

Канюк Геннадій Іванович д.т.н., зав. кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій
Фурсова Тетяна Миколаївна к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій
 Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, Україна. Вул. Університетська 16, 61003

ПИТАННЯ ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ СПЕЦІАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

У статті здійснено аналіз існуючих напрацювань у напрямку енерго- і ресурсозбереження при вивченні спеціальних інженерних дисциплін та розробка матеріалів для формування, оновлення і закріплення у студентів теоретичних і практичних знань щодо енерго- і ресурсозбереження в галузі. Розглянуті питання поглибленого вивчення енерго- та ресурсозбереження у спеціальних дисциплінах для формування у студентів «енергозберігаючого» стилю мислення та відповідних знань і умінь в енергетичній галузі. Описано методи забезпечення безперервної системної підготовки в області енерго- і ресурсозбереження для інженерів і інженерів-педагогів всіх профілів і спеціальностей на всіх етапах підготовки фахівців і магістрів, включаючи захист дипломних проектів і магістерських робіт. Показано, що для практичної реалізації питань енерго- і ресурсозбереження при проведенні лекційних, практичних і лабораторних робіт викладачами спеціальних дисциплін кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій розроблені відповідні навчальні матеріали, які дозволяють якісно і ефективно проводити заняття і засвоювати практичні принципи енерго- і ресурсозбереження у різних галузях. Обґрунтовано, що поглиблене вивчення питань енерго- та ресурсозбереження у спеціальних дисциплінах буде сприяти формуванню у студентів «енергозберігаючого» стилю мислення та відповідних знань і умінь в енергетичній галузі. Показано, як такі уміння в подальшому закріплюються та формуються у навички на освітньо-кваліфікаційних рівнях спеціаліста та магістра при подальшому вивченні професійних дисциплін, у навчальні програми яких обов'язково включаються питання з енерго- та ресурсозбереження.

Ключові слова: енерго- та ресурсозбереження; турбіна; ККД ступені; спеціальна дисципліна

Канюк Геннадій Іванович, д.т.н., зав. кафедрой теплоенергетики и энергосберегающих технологий
Фурсова Татьяна Николаевна, к.т.н., доцент кафедры теплоенергетики и энергосберегающих технологий
 Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков, Украина. Ул. Университетская 16, 61003

ВОПРОСЫ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

В статье изложены результаты анализа существующих наработок в направлении энерго - и ресурсосбережения при изучении специальных инженерных дисциплин и разработка материалов для формирования, обновления и закрепления у студентов теоретических и практических знаний об энерго - и ресурсосбережения в отрасли. Рассмотрены вопросы изучения энерго - и ресурсосбережения в специальных дисциплинах для формирования у студентов «энергосберегающего» стиля мышления и соответствующих знаний и умений в энергетической отрасли. Описаны методы обеспечения непрерывной системной подготовки в области энерго - и ресурсосбережения для инженеров и инженеров-педагогов всех профилей и специальностей на всех этапах подготовки специалистов и магистров, включая защиту дипломных проектов и магистерских работ. Для практической реализации вопросов энерго - и ресурсосбережения при проведении лекционных, практических и лабораторных работ преподавателями специальных дисциплин кафедры теплоэнергетики и энергосберегающих технологий разработаны соответствующие учебные материалы, которые позволяют качественно и эффективно проводить занятия и усваивать практические принципы энерго - и ресурсосбережения в различных отраслях. Обосновано, что углубленное изучение вопросов энерго - и ресурсосбережения в специальных дисциплинах будет способствовать формированию у студентов «энергосберегающего» стиля мышления и соответствующих знаний и умений в энергетической отрасли. В дальнейшем закрепляются и формируются навыки по образовательно-квалификационным уровням специалиста и магистра при дальнейшем изучении профессиональных дисциплин, в учебные программы которых обязательно включаются вопросы по энерго - и ресурсосбережению.

