

суттєвого зростання (понад в 100 разів) чисельних значень локальних коефіцієнтів тепловіддачі від котушок трансформатора. Збільшення швидкості течії мастила в радіальних каналах призведе до зростання інтенсивності теплообміну між міддю та мастилом. В результаті, температура міді значно знизиться (рис.3) порівняно зі значеннями температури при природній циркуляції охолоджуючого середовища [4].

Проте штучне збільшення швидкості мастила на вході в радіальний канал, за умови відсутності його протікання уздовж всієї довжини каналу (рис.2), призведе до значного зростання надлишкового тиску в обмотках трансформатора. Це може призвести до порушення нормальної циркуляції мастила в обмотці трансформатора, та може бути причиною виникнення аварійної ситуації.

4. Висновки

Отримані методом чисельного моделювання поля швидкостей течії мастила в каналах обмотки результати вказують на те, що навіть за умов наявності штучної швидкості на вході в радіальний канал не вдається організувати протікання мастила уздовж всієї довжини каналу. Тоді при природній циркуляції швидкість мастила в горизонтальних каналах є дуже незначною. Більша частина теплоти передається мастилу з бокових поверхонь котушок [4]. Крім того, забезпечення наявності штучної швидкості на вході в радіальний канал, є суто теоретичною і не може бути реалізована на практиці через те, що це внесе суттєві зміни в конструкцію трансформатора. Отже, досягти в реальних трансформаторних обмотках з шириною радіального каналу 1 мм швидкості руху мастила, що призведе до його наскрізної циркуляції, неможливо.

Список літератури: 1.Киш Л. Нагрев и охлаждение трансформаторов. Серия «Трансформаторы». Выпуск 36. Перевод с венгерского/ Л. Киш – М.: Энергия, 1980. - 208с.: ил. 2.Гомтер, Г. Нагрев и охлаждение электрических машин/ Г. Гомтер – М.: Энергоиздат, 1956. – 480с.: ил. 3.Протокол испытаний ОАХ 128 159.066. Исследование теплоотдачи обмоток с радиальной шириной 50 мм при естественном движении масла. Введен 23.11.76 / Ю.А. Михайловский, Л.В. Васильев, И.И. Щукина – Запорожье, ВИТ, 1976. - 68с.: черт. 4.Яковлева И.Г. Математичне моделювання теплообмінних процесів в обмотках трансформаторів з висотою горизонтального каналу менше 3 мм / І.Г. Яковлева, С.В. Ільїн // Математичне моделювання. Науковий журнал. Дніпродзержинськ. – 2010. - №1(22). – С.82-86.

Поступила в редакцію 05.06.2012

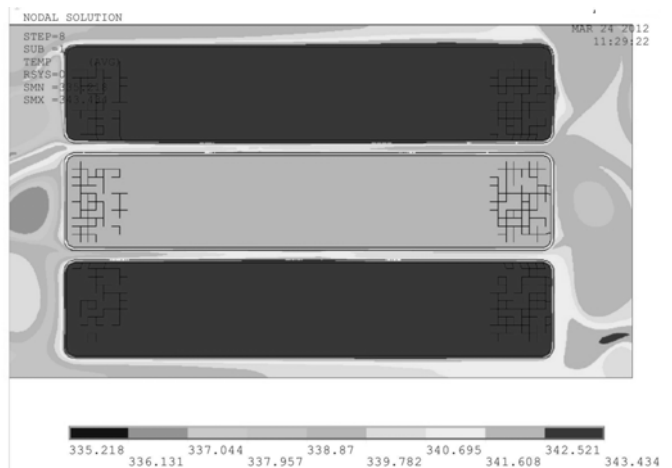


Рис. 3. Поле температури в обмотці трансформатора при заданій швидкості на вході в радіальний канал

Є.Є. ЧАЙКОВСЬКА, канд. техн. наук, с.н.с., доц., ОНПУ, Одеса

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ НА РІВНІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Представлені технології функціонування енергетичних систем на рівні прийняття рішень та оцінена їх ефективність.

Ключові слова: підтримка функціонування, технологія, прийняття рішень.

Представлены технологии функционирования энергетических систем на уровне принятия решений и оценена их эффективность.

