



№2 (150)

Грудень
2019 р.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИКА ЕНЕРГОАУДИТ



Energy saving · Power engineering · Energy audit

Загальнодержавний науково-виробничий та інформаційний журнал

Редакційна колегія

Головний редактор:

Мехович С. А. д-р екон. наук, проф., Харків, Україна

Заступник головного редактора:

Лазуренко О. П. канд. техн. наук, проф., Харків, Україна

Члени редакційної колегії:

Безпрозваних Г. В. д-р техн. наук, проф., Харків, Україна,
Бекбасв А. Б. д-р техн. наук, проф., Алма-Ата, Казахстан,
Болух В. Ф. д-р техн. наук, проф., Харків, Україна,
Ляшенко С. Н. д-р екон. наук, проф., Суми, Україна,
Клепиков В. Б. д-р техн. наук, проф., Харків, Україна,
Коциські Дьордь д-р екон. наук, проф., Мішкольц, Угорщина,
Мамаліс Анастасіє д-р техн. наук, проф., Афіни, Греція,
Мацевитий Ю. М. д-р техн. наук, проф., Харків, Україна,
Мінакова С. М. д-р екон. наук, проф., Харків, Україна,
Перерва П. Г. д-р екон. наук, проф., Харків, Україна,
Прокопенко О. В. д-р екон. наук, проф., Одеса, Україна,
Таранюк Л. М. д-р екон. наук, проф., Суми, Україна,
Томашевський Р. С. д-р техн. наук, доц., Харків, Україна,
Черенков О. Д. д-р техн. наук, проф., Харків, Україна,
Шевченко С. Ю. д-р техн. наук, проф., Харків, Україна,
Шутенко О. В. канд. техн. наук, доц., Харків, Україна.

Відповідальний секретар:

Крюкова Н. В. канд. техн. наук, доц., Харків, Україна.

Editorial board

Editor-in-Chief:

Mekhovich S. A. Dr. Sc. (Econ.), Prof. Kharkiv, Ukraine

Associate editor:

Lazurenko O. P. Ph. D. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine

Editorial board members:

Bezprozvanykh G. V. Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine,
Bekbayev A. B. Dr. Sc. (Tech.), Prof., Alma-Ata, Kazakhstan,
Bolyukh V. F. Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine,
Iliashenko S. M. Dr. Sc. (Econ.), Prof., Sumy, Ukraine,
Klepikov V. B. Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine,
Kocziszky G. Dr. Sc. (Econ.), Prof., Miskolts, Hungary,
Mamalis A. Dr. Sc. (Tech.), Prof., Athens, Greece,
Matsevityi Y. M. Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine,
Minakova S. M. Dr. Sc. (Econ.), Prof., Kharkiv, Ukraine,
Pererva P. G. Dr. Sc. (Econ.), Prof., Kharkiv, Ukraine,
Prokopenko O. V. Dr. Sc. (Econ.), Prof., Odesa, Ukraine,
Taraniuk L. M. Dr. Sc. (Econ.), Prof., Sumy, Ukraine,
Tomashevskiy R. S. Dr. Sc. (Tech.), As. Prof., Kharkiv, Ukraine,
Cherenkov A. D. Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine,
Shevchenko S. Y. Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine,
Shutenko O. V. Ph. D. (Tech.), As. Prof., Kharkiv, Ukraine.

Responsible secretary:

Krukova N. V. Ph. D., As. Prof., Kharkiv, Ukraine.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації Серія КВ № 16921-5691ПП від 15.07.2010 р.

Журнал засновано: постанова Кабінету Міністрів України від 17.11.1997 р. №1287

Засновники:

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Північно-східна енергетична компанія «СВЕКО»
Реєстраційне свідоцтво АОО № 171256 від 06.08 2004 р.

© Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2019

ISSN 2313-8890 (Online), ISSN 2218-1849 (Print)

ЗМІСТ

ЕНЕРГЕТИКА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

<i>Кирисов І. Г.</i> Аналіз впливу грозових перенапруг на повітряні лінії електричних мереж України	3
<i>Воловик Ю. И.</i> Розділення витрат на паливо при комбінованому виробництві електричної та теплової енергії	10
<i>Каниук Г. И., Мезеря А. Ю., Мельников В. Е.</i> Наукове обґрунтування та нормативне забезпечення енергоефективних режимів роботи систем автоматичного регулювання гідроенергетичних установок	22
<i>Круглякова О. В., Чубарова В. В.</i> Визначення ефективності градирні бризкального типу з урахуванням поверхні крапель розпиленої води	31
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	
<i>Каниук Г. И., Фурсова Т. М.</i> Питання енерго- і ресурсозбереження при вивченні спеціальних дисциплін	37
<i>Анахов П. В.</i> Швидке оцінювання доцільності використання енергетичного потенціалу власних коливань водойми	45
<i>Самойлик О. В., Курбака Г. В., Дудник М. В.</i> Аналіз балансу потужності локальної системи електропостачання на базі поновлювальних джерел енергії та акумуляторних батарей	51
ЕКОНОМІКА, ОРГАНІЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ	
<i>Бабенко В. О.</i> Теоретико-методичні питання оптимізації управління інноваційною діяльністю підприємств	59
<i>Мехович С. А.</i> Стратегія регіональної кластерної політики та її вплив на розвиток виробничих зв'язків в економічній системі	73
<i>Мехович С. А., Сікстіна Н. Г.</i> Формування адаптаційних зв'язків промислових підприємств в інноваційному кластері	85
НКРЕ – ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ	
Про основні показники роботи паливно-енергетичного комплексу	92
Подання матеріалів статей до журналу	105

TABLE OF CONTENTS

POWER ENGINEERING, ENERGY EFFICIENCY

<i>Kirisov I.</i> Analysis of lightning surge influence on ukrainian electric network power lines	3
<i>Volovik Y.</i> Division of fuel cost in cogeneration of electrical and thermal energy	10
<i>Kaniuk G., Mezerya A., Melnikov V.</i> Scientific substantiation and normative support of systems automatic regulation hydrogenerating installations energy-efficient modes operation	22
<i>Krugliakova O., Chubarova V.</i> Determination of spray type cooling tower efficiency taking into account an actual surface of sprayed water drops	31
ENERGY SAVING	
<i>Kaniuk G., Fursova T.</i> Issues of energy and resource saving in studying of special disciplines	37
<i>Anakhov P.</i> Fast feasibility assessment of water bodies free oscillations energy potential use	45
<i>Samojlyk O., Kurbaka G., Dudnyk M.</i> Analysis of local power supply system power balance based on renewable energy sources and storage batteries	51
ECONOMY, ORGANIZATION AND MANAGEMENT	
<i>Babenko V.</i> Theoretical and methodological issues of enterprises innovative activity management optimization	59
<i>Mekhovich S.</i> Strategy of regional cluster policy and its impact on the development of production linkages in the economic system	73
<i>Mekhovich S., Siketina N.</i> Formation of industrial enterprises adaptation links at innovative cluster	85
NERC - PROBLEMS AND SOLUTIONS	
The main performance indicators of the fuel and energy complex	92
Submission of journal articles	105

Розцінки на рекламу у журналі

Рекламний блок	Размір блоку, характеристики	Розцінки, грн
Обкладинка, перша сторінка (колір)	1 смуга	5000
Обкладинка, друга, третя, четверта сторінка (колір)	1 смуга	5000
Обкладинка, друга, третя, четверта сторінка (колір)	1/2 смуги	2500
Рекламні блоки (чорно-білі) у текстовій частині журналу	1 смуга	1500
Рекламні блоки (чорно-білі) у текстовій частині журналу	1/2 смуги	750
Рекламні блоки (чорно-білі) у текстовій частині журналу	1/4 смуги	350
Рекламні блоки (чорно-білі) у текстовій частині журналу	1/8 смуги	200

Редакція не несе відповідальності за достовірність інформації, що публікується у рекламних об'явах

Рекламу надсилати поштою або надавати електронну версію, адреса електронної пошти:

E-mail: sm261245@gmail.com

Сайт: <http://eee.khpi.edu.ua>

22 РОКИ НА ЕНЕРГЕТИЧНОМУ РИНКУ УКРАЇНИ
1997-2019 р.р.

Журнал видається за підтримки:

**Державного агентства енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності);
Національної комісії, що здійснює регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП);
Харківської обласної державної адміністрації;
Української асоціації інженерів-електриків;
Науково-технічного Союзу енергетиків і електротехніків України;
Академії наук Вищої освіти України (секція енергетики та ресурсозбереження);
Всеукраїнської громадянської організації
«Асоціація вчених за інноваційний розвиток України».**

Журнал є електронним та розповсюджується публічно.

Передрук матеріалів з журналу здійснюється за погодженням з редакцією журналу.

Головний редактор

С. А. Мехович,

доктор економічних наук, професор,
Академік АН вищої освіти України,
Віце-президент Всеукраїнської
Громадської організації «Асоціація
вчених за інноваційний розвиток
України»

Заступник головного редактора

О. П. Лазуренко,

канд. техн. наук, професор

Відповідальний секретар

Н. В. Крюкова,

канд. техн. наук, доцент

Періодичність - 1 раз на місяць

Тираж 300 екземплярів.

Адреса редколегії та видавця:

вул. Кирпичова, 2

м. Харків, 61002.

Тел. +3 8050 4026212

E-mail: sm261245@gmail.com

Сайт: <http://eee.khpi.edu.ua>

Надруковано в друкарні

ФОП Шейніна О.В.

Свідоцтво про внесення суб'єкта
видавничої справи до Державного
реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої
продукції ДК № 2779 від 28.02.2007
вул. Слов'янська, 3, м. Харків,
Україна, 61052.

Рекомендовано до друку

Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 10 від 29.11.2019 р.

Підписано до друку 30.12.2019 р.

Формат 60 × 84¹/₈. Друк цифровий.

Ум. друк. арк. 3,93 Навч-вид. арк. 4,02

Вид. № -04. Зак. № 2111

© ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ·

ЕНЕРГЕТИКА · ЕНЕРГОАУДИТ

*Загальнодержавний науково-
виробничий і інформаційний журнал*

Мова видання:

Українська, англійська, російська

Кирисов Ігорь Геннадійович, асистент кафедри автоматизації енергетичних процесів
Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, Україна. вул. Університетська 16, 61003

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГРОЗОВИХ ПЕРЕНАПРУГ НА ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ

В статті розглядаються питання впливу грозових перенапруг на повітряні лінії. Визначені можливі наслідки при ударі блискавки у різні елементи повітряної лінії. Запропоновані варіанти вирішення проблеми, які виникають в наслідок удару блискавки у повітряну лінію. Зазначено, що джерелом грозових перенапруг є природна електрика грозових хмар, яка у вигляді блискавки уражає об'єкти на землі. Показано, що хвилі перенапруги, які виникають у струмоведучих частинах під час ударів блискавки, поширюються, проникаючи в обмотки трансформаторів, машин, впливаючи на ізоляцію ліній і апаратів. Час впливу атмосферних перенапруг дуже малий (від одиниць до сотень мільйонних часток секунди), однак величина цих перенапруг за відсутності спеціальних заходів захисту може сягати мільйонів вольтів. Обґрунтовано, що головною небезпекою для лінії є прямий удар блискавки у фазні проводи з подальшим перекриттям ізоляції від перенапруг, що виникають при цьому. Після закінчення імпульсу струму блискавки на місці перекриття залишається провідний канал з газом, який не встиг деіонізуватися, по якому під дією робочої напруги може продовжувати протікати струм промислової частоти. В процесі ліквідації замикань на лінії, викликаних грозою, витрачається ресурс роботи вимикачів; трансформатори та інші устаткування мережі піддаються електродинамічним і термічним діям струмів короткого замикання. Значна частина замикань супроводжується подальшим розвитком аварії, що вимагає відключення лінії на тривалий термін з порушенням нормального електропостачання споживачів. Ймовірність грозового відключення лінії залежить від багатьох причин: інтенсивності грозової діяльності в районах, розташованих уздовж траси лінії, номінальної напруги мережі, її конструкції, матеріалу опор та ін. Показано, що ефективність блискавкозахисту визначають окремо для розрахункових випадків ураження лінії. Запропоновано заходи, що визначають ефективність блискавкозахисту окремо для розрахункових випадків ураження та які здатні запобігти безпосереднім ударам блискавки в захищені об'єкти і організувати протікання струмів блискавки по безпечному шляху. Визначено окремі місця ліній, які вимагають додаткових заходів захисту.

Ключові слова: грозозахист; блискавка; надійність; електрична мережа; захист.

Кирисов Игорь Геннадьевич, ассистент кафедры автоматизации энергетических процессов
Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков, Украина. Ул. Университетская 16, 61003

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ УКРАИНЫ

В статье рассматриваются вопросы воздействия грозовых перенапряжений на воздушные линии. Определены возможные последствия при ударе молнии в различные элементы воздушной линии. Предложенные варианты решения проблемы, которые возникают в результате удара молнии в воздушную линию. Указано, что источником грозовых перенапряжений является природное электричество грозовых туч, которая в виде молнии поражает объекты на земле. Показано, что волны перенапряжения, возникающие в токоведущих частях при ударах молнии, распространяются, проникая в обмотки трансформаторов, машин, воздействуя на изоляцию линий и аппаратов. Время воздействия атмосферных перенапряжений очень мал (от единиц до сотен миллионных долей секунды), однако величина этих перенапряжений при отсутствии специальных мер защиты может достигать миллионов вольт. Обосновано, что главной опасностью для линии является прямой удар молнии в фазные провода с последующим перекрытием изоляции от перенапряжений, возникающих при этом. После окончания импульса тока молнии на месте перекрытия остается ведущий канал с газом, который не успел деионизироваться, по которому под действием рабочего напряжения может продолжаться протекать ток промышленной частоты. В процессе ликвидации замыканий на линии, вызванных грозой, расходуется ресурс работы выключателей; трансформаторы и другое оборудование сети подвергаются электродинамическим и термическим действиям токов короткого замыкания. Значительная часть замыканий сопровождается последующим развитием аварии, что требует отключения линии на длительный срок с нарушением нормального электроснабжения потребителей. Вероятность грозового отключения линии зависит от многих причин: интенсивности грозовой деятельности в районах, расположенных вдоль трассы линии, номинального напряжения сети, ее конструкции, материала опор и др. Показано, что эффективность молниезащиты определяют отдельно для расчетных случаев поражения линии. Предложены меры, определяющие эффективность молниезащиты отдельно для расчетных случаев поражения и которые способны предотвратить непосредственные удары молнии в защищаемые объекты и организовать

протекание токов молнии по безопасному пути. Определены отдельные места линий, которые требуют дополнительных мер защиты.

Ключевые слова: молниезащита; молния; надежность; электрическая сеть; защита.