Ключевые слова: энерго- и ресурсосбережение; турбина; КПД ступени; специальная дисциплина.

Kaniuk Gennadii Ivanovich, Head of Heat-and-Power Engineering and Energy Saving Technologies Department
Fursova Tetiana Nikolaevna, Associate Professor Heat-and-Power Engineering and Energy Saving Technologies Department
 Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkov, Ukraine. Universitetskaya str. 16, Kharkov, Ukraine, 61003

ISSUES OF ENERGY AND RESOURCE SAVING IN STUDYING OF SPECIAL ISCIPLINES

The article presents the analysis of existing experience in the direction of energy and resource in the study of special engineering disciplines and the development of materials for creation, update, and consolidate the students

theoretical and practical knowledge about energy and resource saving in industry. Examines the issues in-depth study of energy and resource saving in special disciplines for students "energy-saving" style of thinking and related knowledge and skills in the energy sector. The methods described provide a continuous system of training in the field of energy and resource for engineers and engineers-teachers of all profiles and professions in all stages of preparation of specialists and masters, including the protection of diploma projects and master works. It is shown that for practical implementation of the issues of energy and resource saving when conducting lectures, practical and laboratory works with teachers of special disciplines of the Department of power engineering and energy saving technologies developed relevant training materials which enable to efficiently and effectively conduct classes and learn the practical principles of energy and resource conservation in various industries. It is proved that an in-depth study of the issues of energy and resource saving in special disciplines will contribute to the formation of students "energy-saving" style of thinking and related knowledge and skills in the energy sector. Shows how such skills in the future are fixed and formed skills on educational qualification levels of specialist and master in the further study of professional disciplines in the curriculum which must include questions on energy and resource conservation.

Keywords: energy and resource saving; turbine; efficiency of stage; special discipline.

Введення

В зв'язку з загостренням енергетичної кризи у світі і нашій країні, що зумовлене інтенсивним вичерпанням паливно-енергетичних ресурсів, надзвичайно актуальними є проблеми енерго- та ресурсозбереження. На сьогодні проблемам енерго- і ресурсозбереження присвячено велику кількість робіт: нормативно-правових [1–2], інженерно-технічних [3–6], науково-педагогічних [7–9]. Відмічаються важливість, актуальність, постійно зростаюча загостреність проблеми вичерпання енергетичних ресурсів, необхідність розробки комплексних науково-технічних рішень щодо їх заощадження та раціонального використання, а також підготовки висококваліфікованих фахівців, здатних забезпечувати розробку і практичну реалізацію таких рішень.

Ще в 1994 році був прийнятий Закон України «Про енергозбереження» [1], в якому визначена необхідність виховання у всіх верств населення ощадливого ставлення до використання паливно-енергетичних ресурсів. Ефективне вирішення будь-якої проблеми базується на двох головних забезпечуючих факторах – інформаційне та кадрове забезпечення. Стаття сьома вищезазначеного закону зобов'язує навчальні заклади включати до навчальних програм відповідні курси з питань енергозбереження.

У 2010 році в Українській інженерно-педагогічній академії на базі кафедри теплоенергетичних установок ТЕС і АЕС була створена кафедра теплоенергетики і енергозбереження, перейменована у 2014 в кафедру теплоенергетики та енергозберігаючих технологій, яка викладає курси «Основи енерго- і ресурсозбереження», введені до навчальних планів усіх спеціальностей. Розроблені відповідні навчальні плани та робочі програми, особливістю яких є універсальний системний підхід до вирішення проблем енерго- і ресурсозбереження на рівні загальних основних фізичних процесів – механічних, гідрогазодинамічних, теплових і електричних, і подальше поглиблене вивчення цих проблем за окремими технічними (галузевими) напрямками промисловості і комунального господарства. На основі навчальних планів і програм розробляються оригінальні універсальні навчальні посібники та електронні навчально-методичні комплекси для ефективного вивчення дисципліни із застосуванням активних методів навчання (презентаційні лекції, проблемні практичні заняття з вирішенням реальних ситуаційних завдань, комплексні автоматизовані лабораторні роботи). Питання енерго- і ресурсозбереження відображаються в реальних курсових і дипломних проектах бакалаврів, спеціалістів і магістрів.