Ключевые слова: поддержка функционирования, технология, принятия решений.

Presented Technology for Energy Systems at the decision and assessed their effectiveness.

Keywords: support operation, technology, decision-making.

1. Вступ

Відомі методи оптимізації енергетичних систем – економічний, екологічний, термoeкономіки дозволяють визначати оптимальні умови їх експлуатації без урахування зміни теплової акумулюючої ємності, що ускладнює узгодження виробництва та споживання енергії за рахунок використання додаткового обладнання [1, 2].

2. Постановка задачі

Реальні умови функціонування енергетичних систем потребують функціональної оцінки зміни теплової акумулюючої ємності, яка, відтворюючи виробництво та споживання енергії у співвідношенні, надає можливість прогнозувати зміну параметрів технологічного процесу, а не ліквідувати наслідки їх зміни.

3. Рішення задачі

Запропоновано підтримувати функціонування енергетичних систем на основі контролю працездатності й ідентифікації стану у складі експертних систем, архітектура яких базується на узгодженій взаємодії динамічної підсистеми – енергетичної системи як основи та блоків, що прогнозують складові технологічного процесу [3-5].

Математичне обґрунтування архітектури експертних систем:

$$ES = \left\{ \left[\begin{array}{l} D(P(\tau) \langle x_0(\tau), x_1(\tau), x_2(\tau), f(\tau), K(\tau), y(\tau), d(\tau) \rangle), R(\tau), P(\tau) \rangle, \\ R(\tau), (P_i(\tau) \langle x_1(\tau), f_i(\tau), K_i(\tau), y_i(\tau) \rangle) \end{array} \right] \right\}$$

де ES - експертна система; D - динамічна підсистема; P - властивості елементів експертної системи; τ - час, с; x - умови; f - параметри, що діагностуються; K - коефіцієнти математичного опису; y - вихідні параметри; d - динамічні параметри; R - відносини в ES . Індекси: i - число елементів

експертної системи; 0, 1, 2 - початковий режим, зовнішній, внутрішній характер впливів.

Так, на основі інтелектуальної системи підтримки функціонування системи теплопостачання з використанням сонячної енергії розроблено технологію акумулювання, що передбачає можливість визначити: межі зміни температури теплоносія, що гріє, для підтримки динамічної рівноваги процесу акумулювання шляхом включення чи відключення секцій теплообмінника, вбудованого в бак-акумулятор; граничну температуру теплоносія, що гріє, при якій можлива зміна виробників теплоти, а й при необхідності виконання додаткового підігріву місцевої води. Прийняття рішень на основі оцінки зміни теплової акумулюючої ємності з використанням вимірювань температури теплоносія, що гріє, яка змінюється за часом раніше, тобто до зміни температури води, що нагрівається, дозволяє використовувати до 85% акумульованої енергії. Більш того, не використання зміни витрати теплоносія, що гріє від геліоколектора для підтримки функціонування системи теплопостачання, знижує собівартість виробництва теплоти та термін окупності геліосистеми на 30-35% за рахунок відсутності додаткової площі дорогавартих геліоколекторів. Очікуваний за рік економічний ефект при використанні бака-акумулятора ємністю 16000 кг із убудованим теплообмінником, площею 3,22м² для обслуговування як геліоколекторів площею 200м², так і при використанні традиційного джерела енергії і геліосистеми за літній сезон експлуатації складає 20% від загальної економії умовного палива. Економія газу на рік близько 28,6 тис.м³, що дає річне зниження викидів двоокису вуглецю 43,8 т/рік. Енергозберігаюча технологія акумулювання має заохочувальне значення для традиційних виробників теплоти для використання геліосистем, завдяки яким вони мають можливість використовувати універсальний метод встановлення енергозберігаючих режимів функціонування системи теплопостачання [6].

