттерде келтірілген.

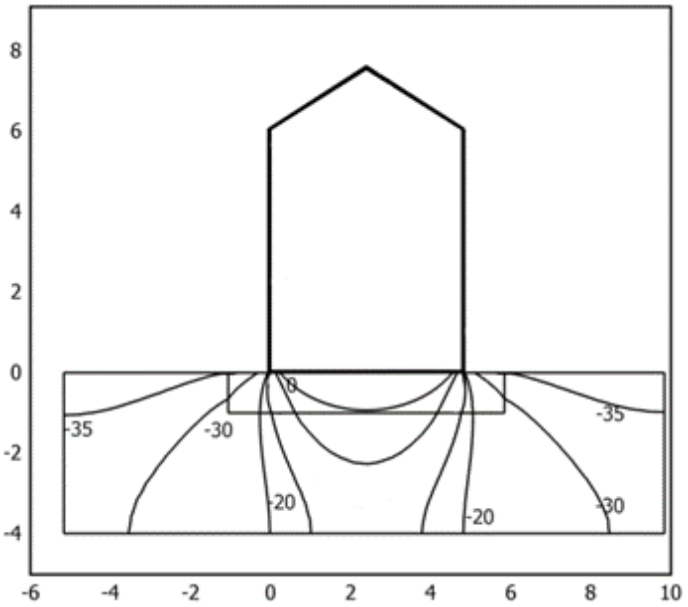
ЖЭС отындары пен қазандықтарды сақтауға арналған жерүсті резервуарлары орналасқан аймақта топырақтың қатуын ескере отырып:

Балшық тәрізді Q1 – есептелетін объектінің топырақтың қатуы 1694 Вт, ал Q2 – жылу ысыраптарының мәндері-1697,7 Вт тең, салыстырмалы қателігі – 0,22.

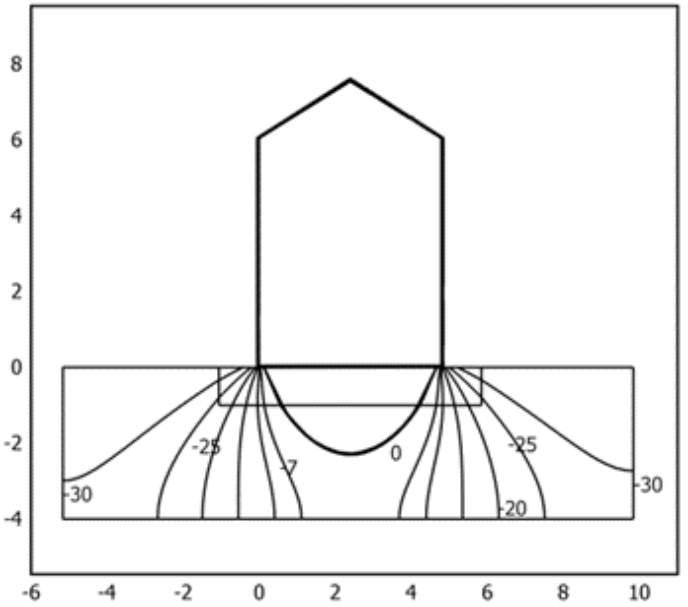
Құм тәрізді Q1 – есептелетін объектінің топырақтың қатуы 1737,1 Вт, ал Q2 – жылу ысыраптарының мәндері-1737,1 Вт тең, салыстырмалы қателігі – 0.

Осыдан сандық талдау нәтижелері ЖЭС отындары мен қазандықтарды сақтауға арналған жерүсті резервуары орналасқан аймақта топырақтың еруі қаралып отырған объектінің жылу режимінің елеулі өзгеруіне әкеп соқпайтынын көрсетеді.

2,4 - суреттерде ЖЭС отындарын сақтауға арналған резервуарлар мен құмды қатуды ескере отырып, қазандықтар аймағындағы типтік температура өрістері келтірілген (3 сурет) және сазды топырақ (4 сурет).



3 сурет - Құмды топырақта қатуды ескере отырып, резервуарларды орналастыру аймағындағы температуралық өрістер



4 сурет - Сазды топырақтың қатуын ескере отырып, резервуарларды орналастыру аймағындағы температуралық өрістер

Талқылау.