Kirisov Igor Gennadevich, assistant of energy processes automation department
Ukrainian engineer-pedagogical academy, Kharkiv, Ukraine. Str. Universitetska 16, 61003

ANALYSIS OF LIGHTNING SURGE INFLUENCE ON UKRAINIAN ELECTRIC NETWORK POWER LINES

The article discusses the impact of lightning surges on overhead lines. The possible effects of lightning in different elements of the overhead lines. Proposed solutions to the problems that arise as a result of a lightning strike to the overhead line. Provided that the source of the lightning overvoltage is the natural electricity of the thunderstorm clouds, which in the form of lightning to hit targets on the ground. It is shown that the wave surge occurring in the current-carrying parts when lightning strikes, distributed, penetrating into the windings of transformers, machines, affecting the insulation lines and equipment. The time of exposure to atmospheric overvoltage is very small (from a few to hundreds millionths of a second), but the magnitude of these overvoltages in the absence of special measures of protection may reach millions of volts. It is proved that the main danger for the line is a direct lightning strike to the phase conductor, with subsequent overlap of insulation from over-voltages that occur at the same time. After the end of the lightning current pulse in the overlap remains the leading channel with the gas, which had not deansoffice, which under the action of operating voltage may continue to leak current of industrial frequency. In the process of elimination of the fault line caused by lightning, consumed the life of the switches; transformers and other network equipment are subjected elektrodynamik and thermal action of short circuit currents. A significant part of the circuit is followed by the development of the accident that requires a trip line for a long time with the disruption of the normal supply. The probability of a storm off of a line depends on many factors: the intensity of storm activity in the areas along the highway line, the nominal voltage of the network, its design, material of supports etc. Shown that the effectiveness of lightning protection is determined separately for the estimated cases of damage of the line. The proposed actions, determining the effectiveness of lightning protection is calculated separately for cases of damage and which is capable of preventing direct lightning strikes to the protected objects and to organize the flow of lightning currents at a safe way. Define a single space lines, which require additional protection measures.

Keywords: lightning; reliability; electrical network protection.

Вступ

Дослідження провідних вчених свідчать, що клімат України, протягом останніх десятиліть вже почав змінюватися і згідно результатів моделювання – для території України в майбутньому продовжуватиметься зростання температури повітря та відбуватиметься зміна кількості опадів протягом року [2]. Чималої шкоди сільському господарству, населенню та електроенергетичній галузі України завдають несприятливі метеорологічні явища. Вони мають значну територіальну відмінність та інтенсивність, по-різному виявляються в певні пори року. У теплий період часто проходять грози, кількість яких на рівнинній частині становить 23–30 на рік. Гроза несе значну небезпеку. За даними Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки МНС України щорічно по Україні відбувається порядку 1600 пожеж від грозових розрядів блискавки [3]. Блискавка являє собою природне явище, яке приносить величезний збиток економіці України. Цей збиток пов'язаний і з безпосереднім ураженням людей і тварин, і з пожежами в житлових і виробничих приміщеннях, з вибухами небезпечних об'єктів, з виникненням лісових пожеж.

Удари блискавки в лінії електропередачі або поблизу них призводять до появи імпульсних перенапруг, небезпечних як для ізоляції самих ліній, так і для електрообладнання підстанцій. Значний матеріальний збиток пов'язаний і з непрямим впливом грозових розрядів. Він обумовлений порушеннями технологічних процесів внаслідок виходу з ладу систем технологічного управління, мікропроцесорних та комп'ютерних пристроїв управління, регулювання, вимірювання, сигналізації тощо.

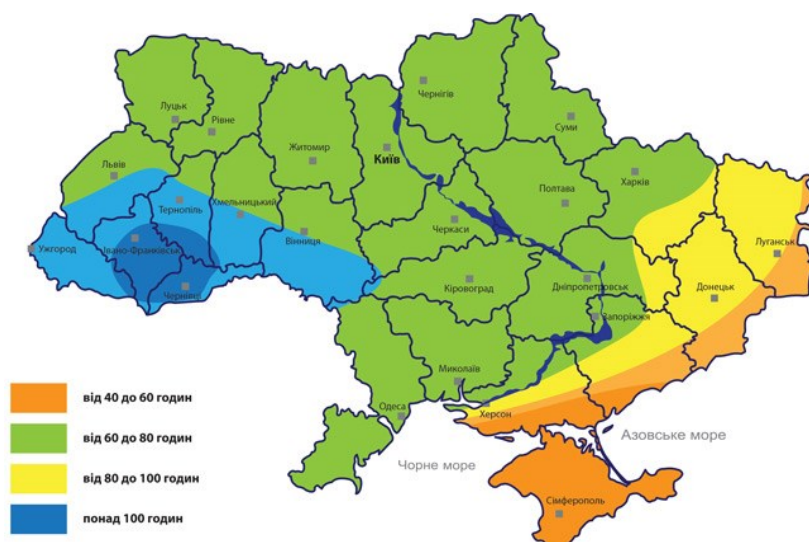


Рис. 1 Середньорічна тривалість гроз в Україні

Основною причиною виходу з ладу ізоляції об'єктів електроенергетики, перерви в електропостачанні і витрат на його відновлення до теперішнього часу є ураження блискавкою об'єктів електроенергетики [3].

Основна частина

Джерелом грозових перенапруг є природна електрика грозових хмар, яка у вигляді блискавки уражає об'єкти на землі. Хвилі перенапруги, що виникають у струмоведучих частинах під час ударів блискавки, поширюються, проникаючи в обмотки трансформаторів, машин, впливаючи на ізоляцію ліній і апаратів. Час впливу атмосферних перенапруг дуже малий (від одиниць до сотень мільйонних часток секунди), однак величина цих перенапруг за відсутності спеціальних заходів захисту може сягати мільйонів вольтів.

Повітряні лінії щорічно вражаються десятками прямих ударів блискавки на 100 км за 100 грозових годин. Головною небезпекою для лінії є прямий удар блискавки у фазні проводи з подальшим перекриттям ізоляції від перенапруг, що виникають при цьому. Після закінчення імпульсу струму блискавки на місці перекриття залишається провідний канал з газом, який не встиг деіонізуватися, по якому під дією робочої напруги може продовжувати протікати струм промислової частоти.

В процесі ліквідації замикань на лінії, викликаних грозою, витрачається ресурс роботи вимикачів; трансформатори та інше устаткування мережі піддаються електродинамічним і термічним діям струмів короткого замикання. Значна частина замикань супроводжується подальшим розвитком аварії, що вимагає відключення лінії на тривалий термін з порушенням нормального електропостачання споживачів.

Ймовірність грозового відключення лінії залежить від багатьох причин: інтенсивності грозової діяльності в районах, розташованих уздовж траси лінії, номінальної напруги мережі, її конструкції, матеріалу опор і т. д.

З підвищенням класу напруги лінії, як правило, збільшуються її довжина, висота опор, а отже, і ймовірність ураження лінії блискавкою, тому на лініях електропередачі вищих класів напруги, які виконуються на металевих і залізобетонних опорах, зазвичай підвішують блискавкозахисні троси з малим кутом захисту, що забезпечує малу ймовірність ураження блискавкою фазних проводів лінії, а достатньо малий імпульсний опір заземлення опор знижує ймовірність зворотного перекриття з опори на провід під час удару блискавки в опору або трос поблизу опори (рис. 2).

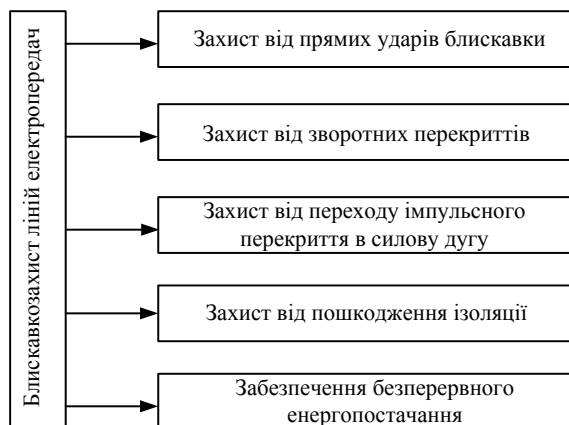


Рис. 2. Класифікація задач блискавкозахисту ліній електропередач [4]

Ефективність блискавкозахисту визначають окремо для розрахункових випадків ураження лінії (рис. 3 і рис. 4):

Високу надійність блискавкозахисту повітряних ліній електропередачі забезпечують такі заходи: підвищення блискавкозахисних тросів з достатньо малими кутами захисту; зниження імпульсного опору заземлення опор; підвищення імпульсної міцності ізоляції ліній і зниження ймовірності встановлення дуги (зокрема, використання дерев'яних траверс і опор); застосування ізольованої нейтралі або дугогасильного реактора; використання автоматичного повторного ввімкнення ліній [4].

Розраховані за методикою [3], питомі числа грозових відключень під час різних видів ураження лінії показують, що порядок отриманих оцінок сумарного питомого числа відключень n_{Σ} , в основному, узгоджується з даними на основі досвіду експлуатації (табл. 2 і рис. 5).

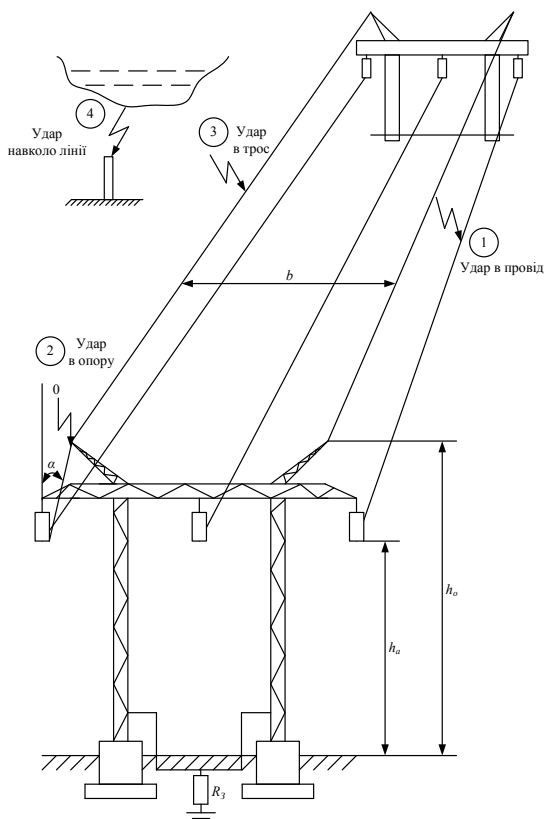


Рис. 3. Розрахункові випадки ураження лінії з тросами блискавкою [3]

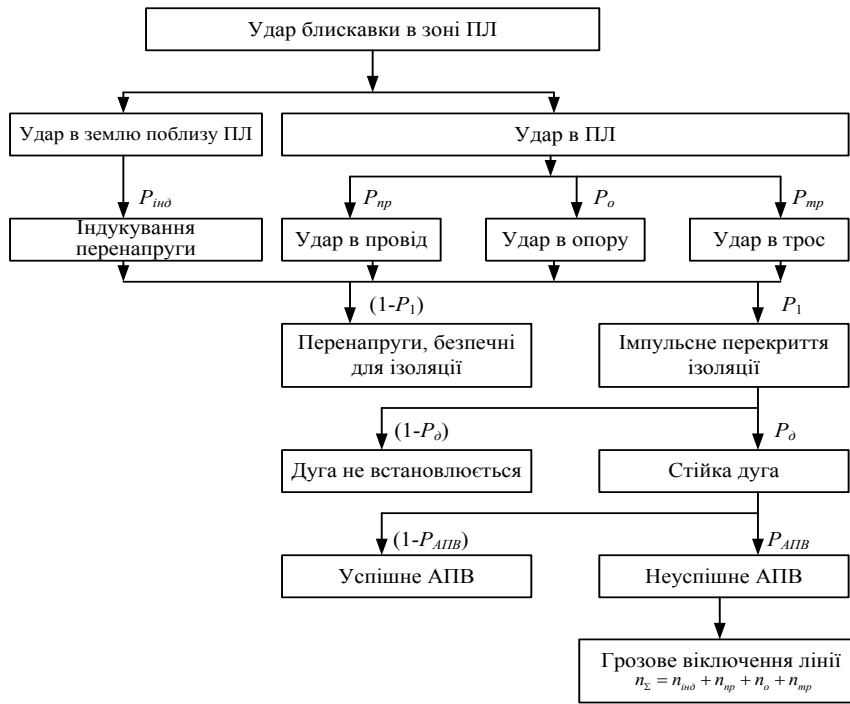


Рис. 4 Логічна схема розвитку грозових аварій ПЛ 110 кВ [4]

Відносний розподіл між кількістю відключень: 1 – прорив блискавки на провід n_{nr} ; 2 – удари блискавки в вершину опору n_o ; 3 – удари блискавки в трос n_{tr} ; 4 – індуквані перенапруги n_{ind} ; а) ПЛ–750 кВ, 1 ланцюг; б) ПЛ–500 кВ, 2 ланцюги; в) ПЛ–330 кВ, 1 ланцюг; г) ПЛ–220 кВ, 2 ланцюги; д) ПЛ–220 кВ, 1 ланцюг; е) ПЛ–110 кВ, 2 ланцюги; ж) ПЛ–110 кВ, 1 ланцюг. Лінії 35 кВ на металевих опорах захищаються тросами лише в особливо відповідальних випадках. Зазвичай вони і без тросів виявляються грозостійкими.

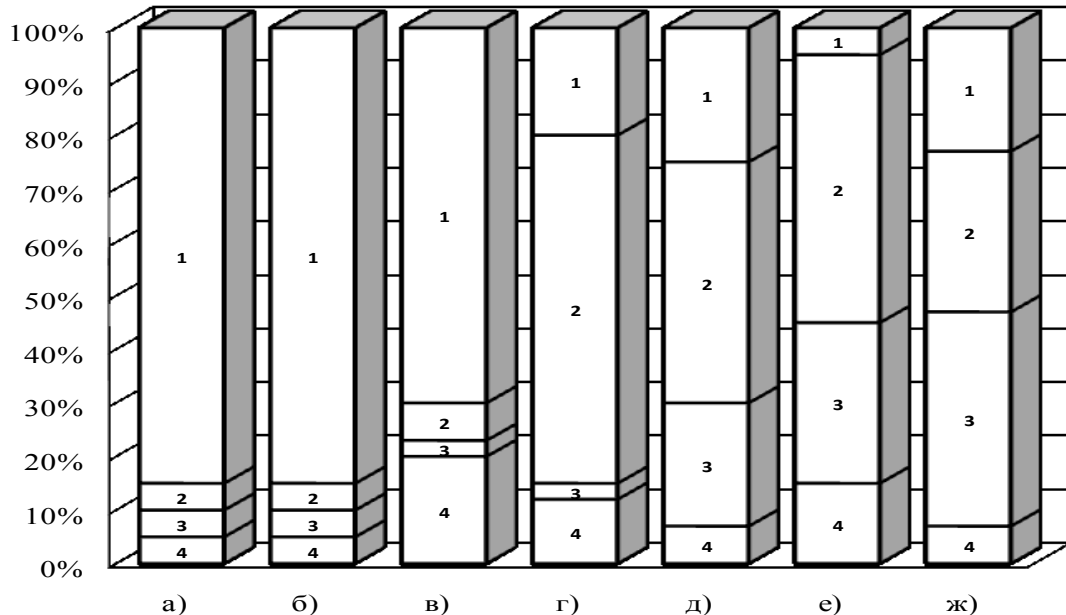


Рис. 5. Діаграма ймовірного числа відключень ліній різних класів напруг n_{Σ} на 100 км і 100 грозових годин[3]

Як наголошувалося вище, основними блискавкозахисними заходами тут є використання ізольованої нейтралі або дугогасильного реактора, а також АПВ. Як видно з

Табл. 3, де наведені типові характеристики ліній 6–35 кВ і оцінки питомого числа грозових відключень за різних розрахункових дій, для ліній 35 кВ на металевих опорах вже істотна частка відключень визначається індукованими перенапругами.

Лінії 35 кВ на дерев'яних опорах мають вищу надійність блискавкозахисту за рахунок використання високої імпульсної міцності дерева. Наведені в табл. 3 значення питомого числа їх відключень мають орієнтовний характер, оскільки імпульсна міцність дерева, за літературними даними, може змінюватися в два – три рази залежно від ступеня зволоження і стану деревини. Крім того, опір заземлення залізобетонних пасинків на дерев'яних опорах, які не мають струмовідвідних спусків, не нормується, що може привести до великого розкиду його значень на реальній лінії.