Існують різноманітні технології виробництва біодизелю, що використовують як традиційні, так і інноваційні засоби щодо інтенсифікації тепломасообміну процесу етерифікації підігрітого масла у суміші з метанолом та каталізатором. Найважливішого значення при виробництві біогазу набуває виробляюча активність процесу зброджування сировини, що стає основоположною не тільки в плані підтримки функціонування біогазової установки, але і відображає її товарність. Але технології виробництва біопалива об'єднує найважливіша складова – значна теплова акумулююча ємність сировини, що при вимірах температури ускладнює підтримку функціонування біопаливних установок. Більш того, існуючі технології виробництва біопалива використовують зміну витрати теплоносіїв, що може порушити необхідний баланс складових процесу. Так, на основі прийняття рішень розроблені системи підтримки динамічної рівноваги процесу виробництва біопалива щодо зміни акумулюючої ємності сировини, зміни режимних умов функціонування щодо визначення порушення технологічного процесу, оцінки функціональної ефективності виробництва біопалива. Встановлення енергозберігаючих режимів функціонування, наприклад, біодизельної установки EXON-500, продуктивністю 12000 літрів біодизелю на добу дозволяє не тільки зменшити собівартість виробництва

біодизелю та термін окупності біодизельної установки, а й зекономити близько 20 т у. п. на рік, що при використанні природного газу складає близько 17000 м³ на рік, та дає в грошовому еквіваленті економію близько 43 тис. грн. [7].

Так, запропонована технологія теплонасосного енергопостачання на основі оцінки співвідношення виробництва та споживання енергії в інформаційному просторі: випарник - компресор та компресор - конденсатор, що дозволяє узгоджувати зміну витрати холодагента через випарник теплового насоса в залежності від температури низькопотенційного джерела енергії зі зміною витрати пари у конденсаторі теплового насоса при стиску пари у компресорі, рівень витрати якого визначено у випарнику.

З використанням запропонованої технології можливо, не використовуючи інерційні оцінки зміни параметрів теплоносіїв у випарнику та конденсаторі теплового насоса та не використовуючи додаткові теплові насоси, коректувати витрату холода агента у випарнику теплового насоса в залежності від температури низькопотенційного джерела енергії з ціллю його повного випаровування та забезпечення надійності компресора; узгоджувати рівень витрати холодагента у випарнику теплового насоса з рівнем потужності компресора щодо економного стиску пари; узгоджувати рівень подачі пари в конденсатор теплового насоса з рівнем подачі пари у випарник теплового насоса при використанні теплової ємності води в повній мірі [8]. У плані практичного використання запропонованої технології, розглянуто можливості ТОВ "Заплавський цукровий завод" щодо встановлення теплонасосного енергопостачання потужністю 15 кВт адміністративної будівлі за рахунок

використання технологічної води з температурою 45-50 °С у якості низькопотенційного джерела енергії. Визначено, що запропонована технологія теплонасосного енергопостачання дозволяє знизити собівартість виробництва теплоти до 50%, знизити термін окупності теплонасосної системи до 60% та здобути економію природного газу, що в грошовому еквіваленті складає близько 40 тис. грн. за рік.

В умовах енергозбереження на діючих ГАЕС виникає

необхідність підвищення ефективності систем гідроакумулювання та виробництва енергії щодо відношення енергії розряду до енергії заряду. З цією ціллю запропоновано підтримувати функціонування насосного та турбінного режимів ГАЕС на основі інформації, цінність якої полягає у відтворенні співвідношення між споживанням енергії та зарядом і виробництвом енергії та розрядом при використанні теплової ємності води, що акумулює в повній мірі та без вимірювання витрати води через водоводи. Розроблені як у фіксований

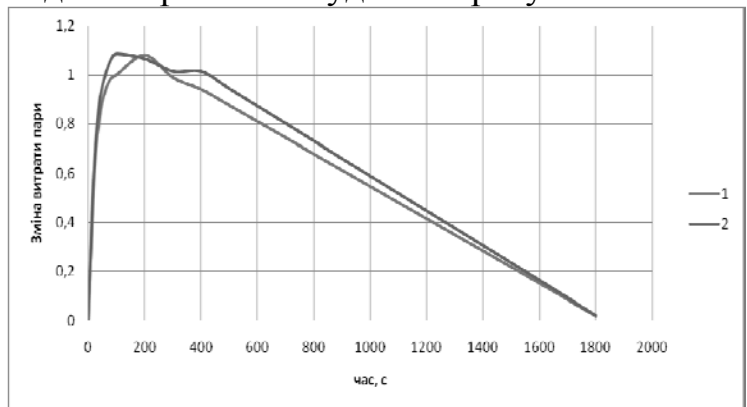


Рис.1. Технологія теплонасосного енергопостачання; 1,2 – діагностування зменшення, збільшення витрати пари хладагента через компресор теплового насоса, відповідно