Қарастырылып отырған объектінің жылу беру процесі (1-сурет) келесі жылу өткізгіштік теңдеулерімен сипатталады:

$$\nabla^2 T_{\text{из}} = 0, \tag{1}$$

$$\nabla^2 T_{\text{г}} = 0, \tag{2}$$

$$\nabla^2 T_{ф} = 0. \tag{3}$$

Резервуар корпусының ішкі бетіне қолдау көрсетіледі тұрақты температура:

$$T_{из,1}=T_м=\text{const}. \quad (4)$$

Қабаттардың жанасу орындарында тамаша жылу байланысы шарттары орындалады:

$$\lambda_{из}\,\text{grad}(T_{из,2})=\lambda_г\,\text{grad}(T_{г,2}); \qquad T_{из,2}=T_{г,2}; \quad (5)$$

$$\lambda_г\,\text{grad}(T_{г,3})=\lambda_ф\,\text{grad}(T_{ф,3}); \qquad T_{г,3}=T_{ф,3}. \quad (6)$$

$$-\lambda_г\,\text{grad}(T_{г,4})=\alpha(T_{г,4}-T_{ex}), \quad (7)$$

Жердегі резервуардан жеткілікті үлкен қашықтықта температура градиенттері нөлге тең:

$$\text{grad}(T_г)=0,\ x\to\pm\infty,\ y\to-\infty. \quad (8)$$

$$\text{grad}(T_ф)=0. \quad (9)$$

Белгілері: T – температура, K; λ – жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м К); α – жылу беру коэффициенті, Вт/м2·К.

Көрсеткіштер: бастап - жылу оқшаулағыш қабаты; g – топырақ; m – мазут; f – инженерлік құрылымның негізі; ex – сыртқы; 1 – резервуардың оқшаулауының ішкі беті; 2 – «цистерна корпусы мен топырақ» арасындағы интерфейс; 3 – «топырақ пен резервуар іргетасы» арасындағы интерфейс; 4 – «топырақ пен қоршаған орта» шекарасы.

Қорытынды.

ЖЭС отындары мен қазандықтарды сақтауға арналған резервуарлар орналасқан аймақта топырақтың қату әсеріне сандық талдау жүргізілді.

ЖЭС отыны мен қазандықтарды сақтауға арналған жер үсті резервуары орналасқан аймақта топырақ еріген кезде қарастырылып отырған объектінің жылу режимінің өзгеруіне әкеп соқпайды.

Топырақтың еруін ескере отырып және ескерусіз резервуарлардың жылу шығынын сандық модельдеу нәтижелерінің салыстырмалы өзгеруі шекті жағдайларда жерасты үшін 7,30%, жер үсті үшін 1,37%, жартылай жерасты резервуарлары үшін 4,83% құрайтыны анықталды.

Резервуарларды орналастыру аймағындағы топырақ сипаттамаларының олардың жылу шығындарына әсерін талдау көрсеткендей, резервуарларды салыстырмалы түрде жоғары жылу өткізгіштігі бар аймақтарға орналастырған кезде, жылу шығыны резервуарды орналастыру нұсқасына және жылу беру коэффициенттерінің мәндеріне байланысты 3,58% - дан 16,5% - ға дейін артады.

Жоғарыда айтылғандардың барлығы қарастырылып отырған жүйелердің жылу режимдерін жобалау және талдау кезінде жылу берудің қарқындылығын, жерге жылу таратудың қарқындылығын және оның еруін ескеру қажет екенін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Развитие теплоснабжения в России в соответствии с Энергетической стратегией до 2030 г. // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 2. – С. 6–9.

[2] Polovnikov V.Yu., Makhsutbek F.T., Ozhikenova Zh.F. Thermal mode of tanks for storage fuel of thermal power plants and boiler with the influence of engineering facilities in the area of their placement// (110) 2016.

[3] Бирюлин Г.В Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB. - СПб.: СПбГУИТМО, 2006. – 89 с.

[4] Garcia A.L. Numerical methods for physics. - New York: Prentice Hall, 2000. – 423 p.

[5] СНиП 2.11.03-93. Строительные нормы и правила. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. - М.: Госстрой Росии, ФГУП ЦПП, 2011. – 46 с.

[6] Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. - Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.

REFERENCES*

[1] Razvitie teplosnabzhenija v Rossii v sootvetstvii s Jenergeticheskoj strategiej do 2030 g. // Novosti teplosnabzhenija. – 2010. – № 2. – S. 6–9.

[2] Polovnikov V.Yu., Makhsutbek F.T., Ozhikenova Zh.F. Thermal mode of tanks for storage fuel of thermal power plants and boiler with the influence of engineering facilities in the area of their placement// (110) 2016.