У дипломних проектах рішення щодо енерго- і ресурсозбереження можуть бути зв'язані як з технічними розділами, так і з економічним розділом та розділом з інтелектуальної власності (всі рішення повинні мати відповідне техніко-економічне обґрунтування і потенційний захист охоронними документами).

Активно розвивається лабораторна база, організовано центр науково-технічної творчості студентів з метою створення лабораторно-демонстраційних установок з енерго- і ресурсозбереження.

Таким чином забезпечується безперервна системна підготовка в області енерго- і ресурсозбереження для інженерів і інженерів-педагогів всіх профілів і спеціальностей: починаючи з молодших курсів (відповідні акценти в курсах введення до спеціальності, фізики, переклади спеціально підібраних текстів на заняттях з іноземної мови), протягом бакалаврської підготовки (спеціальні курси з основ енерго – і ресурсозбереження в галузі, віддзеркалення питань енерго- і ресурсозбереження в курсах спеціальних дисциплін і курсових проектах) і на фінішних етапах підготовки фахівців і магістрів, включаючи захист дипломних проектів і магістерських робіт.

Одним із завдань сучасної вищої школи є підготовка компетентних, конкурентоспроможних спеціалістів, які мають успішно справлятися з викликами нашого часу. При підготовці спеціалістів енергетичної галузі треба підкреслити, що значна частина тепломеханічного обладнання вже виробила нормативний і продовжений ресурси. Крім того, на разі збільшується частина обладнання, що внаслідок зростаючої нерівномірності графіка електричного навантаження експлуатується в маневрених режимах. Експлуатація енергоблоків у режимах пікового навантаження з великою кількістю пусків - зупинів особливо небезпечна в сучасних умовах скорочення обсягів планових ремонтів та збільшення міжремонтних періодів. Отже, питання енерго- і ресурсозбереження та пов'язані з ними питання експлуатаційної надійності й економічної ефективності включені до навчальних програм спеціальних дисциплін і висвітлюються викладачами випускаючих кафедр в процесі проведення занять за існуючими навчальними планами.

Метою роботи є аналіз існуючих напрацювань у напрямку енерго- і ресурсозбереження при вивченні спеціальних інженерних дисциплін та розробка матеріалів для формування, оновлення і закріплення у студентів теоретичних і практичних знань щодо енерго- і ресурсозбереження в галузі. Результати дослідження впроваджено і експериментально відпрацьовано у навчальному процесі в Українській інженерно – педагогічній академії.

Основна частина

«Парові і газові турбіни та комбіновані енергетичні установки» є однією з основних спеціальних дисциплін напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». Мета дисципліни - засвоєння теорії теплових процесів, конструкцій, умов і режимів експлуатації парових і газових турбін та парогазових установок, розуміння взаємозв'язку роботи парових і газових турбін з технологічними процесами іншого устаткування електростанцій.

При вивченні дисципліни «Парові і газові турбіни та комбіновані енергетичні установки» створюється фундамент для подальшого вивчення дисциплін циклу самостійного вибору та фахових дисциплін спеціальності; формується теоретична база загальної теплоенергетичної підготовки; здобувається технічний світогляд і елементи технічної ерудиції. Отриманні знання з дисципліни в подальшому будуть використані у процесі виконання дипломних і магістерських робіт.

Однією з тем дисципліни є вивчення внутрішнього ККД ступеня, що характеризує якість перетворення кінетичної енергії пари в енергію обертання валу для вироблення електроенергії.

Втратами, що суттєво знижують ККД ступеня парової турбіни, є втрати з витоками пари, які приводять до зниження потужності і економічності роботи турбіни (рис. 1 і рис. 2).