Лінії 3–20 кВ як на металевих, так і на дерев'яних опорах також не мають тросового захисту і захищаються від грозових дій за допомогою дугогасильного реактора або ізольованої нейтралі і АПВ. На опорах з ослабленою ізоляцією, з підвищеною ймовірністю грозового ураження доцільно встановлювати вентиляльні розрядники або ОПН [4].

Таблиця 2

Характеристики грозозахисту ВЛ 110–750 кВ

Номинальна напруга, кВ	110	110	220	220	330	500	750
Матеріал опор	З/бетон	Метал	З/бетон	Метал	Метал	Метал	Метал
Марка проводів	АС-120	АС-150	АСО-330	АСО-330	2АСО-400	3АСО-400	4АСУ-400
Кількість і тип ізоляторів на опорі	8ПС6-Б	8ПС6-Б	14ПС6-Б	14ПС6-Б	22ПС6-Б	28ПС12-А	2x41ПС12-А
Захисний кут троса α , град.	31,2	20,7	29,0	24,2	22,6	22,7	24,7
Імпульсний опір заземлення опор R_{zi} , Ом	20	15	15	10	10	10	10
Питоме число прямих ударів блискавки в рік для $T_q=100$ год. і при довжині лінії $l=100$ км– $N_{публ}$ уд/100 км 100 год.	100	165	182	227	153	174	207
Питоме число відключень лінії в рік під час удару блискавки у провід n_{np} , 1/рік	0,06	0,06	0,23	0,18	0,22	0,11	0,063
Питоме число відключень лінії в рік під час удару блискавки в опору n_o , 1/рік	0,81	1,73	0,41	0,45	0,002	<0,001	<0,001
Питоме число відключень лінії в рік під час удару блискавки у трос n_{tp} , 1/рік	0,43	0,89	0,13	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Питоме число відключень лінії в рік унаслідок індукованих перенапруг n_{ind} , 1/рік	0,25	0,38	0,03	0,04	0,003	<0,001	<0,001
Питоме число грозових відключень лінії в рік n_{Σ} , 1/рік	1,55	3,06	0,80	0,68	0,23	0,11	0,066

Окремі місця ліній вимагають додаткових заходів захисту: перетини ліній електропередачі між собою; перетини ліній електропередачі з лініями зв'язку, трамвайними лініями і лініями електрифікованої залізниці; опори ліній електропередачі з пониженою електричною міцністю ізоляції (dielectric strength); високі опори перехідних прогонів; відгалуження до підстанцій на відпайках і секційні роз'єднувачі на лініях; кабельні вставки на лініях.

Характеристики блискавкозахисту ПЛ 6–35 кВ

Номинальна напруга $U_{ном}$, кВ	6	6	35	35
Матеріал опор	дерево	з/бетон	дерево	метал
Марка проводів	АС-50	АС-70	АС-95	АС-120
Кількість і тип ізоляторів на опорі	ШС10-А	ШС10-А	2ПС6-Б	3ПС6-Б
Імпульсний опір заземлення опор $G_{із}$, Ом	40	40	30	20
Питоме число прямих ударів блискавки ппубл в рік за $T_{ч}=100$ год. І довжині лінії $l=100$ км	55	50	66	96
Питоме число відключень лінії в рік під час прямих ударів блискавки ппуб, 1/рік	3,6	13,0	0,55	7,9
Питоме число відключень лінії в рік під час індукованих перенапруг пінд, 1/рік	0,001	7,3	0,001	1,3
Питоме число грозових відключень лінії $n_s=n_{пуб}+n_{інд}$, 1/рік	3,6	20,0	0,55	9,2

Висновки

Захисту об'єктів електроенергетики від прямих ударів блискавки і від перенапруг завжди приділялася велика увага. З метою такого захисту використовуються блискавководводи, обмежувачі перенапруг, розрядники, відповідні системи заземлення. Мета цих заходів – запобігти безпосередні удари блискавки в захищені об'єкти і організувати протікання струмів блискавки по безпечному шляху.

Список використаної літератури:

1. Базелян Э. М. Физические и инженерные основы молниезащиты / Базелян Э. М., Горин Б. Н., Левитов В. И. – Л. : Гидрометеоздат, 1976. – 223 с.
2. Шевченко О. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна Кліматичний форум східного партнерства О. Шевченко Друк: Муфлаер, Київ: 2014, 74 с.
3. Свіридов М. І. Аналіз грозозахисту елементів електричної мережі [Електронний ресурс] / М. І. Свіридов // Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 23–24 березня 2016 р.
4. Собчук, В. С. Перенапруги і блискавкозахист в електричних системах [Текст] : навч. посіб. / В. С. Собчук, Н. В. Собчук, О. Б. Бурикін ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2010. – 145 с.

References:

1. Bazelian Э. М. Fyzycheskye y ynzhenernye osnovy molnyezashchyty / Bazelian Э. М., Horyn B. N., Levytov V. Y. – L.: Hydrometeoyzdat, 1976. – 223 s.
2. Shevchenko O. Otsinka vrazlyvosti do zminy klimatu: Ukraina Klimatychnyi forum skhidnoho partnerstva / O. Shevchenko. – Druk: Myflaer, Kyiv: 2014, 74 s.
3. Sviridov M. I. Analiz hrozozakhystu elementiv elektrychnoi merezhi [Elektronnyi resurs] / M. I. Sviridov // Materialy XLV Naukovo-tekhnichnoi konferentsii VNTU, Vinnytsia, 23–24 bereznia 2016 r.
4. Sobchuk V. S. Perenapruhy i blyskavkozakhyst v elektrychnykh systemakh [Tekst] : navch. posib. / V. S. Sobchuk, N. V. Sobchuk, O. B. Burykin ; Vinnyts. nats. tekhn. un-t. - Vinnytsia: VNTU, 2010. – 145 s.

Прийнята до друку 11.11.2019 р.

Воловик Юрий Иванович, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
Киев, Украина, Киев-70, пер. Зелинского, д.8, кв.7, тел. 044 425 49 62, E-mail: yu-i-volovik@yandex.ua

РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗДЕРЖЕК НА ТОПЛИВО ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Предложена методология разделения издержек на топливо при выработке электрической и тепловой энергии комбинированным способом. Показано, что преимущества комбинированного способа выработки электрической и тепловой энергии не реализуются в настоящее время полностью из-за несогласованности энергетической и экономической сторон комбинированного производства. Принципиальные трудности связаны с разделением расхода топлива между вырабатываемыми видами продукции, без чего нельзя определить их себестоимость. Это не позволяет обосновано формировать тарифы на выпускаемую продукцию, что приводит к снижению конкурентоспособности комбинированных производств и не способствует их техническому совершенствованию. Проблемы, имеющие место при комбинированном использовании тепловой энергии, обусловлены несовершенством теоретических основ экономики теплоэнергетики. Это относится к установлению стоимости тепловой энергии после частичной реализации ее в форме работы. Применяемые в теплоэнергетике предпосылки для установления стоимости джоулей тепловой энергии, неоднозначны и не обоснованы. Они исходят из положений термодинамики и не связаны с экономикой производства. Показано, что основывающиеся на таких предпосылках методы разделения расхода топлива (физический, эксергетический, нормативный и др.) не могут быть использованы при установлении себестоимости энергетической продукции, вырабатываемой комбинированным способом. В статье предложен научно обоснованный метод разделения издержек, понесенных на топливо, который может быть использован при расчетах себестоимости электрической и тепловой энергии, вырабатываемой комбинированным способом. Показано, что разделение издержек, понесенных на топливо, и разделение расхода топлива фактически это одна и та же проблема. Проведено углубленное изучение ее с позиций экономики.

Ключевые слова: тепловая и электрическая энергия; когенерация; издержки на топливо; себестоимость.

Воловик Юрій Іванович, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,
Київ, Україна, Київ-70, пров. Зелінського, б.8, кв.7, тел. 044 425 49 62, E-mail: yu-i-volovik@yandex.ua

РОЗДІЛЕННЯ ВИТРАТ НА ПАЛИВО ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Запропоновано методологію до розділення витрат на паливо при виробництві електричної і теплової енергії комбінованим способом, де собівартість теплової енергії, її властивості та термодинамічний процес її використання розглядаються у взаємозв'язку. Вказано, що переваги комбінованого способу вироботки електричної та теплової енергії не реалізуються в наступний час повністю тому, що неузгоджені енергетична та економічна сторони комбінованого виробництва. Принципові труднощі пов'язані з розділенням споживання палива між видами продукції, без чого неможливо встановити їх собівартість. Це не дозволяє обґрунтовано формувати тарифи на продукцію, що приводить до зниження конкурентоспроможності комбінованих виробництв. Проблеми, що мають місце при комбінованому використанні теплової енергії, обумовлені недосконалістю теоретичних основ економіки теплоенергетики. Це відноситься до встановлення вартості теплової енергії після часткової реалізації її в формі роботи. Це відноситься до встановлення вартості теплової енергії після часткової реалізації її в формі роботи. Застосовувані в теплоенергетиці передумови для встановлення вартості джоулів теплової енергії, неоднозначні і не обґрунтовані. Вони виходять з положень термодинаміки і не пов'язані з економікою виробництва. Показано, що ґрунтуються на таких передумовах методи поділу витрат палива (фізичний, ексергетичний, нормативний і ін.) не можуть бути використані при встановленні собівартості енергетичної продукції, що виробляється комбінованим способом. У статті запропоновано науково обґрунтований метод поділу витрат, понесених на паливо, який може бути використаний при розрахунках собівартості електричної і теплової енергії, що виробляється комбінованим способом. Показано, що поділ витрат, понесених на паливо, і поділ витрат палива фактично це одна і та ж проблема. Проведено поглиблене вивчення її з позицій економіки.

Ключові слова: теплова та електрична енергія; когенерация; витрати на паливо; собівартість.

Volovik Yuriy Ivanovich, Cand. Sc. (Eng), SRF,

Kyiv, Ukraine, Kyiv-70, lane Zelinskoho, b.8, f.7, tel: 044 425 49 62, E-mail: yu-i-volovik@yandex.ua

DIVISION OF FUEL COST IN COGENERATION OF ELECTRICAL AND THERMAL ENERGY

The proposed methodology of separating the costs of the fuel while generating electricity and thermal energy combined method. It is shown that the advantages of the combined method of generating electrical and thermal energy are not implemented currently completely because of inconsistencies of energy and economic sides combined. Fundamental difficulties associated with the division of fuel consumption between produced products, without which it is impossible to determine their cost. It does not allow a feasible forming of tariffs on manufactured products, which leads to lower competitiveness of the combined production and does not contribute to technical improvement. The problems of combined use of thermal energy caused by the imperfection of the theoretical foundations of Economics of the power system. It refers to the establishment of cost of thermal energy after the partial implementation of it in the form of work. Used in the heat of the preconditions for establishing the value of the Joule heat energy is ambiguous and is not justified. It is based on the regulations of thermodynamics and are not related to production Economics. It is shown that based on these assumptions the methods of separation of fuel flow (physical, energetic, regulatory, etc.) can not be used when establishing the cost of energy products produced by the combined method. In the article the scientific method of separating the costs incurred for fuel, which can be used in the calculation of cost of electrical and thermal energy generated by the combined method. It is shown that the division of costs incurred for fuel, and the separation of the fuel consumption in fact it is one and the same problem. Conducted in-depth study of it from the standpoint of economyt.

Keywords: thermal and electrical energy; cogeneration; expenses on fuel; prime cost.

Введение

Преимущества комбинированного способа выработки электрической и тепловой энергии не реализуются в настоящее время полностью из-за несогласованности энергетической и экономической сторон комбинированного производства. Принципиальные трудности связаны с разделением расхода топлива между вырабатываемыми видами продукции, без чего нельзя определить их себестоимость. Незнание реальной себестоимости не позволяет обосновано формировать тарифы на выпускаемую продукцию, что приводит к снижению конкурентоспособности комбинированных производств и не способствует их техническому совершенствованию.

Проблемы, имеющие место при комбинированном использовании тепловой энергии, обусловлены несовершенством теоретических основ экономики теплоэнергетики. В частности, это относится к установлению стоимости тепловой энергии после частичной реализации ее в форме работы. Применяемые в теплоэнергетике предпосылки для установления стоимости джоулей тепловой энергии, неоднозначны и не обоснованы. Они исходят из положений термодинамики и не связаны с экономикой производства. Основывающиеся на таких предпосылках методы разделения расхода топлива (физический, энергетический, нормативный и др.), как следует из их детального анализа [1-2], не могут быть использованы при установлении себестоимости энергетической продукции, вырабатываемой комбинированным способом.

В последнее время складывается мнение, что объективный и универсальный метод разделения общего расхода топлива между видами энергии, вырабатываемыми комбинированным способом, не может быть создан [3]. Авторы этой работы предлагают отказаться от попыток определения себестоимости каждого из видов вырабатываемой продукции, и вопросы ценообразования решать только на базе экономических (рыночных) методов. В ряде других работ обосновывается целесообразность применения разных экономических методов разнесения расхода топлива, в зависимости от рыночной конъюнктуры в конкретных регионах [4-5]. Однако при таком подходе игнорируется специфика комбинированного производства и разрывается связь производства с экономикой, что препятствует техническому совершенствованию комбинированных производств и может привести к непредсказуемым последствиям.

Попытка, более полно учесть свойства тепловой энергии при установлении ее ценности, сделана в [6], где ценность тепловой энергии зависит от двух параметров состояния. Использование двух параметров позволяет учесть разные по физической природе свойства тепловой энергии рабочего тела, в связи с чем, такой подход представляется перспективным для дальнейшей разработки.

Основная часть

Разделение издержек, понесенных на топливо, и разделение расхода топлива, как будет показано ниже, фактически это одна и та же проблема. Изменение формулировки проблемы сделано с целью более углубленного изучения ее с позиций экономики, поскольку вопросы, связанные со стоимостью энергии, не являются предметом термодинамики. Цель данной работы – разработать научно обоснованный метод разделения издержек, понесенных на топливо, который использовать при расчетах себестоимости электрической и тепловой энергии, вырабатываемой комбинированным способом.

Отличия тепловой энергии от других видов энергии.

Надо отметить, что в Международной системе единиц СИ нет физической величины, называемой «тепловая энергия». В настоящее время этот исторически сложившийся термин рекомендуется использовать только как название товарной продукции. Использование термина «тепловая энергия» в данной работе имеет целью представить тепловую энергию во взаимосвязи со свойствами рабочего тела, поскольку применяемые в термодинамике физические величины «количество теплоты» и «энтальпия» однозначно реальную тепловую энергию не представляют и не могут быть предметом рассмотрения экономики.

В данной работе тепловая энергия рабочего тела рассматривается как внутренняя энергия, которая в зависимости от характера термодинамического процесса может быть по-разному реализована, как в форме работы, так и в форме теплоты, или, как это осуществляется в комбинированных производствах, часть ее – в форме работы, оставшаяся часть – в форме теплоты. Тепловая энергия, с такими свойствами используется в теплоэнергетике для выработки электрической энергии и тепловой энергии, реализуемой в тепловых процессах и при отоплении помещений. Потенциальные возможности тепловой энергии рабочего тела определяются двумя разными по своей физической природе способами обмена энергией: способностью к передаче теплоты и способностью к совершению работы (назовем их тепловыми и рабочими свойствами). Эти свойства проявляются в процессе реализации тепловой энергии. Количественно в удельных величинах они определяются энтальпией i и эксергией e рабочего тела.