інтервал часу, так і інтегровані за часом інтелектуальні системи підтримки процесів заряду, розряду та перевodu оборотної насос - турбіни в режим синхронного компенсатора на основі аналітичної оцінки зміни витрати води. Так, при використанні, наприклад, оборотної насос-турбіни типу РОНТ 115/851-В-630 встановлено, що зменшення витрат електроенергії при заряді на 30% за рахунок зменшення часу заряду, здобуття додаткового вироблення енергії при розряді на 5% за рахунок збільшення корисного об'єму водосховища дозволяють підвищити ефективність ГАЕС на 10-13% та здобути грошову економію приблизно 200 тис. грн. за 15 найбільш навантажених днів грудня [9].

Функціональне діагностування зміни ємності електроакумулятора в режимах заряду-розряду при використанні вітроенергетичної установки (ВЕУ) ускладнено не постійністю вітрового потоку та зміною споживання електроенергії. Існуючі системи підтримки функціонування ВЕУ використовують не завжди достовірну оцінку зміни напруги заряду та розряду, наприклад, свинцево-кислотного електроакумулятора, що відбувається пізніше за часом ніж зміна температури електроліту, її щільності у порах пластин та над пластинами. У зв'язку із значною тепловою ємністю електроліту обчислення зміни його параметрів не завжди здатні визначити гранично припустиму працездатність електроакумулятора щодо як можливого його перезаряду, так і недопустимого розряду, бо не оцінюють зміну теплової акумулюючої ємності електроакумулятора [3-5].

Запропоновано експертну систему, архітектура якої заснована на узгодженій взаємодії динамічної підсистеми – електроакумулятора як основи та блоків заряду-розряду, зміни ємності та оцінки функціональної ефективності системи електроакумуляування з використанням інформації як міри відтворення співвідношення між виробництвом та споживанням енергії в єдиному інформаційному просторі [3-5].

Основою для здобуття діагностичної інформації як еталонної, так і функціональної є передатна функція за каналом «температура електроліту – витрата електроліту», здобута в результаті рішення системи нелінійних диференціальних рівнянь [3-5].

$$W_{t-G1} = \frac{K_B \varepsilon (1 - L_3^*)}{L_B \beta \gamma} (1 - e^{-\gamma_1 \xi}),$$

$$\begin{aligned} \text{де } K_B &= \frac{m(\theta_0 - t_0)}{G_0}; & \varepsilon &= \frac{\alpha_{30} h_{30}}{\alpha_{B0} h_{B0}}; & L_3^* &= \frac{1}{L_3 + 1}; & L_3 &= \frac{G_3 C_3}{\alpha_{30} h_{30}}; & L_B &= \frac{G_B C_B}{\alpha_{B0} h_{B0}}; \\ \beta &= T_M S + \varepsilon^* + 1; & T_M &= \frac{g_M C_M}{\alpha_{B0} h_{B0}}; & \varepsilon^* &= \varepsilon(1 - L_3^*); & \gamma &= \frac{(T_B S + 1)\beta - 1}{L_B \beta}; & T_B &= \frac{g_B C_B}{\alpha_{B0} h_{B0}}; & L_B &= \frac{G_B C_B}{\alpha_{B0} h_{B0}}; \\ \gamma_1 &= \frac{(T_B S + 1)\beta - 1}{\beta}; & \xi &= \frac{z}{L_B}, \end{aligned}$$

де t , θ - температура електроліту, пластини, K , відповідно; G – витрата речовини, кг/с; C – питома теплоємність, кДж/(кг·К); α – коефіцієнт тепловіддачі, кВт/(м²·К); h – питома поверхня, м²/м; g – питома маса речовини, кг/м; z – координата довжини пластини, м; T_B , T_M – постійні часу, що характеризують теплову акумулюючу здатність робочого тіла, метала, с; m – показник залежності коефіцієнта тепловіддачі від витрати; S – параметр перетворення Лапласа.