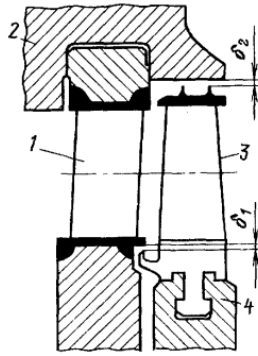


Рис. 1. Схема уцілення ступені: 1 – соплова решітка; 2 – корпус турбіни; 3 – робоча лопатка; 4 - диск

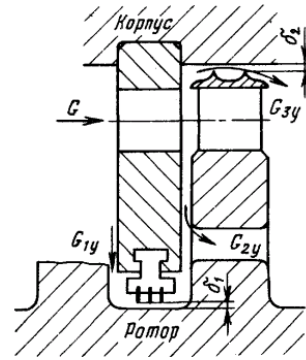


Рис. 2. Схема витоків у турбінному ступені

Частина пари $G_{1у}$ (рис. 2) із загальної кількості G , що підводиться до ступеня, проходить через зазор δ_1 між гребенями діафрагмених уцілень і валом, протікає між діафрагмою і диском до розвантажувальних отворів у диску, які виконуються для вирівнювання тисків по обидві сторони диску з метою зменшення осьового зусилля на упорний підшипник. Внаслідок того, що тиск $p_1 > p_2$, частина пари у кількості $G_{2у}$ і $G_{3у}$ проходить через розвантажувальні отвори і над бандажем. У деяких випадках, наприклад за відсутністю отворів, потік пари $G_{2у}$ має зворотний напрям: виникає підсисання пари до робочої решітки. Підсисання пари не тільки знижує ККД ступеня внаслідок витоків, але й порушує основний потік у робочій решітці. Для зменшення витоків у ступенях використовують ефективні та компактні лабиринтові уцілення, схема і принцип роботи яких показані на рис. 3. У зазорі між діафрагмою і валом встановлюються кільцеві гребені, Пара, проходячи між кінцем гребеня і валом, отримує кінетичну енергію, яка потім гаситься у розширювальній камері за гребенем та переходить у теплоту. У зазорі між діафрагмою і валом встановлюються кільцеві гребені, які розділяють зазор на ряд камер. Пара, проходячи між кінцем гребеня і валом, отримує кінетичну енергію, яка потім гаситься у розширювальній камері за гребенем та переходить у теплоту.

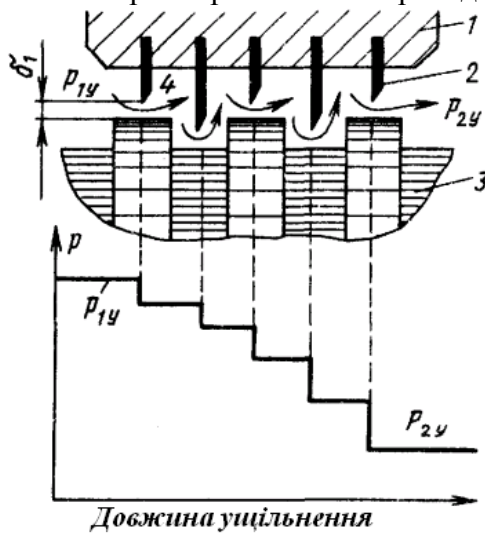


Рис. 3. Лабиринтові уцілення:

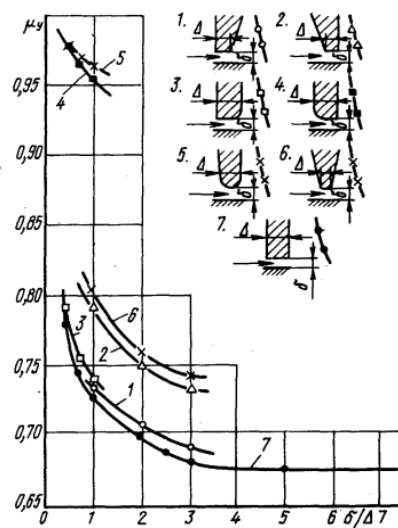


Рис 4. Криві залежності $\mu_y = f(\frac{\delta}{\Delta})$

По мірі руху пари вздовж ущільнення його тиск зменшується від p_{1y} до тиску p_{2y} .