Джоуль как единица измерения всех видов энергии определяет энергию только количественно. Разные по физической природе рабочие и тепловые свойства, которыми потенциально обладает тепловая энергия рабочего тела, нельзя одновременно учесть в одной единице измерения. Это является одной из причин, почему в Международной системе единиц СИ нет такой физической величины как тепловая энергия. С позиций экономики электрическая и тепловая энергия, вырабатываемые при комбинированной реализации исходной тепловой энергии, рассматриваются как разные виды энергетической товарной продукции, обладающие различной совокупностью полезных потребительских свойств. Эти виды продукции количественно измеряются в джоулях. Себестоимость их джоулей зависит от издержек, понесенных на их получение.

Анализ термодинамических методов разделения расхода топлива.

Неясность с тепловой энергией и единицей ее измерения является причиной того, что все термодинамические методы разделения расхода топлива в комбинированных производствах за тепловую энергию принимают только одно из ее свойств, игнорируя другое. Чтобы обосновать такой подход и как-то согласовать энергетические и экономические показатели комбинированного производства, в методах принимаются

принципиально разные предпосылки относительно ценности тепловой энергии. Примером тому могут служить физический и эксергетический методы разделения расхода топлива, где за тепловую энергию принимают, соответственно, энтальпию и эксергию рабочего тела.

Согласно физическому методу ценность джоулей тепловой энергии не зависит от эксергии. Себестоимость джоулей энтальпии s_{i1} и джоулей всех других видов продукции, вырабатываемых из исходной тепловой энергии, одинакова и рассчитывается исходя из издержек, понесенных на топливо, по формуле:

$$s_{i1} = \psi_1 / i_1, \quad (1)$$

где ψ_1 – издержки, понесенные на топливо для придания килограмму рабочего тела начальной энтальпии i_1 .

Изменение себестоимости джоулей тепловой энергии в процессе выработки из нее механической энергии в данном методе не рассматривается.

В физическом методе себестоимость исходной тепловой энергии определяется стоимостью топлива, затраченного на ее получение. Метод не учитывает, что себестоимость вырабатываемой механической (электрической) энергии определяется не стоимостью топлива, а стоимостью работы, совершаемой тепловой энергией.

В эксергетическом методе считается, что ценность исходной тепловой энергии определяется только ее эксергией. Себестоимость одного джоуля эксергии s_{e1} согласно эксергетическому методу определяется из формулы:

$$s_{e1} = \psi_1 / e_1. \quad (2)$$

Эксергетический метод оценивает только рабочие свойства тепловой энергии. В этом случае полезный выход, который можно получить от комбинированной реализации тепловой энергии и реализации ее на ТЭС, в обоих случаях будет одинаков, что не отвечает многолетнему опыту эксплуатации когенерационных установок.

Практика показывает, что термодинамические методы не могут быть использованы для установления топливных составляющих себестоимости электрической и тепловой энергии, вырабатываемых комбинированным способом. Так, при использовании физического метода сильно занижаются цены на электрическую энергию, а эксергетического – на теплоту [1]. Несовершенство физического и эксергетического методов побудило к разработке ряда других термодинамических методов, в которых вводятся разного рода поправки, направленные на устранение указанных недостатков. Однако анализ показывает, что эти поправки не имеют научного обоснования [1]. Предлагаемые методы дают разные результаты, и ни один из них не может служить основой при калькуляции себестоимости продукции комбинированных производств. Некорректность термодинамических методов связана с подменой тепловой энергии рабочего тела одним из ее параметров состояния, который пытаются связать со стоимостью. Один параметр не определяет однозначно тепловую энергию как товарную продукцию. Параметру нельзя установить стоимость, и он не может быть объектом экономики.

Экономический подход к разделению издержек на топливо.

Поскольку получение тепловой энергии связано с денежными затратами, тепловая энергия является также объектом изучения экономики. Экономика рассматривает тепловую энергию, как товарную продукцию и приписывает ей такие атрибуты, как потребительские свойства и себестоимость. В данной работе под термином себестоимость имеется в виду только топливная составляющая себестоимости вырабатываемых видов энергии. Издержки на топливо в калькуляции себестоимости комбинированного производства представляют суммарную топливную составляющую себестоимости произведенной продукции.

Издержки на топливо I_0 , складывающиеся из стоимости закупленного количества топлива, затрат на погрузку, транспортировку, разгрузку, относят на количество топлива B_0 , доставленного на комбинированное производство. Удельная себестоимость топлива s_T для производства рассчитывается по формуле: $s_T = I_0 / B_0$.

При комбинированном способе выработки электрической и тепловой энергии топливо не разделяют. Его сжигают, а полученную исходную тепловую энергию передают рабочему телу. Количество исходной тепловой энергии Q , полученной от сжигания B килограмм топлива и преобразуемой в турбине в другие виды энергии, равно: $Q = BQ_H^P \eta_T$, где Q_H^P - теплотворная способность топлива, η_T - к.п.д. топки.

Издержки I , понесенные на B килограмм топлива, после его сжигания относят на тепловую энергию Q . Себестоимость одного джоуля исходной тепловой энергии s_{i1} составляет: $s_{i1} = I / Q$.

Себестоимость исходной тепловой энергии, содержащейся в одном килограмме рабочего тела ψ_{i1} , рассчитывается по формуле: $\psi_{i1} = i_1 I / Q$.

Издержки на топливо, расход топлива и количество исходной тепловой энергии, – пропорциональные величины. Связь между ними имеет вид: $I = s_T B = s_{i1} Q$.

Поэтому, если разделять расход топлива, исходя из положений термодинамики, или разделять издержки на топливо согласно положениям экономики, в обоих случаях соответствующие безразмерные отдельные составляющие расхода топлива и издержек на топливо должны иметь одинаковые значения, что является условием согласования экономической и энергетической сторон комбинированного производства. Если значения не совпадают, то из этих методов разделения выбирают более обоснованный. В турбине исходная тепловая энергия Q , совершая работу W , преобразуется в механическую (электрическую) энергию и тепловую энергию заданных параметров Q_1 . Полученные виды энергии характеризуются количеством и себестоимостью. Если пренебречь потерями тепла в окружающую среду через корпус турбины, то суммарное количество их энергии равно количеству исходной тепловой энергии Q . Их общая себестоимость равна себестоимости исходной тепловой энергии I . Расход топлива разделяют пропорционально количеству энергии в выработанных видах продукции, а издержки на топливо пропорционально себестоимости каждого из этих видов продукции.

Если исходить из положений термодинамики, где работа и все виды энергии измеряются в джоулях и рассматриваются только количественно, можно записать:

$$Q = W + Q_1. \quad (3)$$

Из уравнения (3) определяются отдельные составляющие W/Q и Q_1/Q , по которым разделяют расход топлива B , и понесенные на топливо издержки I . Если подходить к проблеме с экономической стороны, то разделению подлежат издержки на топливо.

Исходная тепловая энергия в процессе адиабатного расширения за счет внутренней энергии совершает работу W , вырабатывая механическую энергию. При этом имеет место перераспределение эксергии между вырабатываемыми видами продукции. Совершенная работа имеет стоимость, которую следует отнести на произведенную механическую (электрическую) энергию. Себестоимость оставшейся тепловой энергии уменьшается. Поскольку при этом дополнительных денежных затрат не требуется, себестоимость исходной тепловой энергии перераспределяется между произведенными видами продукции

уже в качестве их себестоимости. При полной реализации рабочих свойств исходной тепловой энергии остающаяся энергия не имеет стоимости.

Издержки, понесенные на топливо, на разных этапах комбинированного производства можно представить в виде:

$$I = s_T B = s_{i1} Q = s_W W + s_{Q1} Q_1. \quad (4)$$

Здесь s_W и s_{Q1} – себестоимость джоулей, соответственно, работы и тепловой энергии, передаваемой в тепловые производства. Их значения, которые пока неизвестны, отличаются от значений s_{e1} и s_{i1} .

Из уравнения (4) рассчитываются отдельные составляющие $s_W W / s_{i1} Q$ и $s_{Q1} Q_1 / s_{i1} Q$, по которым следует разделять понесенные на топливо издержки и расход топлива.

Совместный анализ уравнений (3-4) показывает, что они не согласуются между собой. Раздельные топливные составляющие себестоимости электрической и тепловой энергии и соответствующие им составляющие расхода топлива, рассчитанные исходя из положений термодинамики и экономики, имеют разные значения.

Анализ показывает, что причиной этому является некорректность предпосылок, принятых в теплоэнергетике относительно ценности тепловой энергии. В термодинамических методах не учитывается, что себестоимость вырабатываемой механической энергии определяется не себестоимостью соответствующего количества тепловой энергии, а стоимостью работы, совершаемой тепловой энергией рабочего тела, которую следует определить. Поэтому при установлении энергетических и экономических показателей комбинированного производства следует исходить из уравнения (4).

Метод разделения издержек на топливо при выработке электрической и тепловой энергии комбинированным способом.

В предлагаемом методе изменение себестоимости исходной тепловой энергии в процессе выработки механической энергии рассматривается в зависимости от изменения двух ее параметров – энтальпии и эксергии. Соответственные значения этих параметров на разных стадиях совершения работы определяются экспериментально или устанавливаются из анализа термодинамических процессов, имеющих место в турбине.

Метод разделения издержек на топливо основывается на построении математической модели термодинамического процесса реализации исходной тепловой энергии в форме работы, в которой тепловые и рабочие свойства тепловой энергии рассматриваются во взаимосвязи. Метод представлен в упрощенной форме, но его легко уточнить для конкретных когенерационных установок различного типа.

Рассматривается процесс комбинированного использования тепловой энергии в когенерационной установке простого цикла, в которой часть исходной тепловой энергии в форме работы передается на выработку механической энергии, а оставшаяся часть используется в тепловых процессах. Все переменные представлены в удельных величинах.

Исходная тепловая энергия рабочего тела представляется как совокупность рабочих и тепловых свойств, количественно определяющихся, соответственно, эксергией e_1 и энтальпией i_1 . В процессе совершения тепловой энергией работы значения этих параметров изменяются одновременно. Исходные (i_1, e_1) и конечные (i, e) параметры состояния тепловой энергии и ее начальная себестоимость ψ_1 известны.

Себестоимость тепловой энергии после выработки заданного количества механической энергии определяется не столько ее новыми параметрами, сколько

изменением их величины относительно начальных значений: i/i_1 и e/e_1 . Связь между разными по природе величинами (себестоимостью, энтальпией, эксергией) проще установить, представив их в безразмерном виде: $\psi/\psi_1, i/i_1, e/e_1$.

Для установления такой связи используем математический аппарат факторного анализа. Тепловые и рабочие свойства, представленные в безразмерном виде (i/i_1 и e/e_1), интерпретируем как частные показатели стоимости тепловой энергии. Эти два частных показателя вместе определяют себестоимость тепловой энергии, передаваемой в тепловые производства.

Относительное изменение себестоимости ψ/ψ_1 тепловой энергии представляется как функция изменения ее частных показателей стоимости: $\psi/\psi_1 = f(i/i_1; e/e_1)$.

Если тепловая энергия используется только в тепловых процессах, то в самом простом виде эту функцию можно записать как $\psi_i/\psi_1 = i/i_1$. При этом изменение себестоимости пропорционально изменению энтальпии (физический метод).

При реализации только рабочих свойств исходной тепловой энергии функция имеет вид: $\psi_e/\psi_1 = e/e_1$, что согласуется с эксергетическим методом.

В комбинированных производствах электрической и тепловой энергии одновременно реализуются, как тепловые, так и рабочие свойства исходной тепловой энергии.

Каждое из свойств тепловой энергии имеет свой вес в топливной составляющей себестоимости. В исходной тепловой энергии вес свойств не определен. Значения веса зависят от того, как тепловая энергия реализована. Принимая значение веса тепловых свойств в себестоимости выработанной тепловой энергии за x , можно записать:

$$\psi/\psi_1 = (i/i_1)^x (e/e_1)^{1-x}. \quad (5)$$

Вес рабочих и тепловых свойств (эксергии и энтальпии) в себестоимости исходной тепловой энергии ψ_1 для исследуемого режима работы когенерационной установки простого цикла определяется из следующих соображений:

Если себестоимость исходной тепловой энергии ψ_1 после выработки механической энергии стала ψ , то вес тепловых свойств, x , в ее новой себестоимости будет составлять ψ/ψ_1 , а вес рабочих свойств определится как $(1 - \psi/\psi_1)$. Количество оставшейся тепловой энергии рабочего тела при этом совпадает с конечным значением энтальпии.

Подставляя значения весов каждого из свойств тепловой энергии в уравнение (5), получаем зависимость, связывающую тепловую энергию после частичной реализации в форме работы с ее себестоимостью. Записанная в удельных величинах, она имеет вид:

$$\frac{\psi}{\psi_1} = \left(\frac{e}{e_1}\right)^{1-\frac{\psi}{\psi_1}} \left(\frac{i}{i_1}\right)^{\frac{\psi}{\psi_1}} = \frac{e}{e_1} \left(\frac{i e_1}{i_1 e}\right)^{\frac{\psi}{\psi_1}}. \quad (7)$$

Искомая зависимость удовлетворяет следующим требованиям: себестоимость тепловой энергии после частичного ее преобразования в механическую энергию зависит от всех частных показателей стоимости; себестоимость равна нулю, если один из частных показателей равен нулю; вес частных показателей в общей себестоимости тепловой энергии зависит от режима работы когенерационной установки.

Уравнение (6) представляет математическую факторную модель процесса реализации тепловой энергии. Насколько эта модель отвечает действительности, устанавливается при ее практической апробации.

Отношение ψ / ψ_1 можно трактовать как долю издержек на топливо, приходящуюся на вырабатываемую тепловую энергию. Топливная составляющая в калькуляции себестоимости тепловой энергии, передаваемой в тепловые процессы, определяется как $I\psi / \psi_1$, а расход топлива, относящийся на ее выработку, составляет $B\psi / \psi_1$.

Потерю себестоимости тепловой энергии, составляющую в относительных величинах $(1 - \psi / \psi_1)$, относят на произведенную работу и выработанную механическую энергию.

В уравнении (6) значение ψ неизвестно. Уравнение решается методом последовательных приближений на компьютере.

Значение ψ / ψ_1 можно определить и графическим методом. Для этого уравнение логарифмируют:

$$\ln(\psi / \psi_1) = \ln(e / e_1) + (\psi / \psi_1) \ln(i e_1 / i_1 e).$$

На графике в координатах $[(\psi / \psi_1), y]$ строятся логарифмическая кривая $y = \ln(\psi / \psi_1)$ и прямая $y = \ln(e / e_1) + (\psi / \psi_1) \ln(i e_1 / i_1 e)$, в точке пересечения которых определяется искомое значение топливной составляющей себестоимости тепловой энергии ψ / ψ_1 , передаваемой в тепловые производства.

Если не учитывать потери энергии в окружающую среду через корпус турбины, то количество энергии, передаваемой в форме работы, численно равно разности энтальпий рабочего тела в начале и конце процесса выработки механической энергии. Себестоимость джоулей, передаваемых в форме работы на выработку электрической энергии, рассчитывается по формуле:

$$s_e = (\psi_1 - \psi) / (i_1 - i). \quad (7)$$

Формула для определения себестоимости джоулей энергии, передаваемой в тепловые производства, имеет вид:

$$s_i = \psi / i. \quad (8)$$

При определении топливных составляющих себестоимости джоулей, вырабатываемых электрической и тепловой энергии необходимо учитывать, соответственно, КПД электромеханических процессов и КПД системы утилизации тепла.

Зная топливные составляющие ψ / ψ_1 и $(1 - \psi / \psi_1)$, по общепринятым методикам можно установить все экономические и энергетические показатели комбинированного производства.