[3] Birjulin G.V Teplofizicheskie raschety v konechno-jelementnom pakete COMSOL/FEMLAB. - SPb.: SPbGUITMO, 2006. – 89 s.

[4] Garcia A.L. Numerical methods for physics. - New York: Prentice Hall, 2000. – 423 p.

[5] SNiP 2.11.03-93. Stroitel'nye normy i pravila. Sklady nefti i nefteproduktov. Protivopozharnye normy. - M.: Gosstroj Rosii, FGUP CPP, 2011. – 46 s.

[6] Guva A.Ja. Kratkij teplofizicheskij spravochnik. - Novosibirsk: Sibvuzizdat, 2002. – 300 s.

Zhanat Ozhikenova, PhD, associate professor, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan,
zhanat.ozhikenova@yu.edu.kz

Aurika Khairusheva, master, assistant professor, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, aurika.hairuweva@yu.edu.kz

Zhanar Epenova, master, assistant professor, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, zhanar.yepenova@yu.edu.kz

Essemgul Bussurmanova, master, assistant professor, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, asemgul.busurmanova@yu.edu.kz

Agiya Zauzanbayeva, master, assistant professor, Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, agiya.zauzanbayeva@yu.edu.kz

QUANTITATIVE STUDY OF HEAT TRANSFER OF FUEL STORAGE TANKS OF TPP AND BOILERS IN A SOFTWARE COMPLEX

Abstract. The purpose of the numerical study of heat transfer of thermal power plant fuel storage tanks and boilers in the software package is considered to be mathematical modeling of heat transfer in tanks and boilers of thermal power plants during soil freezing and quantitative analysis of heat loss of objects considered in such conditions.

Tasks related to predictive modeling of thermal conditions of fuel storage tanks arise not only when creating and designing thermal power plants and boiler houses, but also when

analyzing processes occurring in elements of power equipment caused by changes in operating conditions and thermal resistance of structures and soils, interaction of tanks with the environment, etc.

Using GHT COMSOL Multiphysics, a number of test calculations of heat transfer processes for bodies of classical shape in various combinations of boundary conditions were carried out. A comparison of the calculation results with known literature data showed an ideal correspondence between them, which confirms the correspondence of the results obtained using GHT COMSOL Multiphysics

Keywords. Boiler houses of thermal power plants, fuel storage of thermal power plants, heat loss, fuel oil, underground reservoir.

Жанат Ожикенова, PhD, доцент, Yessenov University, Актау, Казахстан, zhanat.ozhikenova@yu.edu.kz

Аурика Хайрушева, магистр, ассистент профессора, Yessenov University, Актау, Казахстан, aurika.hairuweva@yu.edu.kz

Жанар Епенова, магистр, ассистент профессора, Yessenov University, Актау, Казахстан, zhanar.yepenova@yu.edu.kz

Эсемгул Бусурманова, магистр, ассистент профессора, Yessenov University, Актау, Казахстан, asemgul.busurmanova@yu.edu.kz

Агия Заузанбаева, магистр, ассистент профессора, Yessenov University, Актау, Казахстан, agiya.zauzanbayeva@yu.edu.kz

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВА ТЭС И КОТЛОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. Целью численного исследования теплоотдачи резервуаров для хранения топлива ТЭС и котлов в программном комплексе считается математическое моделирование теплообмена в резервуарах и котлах тепловых электростанций при промерзании грунта и количественный анализ теплопотерь рассматриваемых в таких условиях объектов.

Задачи, связанные с прогнозным моделированием тепловых режимов резервуаров для хранения топлива, возникают не только при создании и проектировании ТЭС и котельных, но и при анализе процессов, происходящих в элементах энергетического оборудования, вызванных изменениями эксплуатационных условий и теплового сопротивления конструкций и грунтов, взаимодействием резервуаров с окружающей средой и т.д.

С помощью GHT COMSOL Multiphysics был проведен ряд тестовых расчетов процессов теплопередачи для тел классической формы в различных комбинациях граничных условий. Сравнение результатов расчетов с известными литературными данными показало идеальное соответствие между ними, что подтверждает соответствие результатов, полученных с помощью GHT COMSOL Multiphysics.

Ключевые слова. Котельные ТЭС, хранение топлива ТЭС, теплопотери, мазут, подземный резервуар.

****

Келіп түсті: 10 мамыр 2024 ж.; қабылданды: 22 маусым 2024 ж.