Витрата пари через лабіринтові ущільнення буде залежати від тиску перед останнім гребенем, який буде, звичайно, меншим, ніж тиск перед ущільненням p_{1y} , внаслідок гідравлічного опору всіх попередніх гребенів. Витоку пари скрізь діафрагмене ущільнення можна визначити як

$$G_{1y} = \frac{\mu_y F_y k_y}{\mu_1 F_1 \sqrt{z}} G, \text{ кг/с}, \quad (1)$$

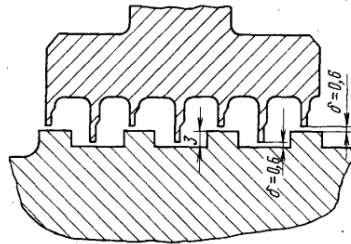


Рис. 5. Діафрагмове ущільнення

де μ_y – коефіцієнт витрати, який залежить від форми гребеню, його ширини Δ і розміру зазору (рис. 4); F_y – площа кільця, м^2 , для проходу пари під останнім гребішком, що визначається зазором δ ;

k_y – поправочний коефіцієнт;

G – витрата пари через ступінь;

F_1 – вихідна площа соплової решітки, м^2 ;

z – число гребенів ущільнення;

μ_1 – коефіцієнт витрати соплової решітки.

З формули (1) ми бачимо, що для ущільнення найбільший вплив чинять зазор δ в ущільненні, що визначає його площу $F_y = \pi \cdot d_y \cdot \delta$ (D_y - діаметр ущільнення), і форма гребенів. За умовами експлуатації зазори не можуть бути менші, ніж $\delta = 0,3 \div 0,6$ мм. Отже, витрати пари через лабіринтові ущільнення визначає форма гребенів.

У процесі роботи турбіни випадкові і тимчасові зачіпання в ущільненнях приводять до зносу гребенів і зміні їх форми, що збільшує витоки.

Розглянемо це на прикладі. Визначемо витрати від витоків для ступеня, якщо середній діаметр діафрагменого ущільнення (рис. 5) $D_y = 0,5$ м, зазор $\delta_1 = 0,6$ мм, первинна форма – гребень з гострими кромками. Витрату пари через ступень приймемо $G = 50$ кг/с. Площа зазору для проходу пари $F_y = 0,94 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

По відношенню $\delta / \Delta = 0,6 / 0,3 = 2$ за допомогою кривої 7 на рис. 4. знаходимо коефіцієнт витрати для зазорів $\mu_y = 0,69$. За числом гребенів $z = 7$ маємо, що протічка через діафрагмове ущільнення $G_{1y} = 0,89$ кг/с.

Якщо надбандажні ущільнення виконати так, як показано на рис. 1, і прийняти типові значення $\delta_2 = 1,5$ мм; $z = 2$, тоді витоки G_{3y} знайдемо за формулою

$$G_{3y} = \frac{\mu_y k_y F_y G}{\sqrt{z} \cdot F_1} \sqrt{\rho + 1,8 \frac{l}{d}} \text{ кг/с,} \quad (2)$$

де $\rho = 0,05$ – степінь реакції ступеня;

$l = 0,0239$ м – прийнята довжина робочої лопатки;

$d = 0,962$ м – діаметр ступеня; площа зазору $F_y = \pi(d + l)\delta_2 = 0,465 \cdot 10^{-3}$ м².

Тоді $G_{3y} = 0,25$ кг/с.

Сумарні витоки $G_y = G_{1y} + G_{3y} = 1,14$ кг/с.