Індекси: в – внутрішній потік, м – металева стінка, з – зовнішній потік; 0, 1- початкові умови, вхід в електроакумулятор, відповідно.

Так, на основі метода графа причинно-наслідкових зв'язків [3-5] розроблена логічна модель контролю працездатності електроакумулятора на рівні прийняття рішень. Ситуація зміни температури електроліту у режимі заряду-розряду щодо зміни ємності електроакумулятора розпізнається таким чином:

$$ES = ((D(P(\tau)(CT_1(\tau), (x_0(\tau), x_1(\tau)(G_{зар.}(\tau)(0), G_{роз.}(\tau)(0), t_e(\tau)(-)(+))))), Z_{C1}(\tau), (CT_2(\tau)(f(\tau)(\theta(\tau)(-)(+)(t_e(\tau)(-)(+))))), Z_{C2}(\tau), (CT_3(\tau)(K(\tau)(K_b(\tau)(+)(-))))), Z_{C3}(\tau), (CT_4(\tau)(y(\tau)(U(\tau)(0)(0))))), Z_{C4}(\tau), (CT_5(\tau)(d(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{вст.розр.}(\tau)(-)(+))), Z_{C5}(\tau), (CT_c(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{вст.розр.зар.}(\tau) > \Delta t_{розр.}(\tau) / \Delta t_{вст.розр.зар.}(\tau))), \quad (1)$$

$$(CT_c(\tau)(-\Delta t(\tau) / -\Delta t_{вст.розр.розр.}(\tau) < -\Delta t_{розр.}(\tau) / \Delta t_{вст.розр.розр.}(\tau))), \quad (2)$$

де *ES*- експертна система; *D* - динамічна підсистема; *P*- властивості елементів експертної системи; *Z*- логічні відносини; *CT* - контроль події; *U* – напруга, *v*; *x*- впливи; *f* - параметри, що діагностуються; *K*- коефіцієнти математичного опису; *y* - вихідні параметри; *d* - динамічні параметри; *t* – час, с. Індекси: 0, 1, 2 - початковий стан, зовнішній, внутрішній характер впливів; 3- коефіцієнти рівнянь динаміки; 4- суттєві параметри, що діагностуються; 5- динамічні параметри; *c* - контроль працездатності; вст. розр. – максимальне розрахункове значення зміни параметра; е – електроліт; розр.- розрахункове значення зміни параметра; зар., розр, - заряд, розряд, відповідно.

Так, наприклад, на основі узгодженої взаємодії динамічної підсистеми та блоку зміни ємності електроакумулятора у складі експертної системи з використанням підсумкової інформації (1, 2) при безперервному вимірюванні температури електроліту у фіксований інтервал часу можливо приймати рішення на збільшення чи зменшення ємності електроакумулятора, відповідно, до зміни його напруги (рис.2). Згідно метода графа причинно-наслідкових зв'язків [3-5] відбувається також ідентифікація нового стану функціонування системи електроакумулятора (рис.2).

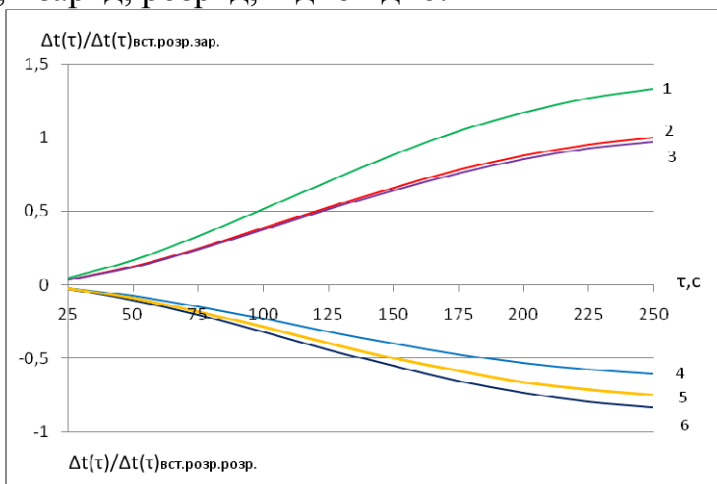


Рис. 2. Експертна система контролю працездатності електроакумулятора: 1, 6 – функціональне діагностування збільшення, зменшення ємності; 2, 5 -гранично припустима працездатність при заряді та розряді, відповідно; 3, 4 - прийняття рішень та ідентифікація нових умов функціонування щодо додаткового заряду чи розряду, відповідно