Предлагаемый метод применим для разных типов когенерационных установок.

При разделении издержек на топливо в когенерационной установке с несколькими отборами пара (a, b, \dots) разных параметров, ее условно разделяют на соответствующее количество установок простого цикла, работающих параллельно в разных режимах. Для каждой из них известны расход рабочего тела (D_a, D_b, \dots) , а также начальные $(i_1; e_1)$ и конечные $(i_a, e_a; i_b, e_b; \dots)$ параметры тепловой энергии.

Установка с двумя отборами пара рассматривается как две когенерационные установки простого цикла. Для этих условных установок значения топливных составляющих себестоимости энергии, передаваемой в тепловые производства, составляют: $\psi_a D_1 / \psi_1 D_a$ и $\psi_b D_1 / \psi_1 D_b$. Расчетные уравнения записываются в виде:

$$\frac{\psi_a D_1}{\psi_1 D_a} = \left(\frac{e_a}{e_1}\right)^{1-\frac{\psi_a D_1}{\psi_1 D_a}} \left(\frac{i_a}{i_1}\right)^{\frac{\psi_a D_1}{\psi_1 D_a}} \quad \text{и} \quad \frac{\psi_b D_1}{\psi_1 D_b} = \left(\frac{e_b}{e_1}\right)^{1-\frac{\psi_b D_1}{\psi_1 D_b}} \left(\frac{i_b}{i_1}\right)^{\frac{\psi_b D_1}{\psi_1 D_b}}.$$

Решая эти уравнения, находим значения топливных составляющих себестоимости тепловой энергии в отборах пара разных параметров ψ_a / ψ_1 и ψ_b / ψ_1 . Топливная составляющая себестоимости тепловой энергии, передаваемой в форме работы в когенерационной установке с двумя отборами пара, определяется как $[1 - (\psi_a + \psi_b) / \psi_1]$.

Для когенерационной газотурбинной установки простого типа, содержащей воздушный компрессор, камеру сгорания, газовую турбину, утилизатор теплоты, предполагаются известными следующие данные: энтальпия и эксергия рабочего тела на входе i_1, e_1 и выходе из турбины i, e ; издержки на топливо I_1 и расход топлива B_1 на один килограмм рабочего тела; совершаемая 1 кг рабочего тела работа W , которая складывается из передаваемой потребителям полезной работы W_1 и внутренних затрат работы W_2 .

С учетом внутренних затрат работы себестоимость исходной тепловой энергии ψ_{i1} , содержащейся в одном килограмме рабочего тела, рассчитывается по формуле: $\psi_{i1} = I_1 + s_w W_2$. Здесь s_w – себестоимость 1 кДж работы, совершаемой когенерационной установкой. При подстановке ψ_{i1} в (6) получаем уравнение с двумя неизвестными – ψ_i и s_w . Задаваясь значениями s_w и решая уравнение (6) методом последовательных приближений, определяют значение ψ_i / ψ_{i1} , обозначим его как A , которое с допустимой погрешностью Δs_w удовлетворяет неравенству:

$$s_w - \frac{I_1 (1 - A)}{W - W_2 (1 - A)} < \pm \Delta s_w.$$

Значение s_w принимается за себестоимость 1 кДж совершаемой работы.

Себестоимость 1 кДж вырабатываемой тепловой энергии определяется из формулы: $s_{i2} = A \psi_{i1} / i_2$. Издержки на топливо I_1 распределяются между выработанными видами продукции: $I_1 = s_{i2} i_2 + s_w W_1$. Раздельные топливные составляющие себестоимости вырабатываемых видов энергии U_Q и U_W рассчитываются по формулам: $U_Q = s_{i2} i_2 / I_1$; $U_W = s_w W_1 / I_1$.

Предлагаемый метод разделения издержек применим для одиночных когенерационных установок, работающих в стационарном режиме. На его основе может быть разработана методика определения себестоимости вырабатываемой продукции на ТЭЦ, где одновременно работает группа турбоустановок разного типа.

Характер изменения стоимостных показателей тепловой энергии в зависимости от режима работы когенерационной установки.

Рассматривая термодинамический процесс выработки электрической энергии конденсационной турбиной, можно симитировать все возможные режимы работы когенерационной установки и установить характер изменения стоимостных показателей тепловой энергии, реализуемой в форме работы и теплоты.

В качестве примера рассматривается процесс выработки электрической энергии в идеальной турбине. Параметры рабочего тела на входе турбины: $i_1 = 3300$ кДж/кг; $e_1 = 1300$ кДж/кг. Уравнение процесса в переменных $(i / i_1, e / e_1)$ определено зависимостью: $i / i_1 = 0,6 + 0,4(e / e_1)$.

На рис. 1 в графической форме представлены зависимости, характеризующие стоимостную сторону процесса выработки электрической энергии в когенерационной установке простого цикла для идеализированных условий.

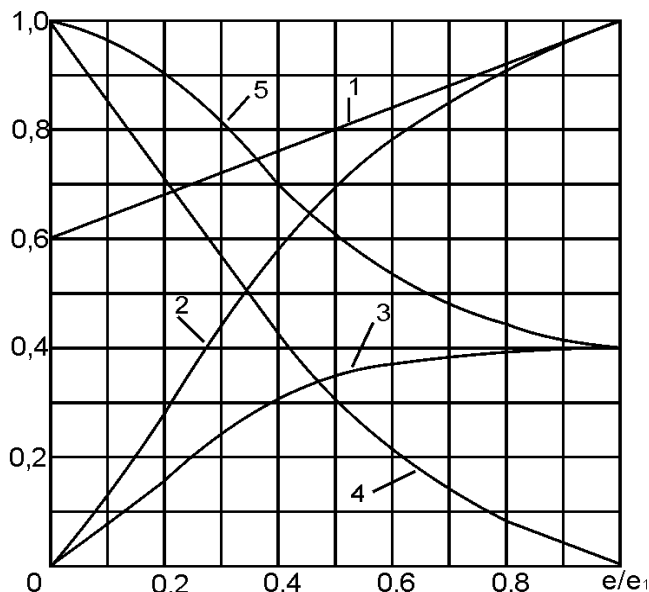


Рис. 1. Идеальная турбина. Характер изменения показателей:
 $1 - i / i_1$; $2 - \psi / \psi_1$; $3 - s_i / s_{e1}$; $4 - (1 - \psi / \psi_1)$; $5 - s_e / s_{e1}$.

Кривые на рис.1 отображают характер изменения параметров тепловой энергии и ее стоимостных показателей в зависимости от режима турбины. Режимы турбины определяются значениями e / e_1 , при которых тепловая энергия передается в тепловые процессы.

Линия термодинамического процесса выработки электроэнергии в идеальной турбине представлена кривой 1. По ней для различных режимов работы когенерационной установки определяются значения i / i_1 , соответствующие значениям e / e_1 .

Кривая 2 воспроизводит характер изменения себестоимости тепловой энергии ψ / ψ_1 , передаваемой в тепловые производства. Она построена по значениям ψ / ψ_1 , рассчитанным из уравнения (6) для различных режимов работы когенерационной установки.

Изменение топливной составляющей себестоимости джоулей тепловой энергии s_i / s_{e1} по ходу процесса выработки электрической энергии показано кривой 3, которая построена с использованием формул (2) и (8).

Характер изменения себестоимости энергии, передаваемой в форме работы, $(1 - \psi / \psi_1)$, в зависимости от режима турбины представлен кривой 4.

По кривой 5 можно определить, как изменяется себестоимость джоулей, передаваемых в форме работы, в зависимости от режима работы установки. Так, для режимов ($e / e_1 > 0,9$) их себестоимость близка к себестоимости джоулей передаваемых в тепловые производства. По мере уменьшения работоспособности тепловой энергии себестоимость джоулей, передаваемых на выработку электрической энергии, увеличивается до значения s_{e1} . Кривая (5) рассчитывается по формулам (2) и (7).

Аналогичные кривые для такой же когенерационной установки, где условно учтено трение, приведены на рис. 2. Уравнение процесса представлено зависимостью: $i / i_1 = 0,7 + 0,3(e / e_1)$.

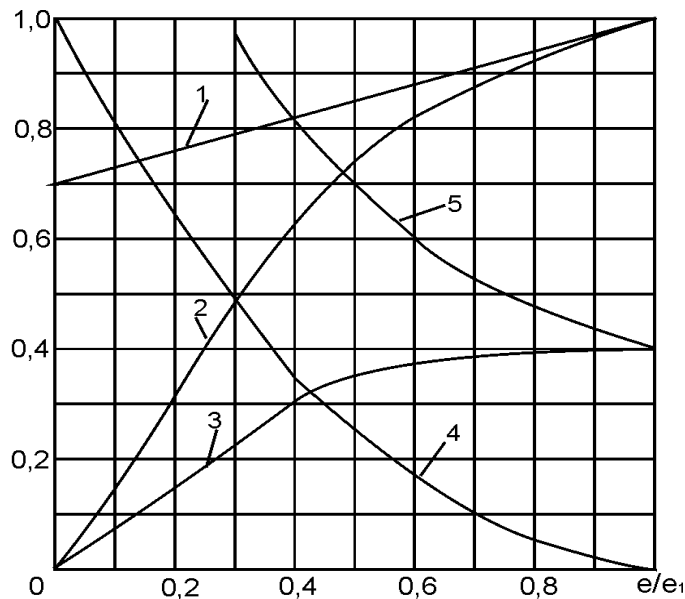


Рис. 2. Турбина с трением. Характер изменения показателей:

$$1 - i / i_1; 2 - \psi / \psi_1; 3 - s_i / s_{e1}; 4 - (1 - \psi / \psi_1); 5 - s_e / s_{e1}.$$

В реальной турбине из-за трения часть рабочих свойств тепловой энергии тратится в самой турбине на нагрев рабочего тела. В результате количество джоулей работы, передаваемых на выработку электрической энергии меньше, чем в идеальной турбине. Степень снижения выработки электрической энергии зависит от технического совершенства турбины. Из сравнения кривых 5 на рис.1 и рис. 2 можно заключить, что трение существенно влияет на себестоимость джоулей, передаваемых на выработку электрической энергии.

Из анализа графических зависимостей, приведенных на рисунках 1 и 2, следует, что в комбинированных производствах себестоимость джоулей работы, возрастает с увеличением количества их выработки, притом себестоимость джоулей, передаваемых в тепловые процессы, уменьшается. Отношение s_e / s_i увеличивается.

Значения топливных составляющих себестоимости тепловой энергии, передаваемой в тепловые производства, рассчитанные по физическому, предлагаемому и эксергетическому методам сильно отличаются. Так для рассматриваемой турбины с трением, работающей в режиме ($e/e_1=0,5$), они соответственно составляют: 0,85; 0,74; 0,5.

При равных условиях себестоимость джоулей, передаваемых на выработку электрической энергии, рассчитанная по предлагаемому методу, в комбинированных производствах меньше, чем на тепловых электростанциях (ТЭС), а себестоимость тепловой энергии меньше, чем в котельных. Для примера: на рис. 2 при режиме ($e/e_1=0,5$) себестоимость джоулей тепловой энергии, реализуемых в форме работы и теплоты, составляет относительно начальной себестоимости джоулей эксергии, соответственно: $s_e / s_{e1}=0,7$ и $s_i / s_{e1}=0,34$.

Надо отметить, что знание себестоимости вырабатываемой энергетической продукции еще не решает всех проблем комбинированных производств. Себестоимость джоулей электрической и тепловой энергии, вырабатываемых комбинированным способом, может быть разной и зависит от стоимости топлива, начальных параметров тепловой энергии, режима турбины, ее конструктивных особенностей. Управление этими факторами при выработке энергетической продукции комбинированным способом может способствовать успешной ее реализации на рынке энергии.

Для установления оптимальных режимов работы когенерационных установок на ТЭЦ, требуется разработка экономических методов, где оптимизация режимов имеющегося оборудования осуществляется исходя из спроса и рыночных цен на каждый из видов вырабатываемой продукции. Разработка таких экономических методов существенно упрощается при знании себестоимости продукции.

Выводы

Представлена методология, связывающая издержки, понесенные на топливо при получении исходной тепловой энергии, с процессом реализации тепловой энергии. На ее основе разработан универсальный метод разделения издержек, понесенных на топливо при выработке электрической и тепловой энергии комбинированным способом, где энергетическая и экономическая стороны такого производства согласованы.

Метод разделения издержек изложен с использованием упрощенных примеров, но его легко уточнить для конкретных типов когенерационных установок. В случае успешной апробации метод можно использовать для установления технико-экономических показателей когенерационных установок. Он применим при определении себестоимости каждого из видов энергетической продукции, вырабатываемой комбинированным способом. Метод может быть основой для разработки экономических методов оптимизации работы ТЭЦ в рыночных условиях.

Список использованной литературы

1. Хрилев Л. С., Малафеев В. А., Хараим А. А., Лившиц И. М. Сравнительная оценка отечественных и зарубежных методов разделения расхода топлива и формирования тарифов на ТЭЦ // Теплоэнергетика.– 2003.– № 4.– С. 45–54.
2. Славина Н. А., Косматов Э. М., Барыкин Е. Е. О методах распределения затрат на ТЭЦ. Электрические станции. – 2001. – № 11. – С. 14–17.
3. Малафеев В. А., Смирнов И. А., Хараим А. А., Хрилев Л. С., Лившиц И. М. Формирование тарифов на ТЭЦ в рыночных условиях. Теплоэнергетика. – 2003. – № 4. – С. 55–63.
4. Жарков С. В. К вопросу о разделении затрат на ТЭЦ // Энергия: экономика, техника, экология. – 2010. – № 1. – С. 24–28.
5. Роголев Н. Д., Зубкова А. Г., Мастерова И. В. Экономика энергетики, Издательство МЭИ, 2005. – Москва. – 288 с.
6. Воловик Ю. И. Экономические аспекты оценки эффективности работы ТЭЦ. Теплоэнергетика– 2007. – №2. – С. 39–44.

References:

1. Khrylev L. S., Malafeev V. A., Kharaym A. A., Lyvshyts Y. M. Sravnitel'naya otsenka otechestvennykh y zarubezhnykh metodov razdeleniya raskhoda toplyva y formyrovaniya taryfov na TETs. Teploenerhetyka.– 2003.– № 4.– S. 45–54.
2. Slavyna N. A., Kosmatov Э. М., Barykyn E. E. O metodakh raspredeleniya zatrat na TETs. Elektrycheskiye stantsyy. – 2001. – № 11. – S. 14–17.
3. Malafeev V. A., Smyrnov Y. A., Kharaym A. A., Khrylev L. S., Lyvshyts Y. M. Formyrovaniye taryfov na TЭTs v rynochnykh usloviyakh. Teploenerhetyka. – 2003. – № 4. – S. 55–63.
4. Zharkov S. V. K voprosu o razdelenyy zatrat na TETs. Enerhyia: ekonomyka, tekhnika, ekolohiya. – 2010. – № 1. – S. 24–28.
5. Rohalov N. D., Zubkova A. H., Masterova Y. V. Ekonomyka enerhetyky. – Yzdatelstvo MEY, 2005. – Moskva. – 288 s.
6. Volovyk Yu. Y. Ekonomycheskiye aspekty otsenky effektivnosti raboty TETs. Teploenerhetyka– 2007. – №2. – S. 39–44.

Принята до друку 25. 11. 2019 р.