Відносна витрата від витоків $\xi_y = \frac{G_y}{G} = 0,023 = 2,3\%$.

Оцінемо зміну ККД ступеня при розробці діафрагменого ущільнення до $\delta'_1 = 1$ мм, враховуючи, що при цьому гребені внаслідок зносу приймуть форму полукола (позиція 5 на рис. 4).

При розробці ущільнення витрата через нього збільшиться пропорційно змінам зазору і коефіцієнту μ'_y . Оскільки для розробленого ущільнення $\delta/\Delta=3,33$, то, екстраполюючи криву 5 на рис.4, оцінемо нове значення $\mu'_y = 0,92$. Витока через розроблене діафрагмене

ущільнення: $G'_{1y} = G_{1y} \cdot \frac{\mu'_y}{\mu_y} \cdot \frac{\delta'}{\delta} = 1,98$ кг/с. Сумарна витока $G'_y = G'_{1y} + G_{3y} = 2,23$ кг/с.

Втрата від витоків $\xi'_y = \frac{G'_y}{G} = 4,5 \%$.

Отже, втрати у порівнянні з нерозробленим ущільненням збільшуються на 2,2 %.

Відмітимо, що в ступенях з більшим ступінем реакції витоки будуть значно вищі, ніж в активних, оскільки вони мають ротор барабанної конструкції за відсутності діафрагм та ущільнення соплової решітки на радіусі барабану приблизно у 2 рази більші, ніж в активних турбінах.

Витоки у ступені мають тим більше значення, чим менший об'ємна витрата пари через ступень, оскільки при цьому відносна доля витоків зменшується [10].



Рис. 6. До визначення витрат пари через лабіринтові ущільнення натурального зразку ротору турбіни

Представлені матеріали використовуються при проведенні лекційних і практичних занять з дисципліни «Парові і газові турбіни та комбіновані енергетичні установки» напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». При проведенні лабораторних робіт визначаються витрати пари через лабіринтові ущільнення натурального зразку турбіни, виконуючи відповідні заміри і розрахунки по визначенню витоків через переднє і заднє кінцеві ущільнення (рис. 6).

Отже, поглиблене вивчення питань енерго- та ресурсозбереження у спеціальних дисциплінах буде сприяти формуванню у студентів «енергозберігаючого» стилю мислення та відповідних знань і умінь в енергетичній галузі. Дані уміння в подальшому закріплюються та формуються у навички на освітньо-кваліфікаційних рівнях спеціаліста та магістра при подальшому вивченні професійних дисциплін, у навчальні програми яких обов'язково включаються питання з енерго- та ресурсозбереження.

Висновки

1. Дисципліна «Основи енерго- і ресурсозбереження» є необхідною складовою професійної підготовки молодших спеціалістів, бакалаврів, спеціалістів та магістрів відповідного напрямку. Наприклад, в навчальний план підготовки бакалаврів з теплоенергетики вона включена в якості нормативної і відноситься до дисциплін професійного циклу.
2. Для практичної реалізації питань енерго- і ресурсозбереження при проведенні лекційних, практичних і лабораторних робіт викладачами спеціальних дисциплін кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій розроблені відповідні навчальні матеріали, які дозволяють якісно і ефективно проводити заняття і засвоювати практичні принципи енерго- і ресурсозбереження у різних галузях. Результати впроваджено у навчальному процесі в Українській інженерно – педагогічній академії.
3. Поглиблене вивчення питань енерго- та ресурсозбереження у спеціальних дисциплінах буде сприяти формуванню у студентів «енергозберігаючого» стилю мислення та відповідних знань і умінь в енергетичній галузі. Дані уміння в подальшому закріплюються та формуються у навички на освітньо-кваліфікаційних рівнях спеціаліста та магістра при подальшому вивченні професійних дисциплін, у навчальні програми яких обов'язково включаються питання з енерго- та ресурсозбереження.