З використанням запропонованої експертної системи контролю працездатності електроакумулятора можливо своєчасно приймати рішення щодо зміни ємності електроакумулятора на основі контролю співвідношення виробництва та споживання енергії в умовах непостійності вітрового потоку. Такий підхід дозволяє не тільки підтримувати процес електроакумуляції, не допускаючи перезаряду та не допустимого розряду електроакумулятора, а й, встановлюючи зв'язок з теплоакумуляцією, виконувати перерозподіл енергії щодо збільшення терміну використання вітроенергетичної установки. Так, дійсно, в умовах непостійності вітрового потоку існуючі принципові схеми вітродизельних енергетичних установок, наприклад, встановлюють режими функціонування без урахування можливостей теплоелектроакумулятора в перерозподілі акумуляованої енергії. Запропонована технологія підтримки заряду на основі розробленої інтегрованої системи зміни температури води в акумуляторі з використанням прийняття рішень на зміну витрати води, що нагрівається. Зміна рівня акумуляції під час заряду теплоелектроакумулятора дозволяє за рахунок зменшення часу заряду додатково акумуляувати якісну енергію в електроакумуляторі і здобувати економію дизельного палива для вітродизельної установки потужністю 10 кВт, наприклад, що в грошовому еквіваленті складає приблизно 60 тис. грн. за рік [10].

4. Висновки

Представлені технології підтримки функціонування енергетичних систем на рівні прийняття рішень мають енергозберігаючу цінність, бо базуються на інтелектуальному управлінні тепломасообмінними процесами.

Список літератури: 1. *Мацевитый Ю.М.* Термoeкономический анализ теплонасосной системы теплоснабжения / *Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин, М.А. Кузнецов* // Проблемы машиностроения.- 2010.- №1, т.13.- С.42-51. 2. *Редько А.А.* Исследование термодинамических режимов геотермальных теплонасосных установок / *А.А. Редько, Д.Х. Харлампиди* // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури.- 2009.-№2(76) .- С.86— 98. 3. *Чайковська Є.Є.* Інтелектуальне управління функціонуванням енергетичних систем на основі контролю їх працездатності / *Є.Є.Чайковська*// Восточно - Европейский журнал передовых технологий.- 2006.- №3/2(21).- С.48-52. 4.*Чайковская Е.Е.* Управление согласованием производства и потребления теплоты на уровне принятия решений / *Е.Е. Чайковская* //Восточно-Европейский журнал передовых технологий.-2007.- № 2/3(26) .- С.16-20. 5. *Чайковская Е.Е.* Поддержание функционирования энергетических систем на основе интеллектуального управления тепломассообменными процессами // ММФ-2008: VI Минский международный форум по тепло- и массообмену: Тез. докл. и сообщ. / Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси. 19-23 мая 2008 г. Минск, 2008. Т.2.С.304-306. 6. *Чайковська Є.Є.* Техніко-економічна оцінка енергозберігаючої технології комбінованого теплопостачання / *Н.Ф. Іщук* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.- 2011.- №4/8(52).- С.45-47. 7. *Чайковська Є.Є.* Підтримка функціонування біопаливних установок/ *К.О. Кустов* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.- 2012.- №2/10(56).- С.41-44. 8. *Чайковська Є.Є.* Інтелектуальна система управління теплонасосним енергопостачанням / *В.В. Стефанюк* // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 2011.- №5.- С. 76-83. 9. *Чайковська Є.Є.* Підтримка гідроакумуляції та виробництва енергії на рівні прийняття рішень / *Є.Є. Чайковська* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. -2010.- №2/7(44).- С.15-21. 10. *Чайковська Є.Є., Сивоглаз Г.В.* Підтримка функціонування вітродизельної енергетичної установки // VI Международная научно-практическая конференция “Aktualni vymozenosti Vedy -2010”: Материалы докл. / Прага. 27 июня -5 июля 2010. С.39-43.

Поступила в редколлегию 11.06.2012