Канюк Геннадій Іванович, д.т.н., зав. кафедрою теплоенергетики та енергосберегаючих технологій
Мезеря Андрій Юрійович, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики та енергосберегаючих технологій
Мельников Вячеслав Євгеньевич, асистент кафедри теплоенергетики та енергосберегаючих технологій
 Українська інженерно-педагогічна академія, г. Харків, Україна. Ул. Университетська 16

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

В статье показаны преимущества комбинированного способа выработки электрической и тепловой энергии, которые не реализуются в настоящее время полностью из-за несогласованности энергетической и экономической сторон комбинированного производства. Принципиальные трудности, связанные с разделением затрат топлива между производимыми видами продукции, без чего невозможно определить их себестоимость. Показано, что распределение расходов, понесенных на топливо, и распределение расхода топлива фактически это одна и та же проблема. Незнание реальной себестоимости не позволяет обоснованно формировать тарифы на продукцию, что приводит к снижению конкурентоспособности комбинированных производств и не способствует их технического совершенствования. Обосновано, что проблемы, которые имеют место при комбинированном использовании тепловой энергии, обусловленные несовершенством теоретических основ экономики теплоэнергетики. В частности, это относится к установлению стоимости тепловой энергии после частичной реализации ее в форме работы. Применяются в теплоэнергетике предпосылки для установления стоимости джоулей тепловой энергии, неоднозначные и не обоснованные. Они исходят из положений термодинамики и не связанные с экономикой производства. Основываются на таких предпосылках методы разделения расходов топлива (физический, эксергетический, нормативный и др) не могут быть использованы при установлении себестоимости энергетической продукции, вырабатываемой комбинированным способом. Предложен экономический подход к делению затрат на топливо и научно обоснован метод разделения расходов, понесенных на топливо, который может быть использован при расчетах себестоимости электрической и тепловой энергии, вырабатываемой комбинированным способом. Рассмотрены вопросы, связанные с обеспечением требуемого качества электрической энергии, производимой на гидроэлектростанциях, повышением точности регулирования частоты и мощности гидроагрегатов. Выполнен параметрический синтез астатического регулятора системы автоматического регулирования частоты вращения гидротурбины на основе решения обратной задачи динамики. Проведен анализ существующего нормативно-методического обеспечения систем автоматического регулирования гидроагрегатов.

Ключевые слова: гидрогенератор; система автоматического регулирования; нормативное обеспечение.

Канюк Геннадій Іванович д.т.н., зав. кафедри теплоенергетики та енергосберегаючих технологій
Мезеря Андрій Юрійович, д.т.н., доцент кафедри теплоенергетики та енергосберегаючих технологій
Мельников В'ячеслав Євгеньевич, асистент кафедри теплоенергетики та енергосберегаючих технологій
 Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, Україна. Вул. Университетська 16, м. Харків, Україна,

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБАЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ГІДРОГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК

У статті показано переваги комбінованого способу вироблення електричної і теплової енергії, які не реалізуються в даний час повністю із-за неузгодженості енергетичної та економічної сторін комбінованого виробництва. Принципові труднощі пов'язані з поділом витрат палива між виробленими видами продукції, без чого неможливо визначити їх собівартість. Показано, що розподіл витрат, понесених на паливо, і поділ витрати палива фактично це одна і та ж проблема. Незнання собівартості не дозволяє обґрунтовано формувати тарифи на продукцію, що призводить до зниження конкурентоспроможності комбінованих виробництв і не сприяє їх технічного вдосконалення. Обґрунтовано, що проблеми, які мають місце при комбінованому використанні теплової енергії, зумовлені недосконалістю теоретичних основ економіки теплоенергетики. Зокрема, це відноситься до встановлення вартості теплової енергії після часткової реалізації її у формі роботи. Застосовуються в теплоенергетиці передумови для встановлення вартості джоулів теплової енергії, неоднозначні і не обґрунтовані. Вони виходять з положень термодинаміки і не пов'язані з економікою виробництва. Грунтуються на таких передумовах методи поділу витрат палива (фізичний, ексергетичний, нормативний та ін) не можуть бути використані при встановленні собівартості енергетичної продукції, що виробляється комбінованим способом. Запропоновано економічний підхід до

поділу витрат на паливо та науково обґрунтований метод поділу витрат, понесених на паливо, який може бути використаний при розрахунках собівартості електричної і теплової енергії, що виробляється комбінованим способом. Питання, пов'язані із забезпеченням якості електричної енергії, що виробляється на гідроелектростанціях, підвищенням точності регулювання частоти і потужності гідроагрегатів. Виконано параметричний синтез астатического регулятора системи автоматичного регулювання частоти обертання гідротурбіни на основі рішення зворотної задачі динаміки. Проведено аналіз існуючого нормативно-методичного забезпечення систем автоматичного регулювання гідроагрегатів.

Ключові слова: гідрогенератор; система автоматичного регулювання; нормативне забезпечення.

Kaniuk Gennady Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Head of Department of Heat-and-Power Engineering and Energy Saving Technologies

Mezerya Andrey Yuriyovich, Candidate of Engineering, Associate Professor of Heat-and-Power Engineering and Energy Saving Technologies

Melnikov Vyacheslav Yevgenovich, Assistant of Department of Heat-and-Power Engineering and Energy Saving Technologies

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkov, Ukraine. Universitetskaya str. 16, Kharkov, Ukraine

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION AND NORMATIVE SUPPORT OF SYSTEMS AUTOMATIC REGULATION HYDROGENERATING INSTALLATIONS ENERGY-EFFICIENT MODES OPERATION

The article shows the advantages of the combined method of generating electrical and thermal energy that are not implemented currently completely because of inconsistencies of energy and economic sides combined. Fundamental difficulties associated with the separation of fuel costs among manufactured products, without which it is impossible to determine their cost. It is shown that the distribution of the expenditure incurred on fuel, and the separation of the fuel consumption in fact it is one and the same problem. Ignorance of the real costs does not allow to generate reasonable rates of products which leads to lower competitiveness of the combined production and does not contribute to technical improvement. It is proved that the problems that occur in the combined use of thermal energy caused by the imperfection of the theoretical foundations of Economics of the power system. In particular, it refers to the establishment of cost of thermal energy after the partial implementation of it in the form of work. Apply in the heat of the preconditions for establishing the value of joules of heat energy, is ambiguous and not justified. It is based on the regulations of thermodynamics and are not related to the economy of production. Based on these assumptions the methods of separation of fuel (physical, energetic, regulatory, etc) can not be used when establishing the cost of energy products produced by the combined method. The proposed economic approach to the division of costs for fuel and scientifically grounded method of separation of expenditure incurred on fuel, which can be used in the calculation of cost of electrical and thermal energy generated by the combined method. The issues associated with providing the required quality of electric energy produced in hydroelectric power plants, improving the accuracy of regulation of frequency and power generating units. Performed parametric synthesis of astatic regulator of the system of automatic regulation of frequency of rotation of the turbine based on the solution of the inverse problem of dynamics. An analysis of existing normative-methodological support of automatic control systems of hydraulic units.

Keywords: hydrogenerator; automatic control system; regulatory support.

Введение

Электрическая энергия, которая производится гидроэлектростанциями, характеризуется рядом показателей качества (ПКЭ), которые жестко регламентируются отечественными и зарубежными стандартами. Отклонение фактических показателей качества от регламентированных значений приводит к дополнительным потерям электроэнергии, снижению надежности и срока службы электрооборудования, а также к снижению эффективности или даже прямого нарушения технологических процессов потребителей.

Актуальным вопросом в современной энергетике является обеспечение необходимого качества электрической энергии. Основным показателем качества электрической энергии является отклонение частоты. По отечественным стандартам максимально допустимые отклонения частоты для систем автоматического регулирования оснащены гидравлическими и электрогидравлическими регуляторами находятся в пределах от 0,3 до 0,1%, в то время, когда по международным стандартам этот показатель не должен превышать 0,06% [1]. Отклонение частоты приводит к увеличению потерь активной мощности в сетях и росту потребления активной и реактивной мощностей, недовыпуск промышленными предприятиями продукции и увеличение дополнительного времени работы предприятия для выполнения задания. Известно, что снижение частоты на 1% увеличивает потери в

электрических сетях на 2%. Возникает вопрос поддержания частоты на необходимом уровне. За недопустимое отклонение частоты, запускается механизм штрафных санкций [2].

Задача поддержания частоты в ее заданных значениях связана с различными факторами, такими как конструктивные особенности оборудования и системой автоматического управления. Особенно актуально эта задача стоит для ГЭС, так как станции этого типа работают в пиковой и полупиковой части графика электрических нагрузок, что подразумевает необходимость в частых переходных режимах. В связи с тем, что в переходных режимах происходит отклонение частоты, возникает задача уменьшения длительности переходных процессов при этом необходимо обеспечить качество электроэнергии на необходимом уровне, в частности удержать отклонение частоты в рамках допустимого диапазона, а это является непосредственной задачей системы автоматического регулирования частоты и мощности (САР Ч и М) гидроагрегата. Одной из особенностей энергетики Украины является наличие существенной неравномерности графиков электрических нагрузок [3]. В качестве примера на рис. 1.1. приведен характерный график электрических нагрузок для Украины.

В энергосистеме Украины имеются значительные неравномерности не только суточных, но и годовых графиков нагрузок. Большую часть в пиковом и полупиковых режимах, которых берут на себя ГЭС и ГАЭС, обладающие высокой маневренностью и большим регулировочным диапазоном, высокими скоростями изменения нагрузок, минимальным временем набора нагрузки, пуска и остановки агрегатов. При этом выполняются следующие задачи [5]: покрываются наиболее сложные пиковые и полу пиковые части графика нагрузок. При этом ГЭС и ГАЭС при покрытии пиковой части графика нагрузки в среднем работают 2-5 часов в сутки, а полупиковой части графика 5-15 часов в сутки; при работе в насосном режиме ГАЭС заполняет провальную часть графика нагрузок, снижая его неравномерность, и обеспечивает оптимизацию структуры генерирующих мощностей в энергосистеме за счет увеличения мощности базисных ТЭС и АЭС; выполняются функции аварийного и нагрузочного резервов энергосистемы; используются в качестве источников реактивной мощности.

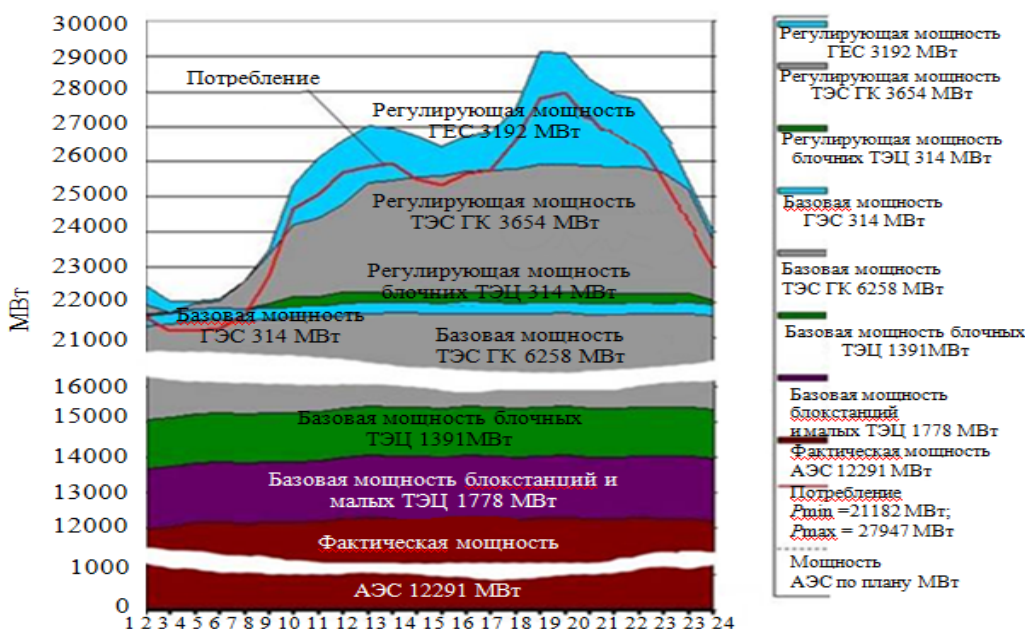


Рис. 1.1 – Суточный график нагрузок в энергосистеме Украины

Так как ГЭС и ГАЭС лучше других электростанций приспособлены к быстрому изменению режимов работы, покрытию кратковременных пиков нагрузок, повышение точности регулирования частоты гидроагрегатов представляет собой важную и актуальную научно-техническую задачу [5, 6].

Параметрический синтез астатического регулятора системы автоматического регулирования частоты вращения гидротурбины на основе решения обратной задачи динамики

Параметрический синтез прецизионного регулятора осуществляется при помощи выбора стандартных характеристических полиномов, которые соответствовали следующему принятому функционалу оптимизации:

$$I = \min \int |\varepsilon(t)| t dt. \tag{1}$$

Выбор такого функционала обеспечивает приемлемый компромисс между статической и динамической точностью, при этом учитываются технологические ограничения: ограничения управляющего напряжения на входе (электрогидравлический усилитель) и ограничения параметров электрогидравлического привода по давлениям, расходу и потребляемой мощности.

При этом накладываются технологические ограничения:

- ограничение управляющего напряжения на входе в электрогидравлический усилитель:

$$|U_y| \leq U_{\max}; \tag{2}$$

- ограничение параметров электрогидравлического привода:

$$P \leq P_{\max}; Q \leq Q_{\max}; N \leq N_{\max}. \tag{3}$$

Желаемый характеристический полином:

$$(n = 8; k = 1; N = n + k = 9); D^*(S) = S^{2N} + \sum_{i=0}^{2N-1} d_i^* S^i = 0. \tag{4}$$

Матричное соотношение для определения оптимальных значений параметров регулятора:

$$\begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \dots \\ C_{N-1} \\ r_0 \\ r_1 \\ \dots \\ r_{N-1} \end{bmatrix}_{2N \times 1} = \begin{bmatrix} a'_0 & 0 & \dots & 0 & b_0 & 0 & \dots & 0 \\ a'_1 & a_0 & \dots & 0 & b_1 & b_0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a'_{N-1} & a'_{N-2} & \dots & a_0 & b_{m-1} & b_{m-2} & \dots & b_0 \\ a'_N & a'_{N-1} & \dots & a_1 & b_m & b_{m-1} & \dots & b_1 \\ 0 & a'_N & \dots & a_2 & 0 & b_m & \dots & b_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & a_N & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}_{2N \times 2N}^{-1} \begin{bmatrix} a_{H0} \\ a_{H1} \\ \dots \\ a_{HN} \\ a_{HN+1} - a'_0 \\ \dots \\ a_{H2N-1} - a'_{N-1} \end{bmatrix} \tag{5}$$

Для практической реализации регулятора, упрощения настройки и отладки использовался принцип мультипликативного управления, в котором синтезируются регуляторы для каждого выделенного автономного контура (электрогидравлический усилитель, сервомотор, гидроагрегат).