Список використаної літератури:

1. Закон України «Про енергозбереження» від 26 липня 1994 року (згідно з Постановою Верховної Ради України від 1 липня 1994 року № 75/94-ВР).
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року N 1071.
3. Перспективи енергозабезпечення України в контексті світових тенденцій: монографія / Н. Г. Земляний, А. З. Дорошкевич, Т. В. Рязова та ін.; за заг. наук. ред. А. Шевцова. – Дніпропетровськ: РФ НІСД, 2008. – 208 с.

4. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали: у 2-х т. [Текст] / Редкол.: Б. С. Стогній та ін.; Інститут загальної енергетики НАН України. – Т. 2: Механізми реалізації політики енергозбереження [Текст] / М. І. Данилов, С. П. Денисюк, В. А. Жовтянський та ін.; за ред. В. А. Жовтянського та ін.. – Київ: Академперіодика, 2006. – 597 с.
5. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. реком. МОНУ / Ю. І. Бакалін. – 3-тє вид., доп. та перероб. – Харків: БУРУН і К, 2006. – 320 с.
6. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита [Текст] / В. М. Фокин. М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
7. Енергетика, довкілля, енергозбереження:/ Під заг. ред. проф. В. А. Маляренко [Текст] – Х.: Рубікон, 2004. – 368 с.
8. Каниук Г. И. О системе непрерывной подготовки инженеров и инженеров-педагогов различных профилей и специальностей в области энерго- и ресурсосбережения / Г. И. Каниук и др. // «Проблеми інженерно-педагогічної освіти», 2011, № 30–31. – С. 37–41.
9. Каниук Г. І. Концепція створення лабораторної бази навчального курсу «Основи енерго- і ресурсозберігання» / Г. І. Каниук та ін. // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки, 2013, №4. - С. 59-65.
10. Трухний, А. Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки [Текст] / А. Д. Трухний, Б. В. Ломакин. – М.: МЭИ, 2002. – 540 с.

References:

1. Закон України «Про енергозбереження» від 26 лютого 1994 року (згідно з Постановою Верховної Ради України від 1 лютого 1994 року № 75/94-ВР).
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2013 року N 1071.
3. Перспективи енергозабезпечення України в контексті світових тенденцій: монографія / Н. Н. Земліані, А. З. Дороскевич, Т. В. Ріаузова та ін.; за заг. наук. ред. А. Шевцова. – Дніпропетровськ: РІФ НІСД, 2008. – 208 с.
4. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали: у 2-х т. [Текст] / Редкол.: Б. С. Стогній та ін.; Інститут загальної енергетики НАН України. – Т. 2: Механізми реалізації політики енергозбереження [Текст] / М. І. Данилов, С. П. Денисюк, В. А. Жовтянський та ін.; за ред. В. А. Жовтянського та ін.. – Київ: Академперіодика, 2006. – 597 с.
5. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. реком. МОНУ / Ю. І. Бакалін. – 3-тє вид., доп. та перероб. – Харків: БУРУН і К, 2006. – 320 с.
6. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита [Текст] / В. М. Фокин. М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
7. Енергетика, довкілля, енергозбереження:/ Під заг. ред. проф. В. А. Маляренко [Текст] – Х.: Рубікон, 2004. – 368 с.
8. Каниук Г. И. О системе непрерывной подготовки инженеров и инженеров-педагогов различных профилей и специальностей в области энерго- и ресурсосбережения / Г. И. Каниук и др. // «Проблеми інженерно-педагогічної освіти», 2011, № 30–31. – С. 37–41.
9. Каниук Г. І. Концепція створення лабораторної бази навчального курсу «Основи енерго- і ресурсозберігання» / Г. І. Каниук та ін. // Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки, 2013, №4. - С. 59-65.
10. Трухний, А. Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки [Текст] / А. Д. Трухний, Б. В. Ломакин. – М.: МЭИ, 2002. – 540 с.

Прийнято до друку 28.11. 2019 р.