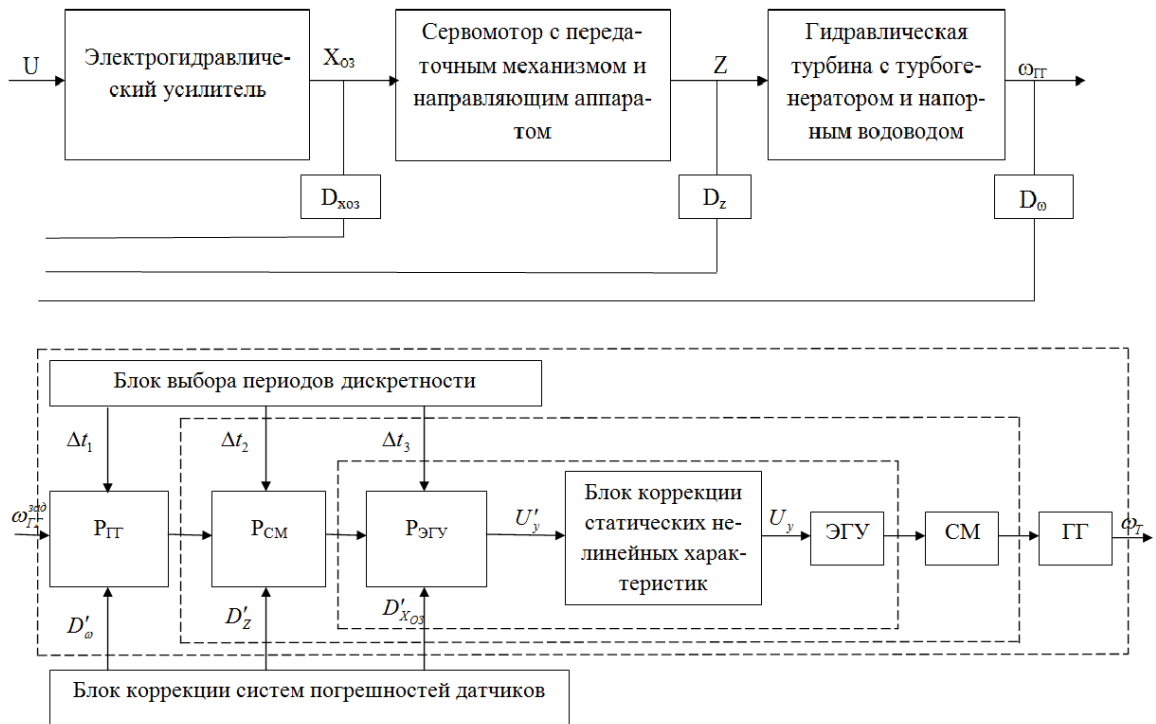


Рис. 2. – Функциональная схема мультипликативного регулятора САР частоты вращения гидротурбины

Поскольку выходы каждого контура подлежат непосредственному измерению при помощи датчиков перемещений и частоты вращения, то для каждого выделенного контура, синтезирован отдельный регулятор меньшего порядка.

А именно регуляторы первого и третьего порядка.

Векторно-матричное представление математических контуров управления:

$$\dot{\vec{X}} = A\vec{X} + B\vec{U}; \quad (6)$$

– Турбогенераторная установка с напорным водоводом:

$$\vec{X} = \begin{pmatrix} \omega_{ГТ} \\ Q \end{pmatrix}_{2 \times 1}; \quad A = \begin{pmatrix} -\frac{1}{T_{ГТ}} & \frac{K_{МП}^Q}{T_{ГТ}} \\ 0 & -\frac{1}{T_{Вод}} \end{pmatrix}_{2 \times 2}; \quad \vec{U} = (NZ)_{1 \times 2}; \quad B = \begin{pmatrix} -\frac{K_{МН}^N}{T_{ГТ}} & 0 \\ 0 & \frac{K_Z^Q}{T_{Вод}} \end{pmatrix}_{2 \times 2}; \quad (7)$$

– Сервомотор:

$$\vec{X} = \begin{pmatrix} X_{СМ} \\ V_{СМ} \\ \Delta P \end{pmatrix}_{3 \times 1}; \quad A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\frac{1}{T_{СМ}^{M^2}} & -\frac{2\xi_{СМ}}{T_{СМ}^M} & \frac{K_{\Delta P}^{X_{СМ}}}{T_{СМ}^{M^2}} \\ 0 & -\frac{K_{XP}}{T_{Г}} & -\frac{1}{T_{Г}^{СМ}} \end{pmatrix}_{3 \times 3}; \quad \vec{U} = X_{\omega_{ГТ}}; \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ K_{X_{03}}^P \end{pmatrix}_{3 \times 1}; \quad (8)$$

– Электрогидравлический усилитель:

$$\vec{X} = \begin{pmatrix} X_{os} \\ V_{os} \\ i \end{pmatrix}_{3 \times 1}; A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\frac{1}{T_{эгрп}^{M^2}} & -\frac{2\xi_{эгрп}}{T_{эгрп}^M} & \frac{K_{X_{os}}^i}{T_{эгрп}^{M^2}} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{T_{эгрп}^3} \end{pmatrix}_{3 \times 3} \quad (9)$$

$$\vec{U} = X_{os}; B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{K_{iw}}{T_{эгрп}^3} \end{pmatrix}_{3 \times 1} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \dot{X}_{os} &= V_{os}; \\ \dot{V}_{os} &= -\frac{1}{T_{эгрп}^{M^2}} X_{os} - \frac{2\xi_{эгрп}}{T_{эгрп}^M} V_{os} + \frac{K_{X_{os}}^i}{T_{эгрп}^3} i \\ \dot{i} &= -\frac{1}{T_{эгрп}^3} i + \frac{K_{iw}}{T_{эгрп}^3} U; \end{aligned} \quad (11)$$

Структурно-параметрический синтез унифицированного мультипликативного регулятора частоты вращения гидротурбины:

- Схема регулятора третьего порядка. Астатические регуляторы контуров управления электрогидравлическим усилителем и сервомотором:

$$\begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ r_0 \\ r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & b_0 & 0 & 0 & 0 \\ a_0 & 0 & 0 & 0 & b_1 & b_0 & 0 & 0 \\ a_1 & a_0 & 0 & 0 & b_2 & b_1 & b_0 & 0 \\ a_2 & a_1 & a_0 & 0 & 0 & b_2 & b_1 & b_0 \\ 1 & a_2 & a_1 & a_0 & 0 & 0 & b_2 & b_1 \\ 0 & 1 & a_2 & a_1 & 0 & 0 & 0 & b_2 \\ 0 & 0 & 1 & a_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} a_{n0} \\ a_{n1} \\ a_{n2} \\ a_{n3} \\ a_{n4} \\ a_{n5} - a_0 \\ a_{n6} - a_1 \\ a_{n7} - a_2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

- Схема регулятора второго порядка. Астатический регулятор контура управления частотой вращения гидротурбины:

$$\begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ r_0 \\ r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & b_0 & 0 & 0 \\ a_0 & 0 & 0 & b_1 & b_0 & 0 \\ a_1 & a_0 & 0 & b_1 & b_0 & 0 \\ 1 & a_1 & a_0 & 0 & b_1 & b_0 \\ 0 & 1 & a_1 & 0 & 0 & b_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{H0} \\ a_{H1} \\ a_{H2} \\ a_{H3} \\ a_{H4} - a'_0 \\ a_{H5} - a'_1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Реальные практические результаты в решении этой задачи можно получить, создав системную научно-техническую и нормативную базы, обеспечивающие создание и промышленное внедрение прецизионных систем автоматического регулирования частоты и мощности гидрогенераторных установок, которые способны поддержать заданную

точность и стабильность частоты вырабатываемого электрического тока, а также установленную мощность энергоблоков [8].

Анализ существующего нормативно-методического обеспечения систем автоматического регулирования гидроагрегатов

В настоящее время существует ряд нормативно-технической документации, касающейся вопросов регулирования обратимых гидравлических машин. В ней освещены вопросы автоматического регулирования, поддержания частоты и мощности, настройки регулятором, расчет технико-экономических показателей, а также методов и средств обеспечения.

В то же время западноевропейские энергосистемы (UCTE и др.) обеспечивают более высокое качество регулирования частоты.

Согласно нормам UCTE, регулирование частоты нормируется величиной и временем готовности к использованию резервов, коэффициентом статизма и зоной нечувствительности систем автоматического регулирования агрегатов ГЭС [9, 10]:

- обеспечение первичного регулирования частоты в системе за счет регулировочного резерва мощности не менее 2,5 % текущей нагрузки и его готовности к использованию от 5 до 30 сек. Коэффициент статизма агрегатов для ГЭС – 2-6 %;
- обеспечение вторичного регулирования частоты в объеме мощности наиболее крупного генерирующего блока (1000 МВт) в течение нескольких минут (до 5 мин). К нему относятся изменения мощности включенных агрегатов, выполняемые оперативно персоналом либо воздействием АРЧМ.

Указанные требования значительно отличаются от требований, приведенных в Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Украины [10, 11], а также рядом других основополагающих нормативных документов, касающихся вопросов регулированию гидравлических электростанций.

Приведение выделенной части электростанций к современным требованиям по первичному и вторичному регулированию требует значительных затрат на их модернизацию и может быть реализовано только за счет сочетания технических требований к регулированию частоты в условиях конкурентного рынка электроэнергии, методологии ценообразования на рынке регулирования частоты и организации рынка регулирующей мощности [12].

Общие технические требования определены только к тем управляющим подсистемам АСУ ТП ГЭС, по которым накоплен достаточно большой опыт их функционирования. Эти подсистемы реализованы в основном на традиционных средствах и лишь в ограниченном количестве – на современных средствах вычислительной техники [13].

Применение современной вычислительной техники позволяет расширить функциональные возможности системы управления и выполнять функции, не характерные для аналоговых систем. Поэтому при разработке АСУ ТП представленные в этом документе требования могут быть дополнены с учетом потребностей конкретной ГЭС и возможностей используемой техники.

Заключение

Выполнен параметрический синтез прецизионного регулятора при помощи выбора стандартных характеристических полиномов. Использован принцип мультипликативного управления, в котором синтезируются регуляторы для каждого выделенного автономного отдельного контура.

На сегодняшний день в нормативно-технической и нормативно-методической документации недостаточно полно сформулированы универсальные нормативные методы

структурно-параметрического синтеза прецизионных САР гидроагрегатов, которые гарантированно смогли бы обеспечить высокие показатели точности регулирования частоты вращения и мощности.

В имеющейся документации по системам автоматического регулирования гидравлических турбин недостаточно полно сформулированы системные и количественные требования показателей, а также методы и средства их гарантированного технического обеспечения [14, 15].

Для составления такой документации, необходимо выполнить цикл теоретических и экспериментальных научных исследований, которые будут включать в себя математическое моделирование технологического процесса и оборудования, идентификацию математических моделей по результатам экспериментальных исследований, структурный и параметрический синтез прецизионных регуляторов.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва: Изд-во стандартов, 1999. – 33с.
2. Електроенергетика [Электронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <http://forca.com.ua/info/spravka/normy-kachestva-elektricheskoi-energii.html>
3. Маляренко В. А., Нерівномірність графіка навантаження енергосистеми і способи його вимірювання. Реалізації / В. А. Маляренко, І. Д. Колотило, І. Є. Нечмоглод // ЕЕЕ – 2011. – №5 (87). – С.19-22.
4. Книга 3. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики [Электронный ресурс] / [И. В. Плачков, Н. И. Дунаевская, В. С. Подгуренко и др.] // Киев. – 2012. – Режим доступа к ресурсу: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-2/2>
5. Музей гидроэнергетики УПИЦ [Электронный ресурс] // Углич. – 2005. – Режим доступа к ресурсу: Http://www.hydrmuseum.ru/ru/encyclopedia/glossary/Grafik_nagruzki_obesp_srednesut_mosch
6. Канюк Г. И. Прецизионная система автоматического регулирования гидротурбины / Г. И. Канюк, А. Ю. Мезеря, В. Е. Мельников // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып.: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 17 (1126). – С. 91-96
7. Мельников В. Е. Параметрический синтез астатического регулятора САР частоты вращения гидротурбины на основе решения обратной задачи динамики [Текст] * / В. Е. Мельников // Материалы XXIII межд. науч. конф. (автоматика-2016). – Сумы, 2016. – С. 94 –95.
8. Шавлович З. А. Совершенствование конструкции и режимов работы гидравлических приводов в системах регулирования гидротурбин. / Автореферат диссертации на соискательство ученой степени кандидата технических наук. / З. А. Шавлович // – Санкт-Петербург, 2004.
9. UCTE Operation Handbook – Policy 1: Load-Frequency Control and Performance [Электронный ресурс] // Final policy 2.2 E, 2004 – Режим доступа к ресурсу: https://docuri.com/download/ucte-policy1-v22-load-frequency-control-and-performance_59c1e651f581710b286be8c8_pdf
10. Бондаренко Ю. Н. Опыт внедрения наукоемких технологий в систему управления гидроэлектростанций с целью повышения их надежности и эффективности работы в ОЭС Украины. [Электронный ресурс] / [Ю. Н. Бондаренко] // Корпорация «МАСТ-ИПРА». – 2010. – Режим доступа к ресурсу: <http://docplayer.ru/29672523-Modernizaciya-sistemy-kontrolya-i-upravleniya-energobloka-1-zuevskoy-tes-ooo-vostokenergo.html>
11. Техническая эксплуатация электрических станций и сетей. Правила, [Электронный ресурс] // Отраслевой резервно-инвестиционный фонд развития энергетики -Издание первое, Львов: 2002.-323 с. – Режим доступа к ресурсу: http://rza.org.ua/down/open/tehnicheskaya-ekspluatatsiya-elektricheskikh-stantsiy-i-setey-pravila_31.html
12. О повышении качества первичного и вторичного регулирования частоты электрического тока в ЕЭС [Электронный ресурс] // Отраслевой резервно-инвестиционный фонд развития энергетики – Издание первое, Москва: 2002. – 78 с. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.enersys.ru/wp-content/uploads/2009/09/prikaz.doc>
13. РД 153-34.0-35.519-98. Общие технические требования к управляющим посистемам агрегатного и стационарного уровней АСУ ТП ГЭС:РД 153-34.0-35.519-98. – М.: СПО ОРГРЭС, 1999. – 14 с.
14. Канюк Г. І. Прецизійні системи автоматичного регулювання турбогенераторних установок. / Г. І. Канюк [та ін.] // Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2014. – №11. – С. 12–27.

15. Попов М.А. Усовершенствование методов и способов обеспечения точности систем автоматического регулирования подачи воздуха в домы/ Рукопись/ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.01.02 – стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение / М. А. Попов // Украинская инженерно-педагогическая академия. – Харьков, 2013.

References:

1. HOST 13109-97 Elektrycheskaia enerhiya. Sovmestymost tekhnicheskyykh sredstv elektromahnytnaia normy kachestva elektrycheskoi enerhiyy v systemakh elektrosnabzheniya obshcheho naznacheniya. – Moskva: Yzd-vo standartov, 1999. – 33s.
2. Elektroenerhetyka [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: <http://forca.com.ua/info/spravka/normy-kachestva-elektricheskoi-energii.html>.
3. Malyarenko V. A. Nerivnomirnist hrafika navantazhennia enerhosystemy i sposoby yoho vymiriuvannia. Realizatsii / V. A. Maliarenko, I. D. Kolotylo, I. Ye. Nechmohlod // EEE – 2011. – №5 (87). – S.19-22.
4. Knyha 3. Razvytye teploenerhetyky y hydroenerhetyky [Elektronnyi resurs] / Y. V. Plachkov, N. Y. Dunaevskaia, V. S. Podhurenko y dr. // Kyev. – 2012. – Rezhym dostupa k resursu: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-2/2>
5. Muzei hydroenerhetyky UPUTY [Elektronnyi resurs] // Uhlych. – 2005. – Rezhym dostupa k resursu: [Http://www.hydrmuseum.ru/ru/encyclopedia/glossary/Grafik_nagruzki_obesp_srednesut_mosch](http://www.hydrmuseum.ru/ru/encyclopedia/glossary/Grafik_nagruzki_obesp_srednesut_mosch).
6. Kaniuk H. Y. Pretsyionnaia systema avtomaticheskoho rehulyrovannia hydroturbyny / H. Y. Kaniuk, A. Yu. Mezeria, V. E. Melnykov // Vestnyk Nats. tekhn. un-ta "KhPY": sb. nauch. tr. Temat. vyp.: Enerhetycheskiye y teplotekhnicheskyye protsessy y oborudovanye. – Kharkov: NTU "KhPY". – 2015. – № 17 (1126). – S. 91-96.
7. Melnykov V. E. Parametrycheskyi syntez astaticheskoho rehuliatora SAR chastoty vrashcheniya hydroturbyny na osnove resheniya obratnoi zadachy dynamiky [Tekst] / V. E. Melnykov // Materyaly KhKhIII mezhd. nauch. konf. (avtomatyka-2016). Sumy, 2016. S. 94 –95.
8. Shavlovych Z. A. Sovershenstvovanye konstruksyy y rezhymov raboty hydravlycheskykh pryvodov v systemakh rehulyrovannia hydroturbyn. / Avtoreferat dySSERTatsyy na soyskatelstvo uchenoi stepeny kandydata tekhnicheskyykh nauk. / Z. A. Shavlovych. – Sankt-Peterburh, 2004.
9. UCTE Operation Handbook – Policy 1: Load-Frequency Control and Performance [E]Elektronnyi resurs] // Final policy 2.2 E, 2004 – Rezhym dostupa k resursu: https://docuri.com/download/ucte-policy1-v22-load-frequency-control-and-performance_59c1e651f581710b286be8c8.pdf.
10. Bondarenko Yu. N. Opyt vnedreniya naukoemkykh tekhnolohiy v systemu upravleniya hydroelektrostantsiyi s tseliu povysheniya ykh nadezhnosti y effektivnosti raboty v OES Ukrainy. [Elektronnyi resurs] / [Iu. N. Bondarenko] // Korporatsiya «MAST-YPPRA». – 2010. – Rezhym dostupa k resursu: <http://docplayer.ru/29672523-Modernizatsiya-sistemy-kontrolya-i-upravleniya-energobloka-1-zuevskoy-tes-ooo-vostokenergo.html>.
11. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya elektrycheskykh stantsiy y setei. Pravyla, [Elektronnyi resurs] / // Otrasevoi rezervno-ynvestytsyonnyi fond razvytiya enerhetyky -Yzdanye pervoe, Lvov: 2002.-323 s. – Rezhym dostupa k resursu: http://rza.org.ua/down/open/tehnicheskaya-ekspluatatsiya-elektricheskikh-stantsiy-i-setey-pravila_31.html
12. O povyshenyy kachestva pervynnoho y vtorychnoho rehulyrovannia chastoty elektrycheskoho toka v EES [Elektronnyi resurs] // Otrasevoi rezervno-ynvestytsyonnyi fond razvytiya enerhetyky – Yzdanye pervoe, Moskva: 2002. – 78 s. – Rezhym dostupa k resursu: <http://www.enersys.ru/wp-content/uploads/2009/09/prikaz.doc>.
13. RD 153-34.0-35.519-98. Obshchye tekhnicheskyye trebovaniya k upravliaiushchym posystemam ahrehatnoho y statsyonarnoho urovnei ASU TP HES:RD 153-34.0-35.519-98. – M.: SPO ORHRES, 1999. – 14 s.
14. Kaniuk H. I. Pretsyionni systemy avtomaticheskoho rehuliuivannia turbogeneratornykh ustanovok / H. I. Kaniuk [ta in.] // Enerhosberezhnye. Enerhetyka. Enerhoaudyt. – 2014. – №11. – S. 12–27.
15. Попов М.А. Усовершенствование методов и способов обеспечения точности систем автоматического регулирования подачи воздуха в домы/ Рукопись/ DySSERTatsiya na soyskanye uchenoi stepeny kandydata tekhnicheskyykh nauk po spetsyalnosti 05.01.02 – standartyzatsiya, sertyfykatsiya y metrolohycheskoe obespechenye / М. А. Попов // Ukraynskaia ynzhenerno-pedahohycheskaia akademyia. – Kharkov, 2013.

Прийнята до друку 10.11. 2019 р.

Круглякова Ольга Володимирівна, канд. техн. наук, доцент

Чубарова Вікторія Вікторівна

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, вул. Кірпицьова, 2, м. Харків, Україна, 61002

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГРАДИРНІ БРИЗКАЛЬНОГО ТИПУ З УРАХУВАННЯМ ПОВЕРХНІ КАПЕЛЬ РОЗПИЛЕНОЇ ВОДИ

В статті показано, що ефективність охолодження циркуляційної води в градирнях суттєво впливає на енергетичні характеристики усіх об'єктів енергогенеруючого та енергоспоживчого профілю, коли виникає потреба в охолодженні циркуляційної води. Одним з перспективних напрямків у вирішенні вказаної задачі є реконструкція існуючих, в більшості випадків, застарілих плівкових градирень (ПГ) та крапельних (КГ) в градирні бризкального типу (БГ), які відрізняються простотою конструкції, надійністю в експлуатації, невеликими витратами на проведення ремонту і стабільністю охолоджувального ефекту. Наведено результати натурних випробувань БГ та показано, що міра охолодження циркуляційної води в них (за інших рівних умов) є нижчою, ніж в ПГ і КГ. У зв'язку з цим визначено, що для реалізації в БГ того ж охолоджувального ефекту, що і в ПГ і КГ щільність зрошування, що рекомендується при роботі, наприклад, вентиляторів градирень, повинна співвідноситися певним чином. Так як при реконструкції ПГ і КГ в градирні бризкального типу необхідно зберегти ту ж витрату охолоджуваної води, то очевидно, що необхідна ступінь охолодження в БГ може бути забезпечена як за рахунок використання ефективніших засобів диспергування води, так і за рахунок раціональнішого їх розміщення в робочому об'ємі градирні. Запропонована адекватна математична модель процесу охолодження циркуляційної води в градирні бризкального типу, яка побудована з урахуванням реальної поверхні диспергованої рідини, що дозволяє встановлювати її ефективність вже на рівні передпроектний розробок в залежності від майже усіх режимно-геометричних характеристик об'єкту. Запропонована нова форма узагальнення результатів експериментального випробування градирні у вигляді відносного ступеню охолодження води, що дозволяє встановлювати доцільні діапазони напору води перед розбризкувачем.

Ключові слова: градирня; ефективність охолодження; діапазон напору води

Круглякова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент

Чубарова Виктория Викторовна

Национальный технический университет «Харковский политехнический институт», г. Харьков, Украина, ул. Кирпичёва 2, Харьков, Украина, 61002

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАДИРНИ БРЫЗКАЛЬНОГО ТИПА С УЧЕТОМ ПОВЕРХНОСТИ КАПЕЛЬ РАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ

В статье показано, что эффективность охлаждения циркуляционной воды в градирнях существенно влияет на энергетические характеристики всех объектов энергогенерирующего и энергоспоживчого профиля, когда возникает потребность в охлаждении циркуляционной воды. Одним из перспективных направлений в решении указанной задачи является реконструкция существующих, в большинстве случаев, устаревших пленочных градирен (ПГ) и капельных (КГ) в градирни бризкального типа (БГ), которые отличаются простотой конструкции, надежностью в эксплуатации, небольшими расходами на проведение ремонта и стабильностью охлаждающего эффекта. Приведены результаты натурных испытаний БГ и показано, что степень охлаждения циркуляционной воды в них (при прочих равных условиях) ниже, чем в ПГ и КГ. В связи с этим определено, что для реализации в БГ того же охлаждающего эффекта, что и в ПГ и КГ плотность орошения, что рекомендуется при работе, например, вентиляторов градирен, должна соотноситься определенным образом. Так как при реконструкции ПГ и КГ в градирни бризкального типа необходимо сохранить тот же расход охлаждаемой воды, то очевидно, что необходимая степень охлаждения в БГ может быть обеспечена как за счет использования более эффективных средств диспергирования воды, так и за счет более рационального их размещения в рабочем объеме градирни. Предложена адекватная математическая модель процесса охлаждения циркуляционной воды в градирне бризкального типа, которая построена с учетом реальной поверхности диспергированной жидкости, что позволяет устанавливать ее эффективность уже на уровне передпроектний разработок в зависимости от почти всех режимно-геометрических характеристик объекта. Предложена новая форма обобщения результатов экспериментального испытания градирни в виде относительного степени охлаждения воды, что позволяет устанавливать целесообразные диапазоны напора воды перед разбрызгивателем.

Ключевые слова: градирня; эффективность охлаждения; диапазон напора воды

Krugliakova Olga Vladimirovna, Candidate of Engineering, Associate Professor
Chubarova Viktoriya Viktorovna

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; Kirpichova st., 2, Kharkov, Ukraine, 61002

DETERMINATION OF SPRAY TYPE COOLING TOWER EFFICIENCY TAKING INTO ACCOUNT AN ACTUAL SURFACE OF SPRAYED WATER DROPS

The article shows that the cooling efficiency of circulating water in cooling towers significantly affects the energy characteristics of all the power generating and energoprivod profile when there is a need for cooling of circulating water. One of the promising directions in the solution of this problem is reconstruction of the existing, in most cases, outdated film cooling towers (GHG) and drip (KG) cooling towers breskalenko type (BG), which are distinguished by simplicity of design, reliability, small costs of repair and stability of the cooling effect. The results of field testing the BG and it is shown that the degree of cooling the water circulating in them (ceteris paribus) lower than in the PG and KG. In this regard, it was determined that for the implementation in the BG the same cooling effect as in the PG and KG density of irrigation which is recommended when working, for example, fans of cooling towers, should be correlated in a certain way. As in the reconstruction of the PG and KG in the cooling tower breskalenko type, you must maintain the same flow of cooling water, it is obvious that the required degree of cooling in the BG can be achieved both through the use of more efficient means of dispersing water and due to more efficient placing them in the working volume of the tower. Offered adequate mathematical model of the process of cooling the water circulating in the cooling tower breskalenko type, which is built taking into account the real surface of the dispersed liquid, allowing you to set its efficiency at the level of predpochtenii development depending on almost all modal-geometrical characteristics of the object. The proposed new form of generalization of the results of experimental testing of the cooling tower relative degree of cooling of the water, allowing it to establish reasonable ranges of water pressure before the sprinkler.

Keywords: cooling towers; cooling efficiency; ranges of water pressure

Постановка та актуальність проблеми

Як було показано в наших роботах [1, 2], ефективність охолодження циркуляційної води в градирнях суттєво впливає на енергетичні характеристики усіх об'єктів енергогенеруючого та енергоспоживчого профілю, коли виникає потреба в охолодженні циркуляційної води. Одним з перспективних напрямків у вирішенні вказаної задачі є реконструкція існуючих, в більшості випадків, застарілих плівкових градирень (ПГ) та крапельних (КГ) в градирні бризкального типу (БГ), які відрізняються простотою конструкції, надійністю в експлуатації, невеликими витратами на проведення ремонту і стабільністю охолоджувального ефекту. У той же час, результати натурних випробувань БГ показують, що міра охолодження циркуляційної води в них (за інших рівних умов) є нижчою, ніж в ПГ і КГ. У зв'язку з цим для реалізації в БГ того ж охолоджувального ефекту, що і в ПГ і КГ щільність зрошування, що рекомендується при роботі, наприклад, вентиляторів градирень, повинна співвідноситися таким чином [3]: ПГ-8-12 м³/(м²г); КГ-6-8 м³/(м²г); БГ-5-6 м³/(м²г). Так як при реконструкції ПГ і КГ в градирні бризкального типу необхідно зберегти ту ж витрату охолоджуваної води, то очевидно, що необхідна ступінь охолодження в БГ може бути забезпечена як за рахунок використання ефективніших засобів диспергування води, так і за рахунок раціональнішого їх розміщення в робочому об'ємі градирні.

Відомо, що і відпрацювання ефективних розбризкувачів, і перевірка різних технічних рішень, що стосуються зрошувальної системи градирні, у традиційній постановці вирішується суто експериментально, що пов'язане як з великими матеріальними витратами, так і значними витратами часу. Тому коротший і менш дорогий шлях до вирішення поставленого завдання полягає у відповідному поєднанні методів фізичного експерименту і математичного моделювання. Не зважаючи на те що перші роботи які стосуються застосування БГ [4, 5] і початку теорії тепло-масообміну між повітрям та розпиленою рідиною [6] відносяться до тридцятих-сорокових років, до теперішнього часу методика розрахунків охолодження циркуляційної води майже повністю заснована на емпіричних співвідношеннях, правомірність яких фактично обмежена умовами проведення експерименту. Протягом тривалого часу сама ідея застосування БГ була спірною.

Певний інтерес, в плані вдосконалення методики розрахунку БГ, представляють роботи [7, 8], в яких зроблена спроба врахувати в емпіричних рівняннях, що описують теплообмін і гідравлічний опір градирні, дисперсний склад крапель. Однак і в цих випадках рекомендації для розрахунку обмежені приватними умовами промислових і напівпромислових випробувань.

Деяким компромісом між емпіричними і теоретичними методами розрахунку є робота [8], в якій "числа випарування" в якості основного визначального фактора, що дозволило (при незмінному дисперсному складі крапель, що мав місце в БГ) запропонувати методику розрахунку охолодження циркуляційної води. Аналіз опублікованих результатів дослідження БГ дозволяє зробити висновок, що основною причиною обмеженості існуючих методів розрахунку є не лише суто емпіричний їх характер, але в основному те, що в цих методах розрахунку не знаходиться віддзеркалення впливу реальної величини міжфазної поверхні, яка визначається дисперсним складом крапель.

Основна частина

Відмінною рисою запропонованої нами математичної моделі розрахунку процесу охолодження циркуляційної води в БГ, є використання реальної функції розподілу крапель за розмірами у факелі розпиленої рідини. В якості зазначеної функції використовується рівняння виду

$$V(D) = \frac{2}{3\pi} \bar{\alpha}^4 D^3 K_1(\alpha D), \quad (1)$$

в якому єдиним параметром, визначеним з експерименту на основі лічильно-імпульсного методу [9], є величина параметру розподілу $\bar{\alpha}$.

Безперервна функція (1) розбивається на N інтервалів і для кожного i-того інтервалу записується наступна система рівнянь: рівняння руху одиничної краплі в потоці повітря

$$m \frac{d\vec{V}_k}{d\tau} = \pm m \vec{g} - C_D \Psi(D) \rho_B f_k \frac{|\vec{U}_k| |\vec{U}_k|}{2}, \quad (2)$$

де C_D – коефіцієнт аеродинамічного опору краплі у виді [10]

$$C_D = \frac{24}{Re \bar{e}} + 0,248 \left(1 + \frac{194}{Re \bar{e}}\right)^{0,5} + 0,248, \quad (3)$$

$\Psi(D)$ – коефіцієнт, який враховує деформацію краплі, приймається, як рекомендований у [11]:

$$\Psi(D) = \exp(0,03We)^{1,5}. \quad (4)$$

Рівняння тепло-масообміну для рідинної компоненти дисперсного потоку

$$m \tilde{N}_D \frac{dt_\delta}{d\tau} = f[\alpha(t_D - t_I) + \beta r(\omega_D - \omega_I)], \quad (5)$$

рівняння балансу енергії повітря уздовж лінії струму пароповітряної суміші.

$$M_{II} C_{pII} \frac{dt_{II}}{d\tau} = C_p M_p \frac{dt_p}{d\tau} - i_{II} M_{II} \frac{dd'}{d\tau}, \quad (6)$$

рівняння нерозривності потоку повітря.

$$\frac{dV}{d\tau} = V_{II} F. \quad (7)$$

У разі баштової градирні висотою H ця система рівнянь доповнюється рівнянням природної тяги повітря:

$$H_D (\rho_{II1} - \rho_{II2}) = \xi \frac{V_{II}^2}{2} \bar{\rho}_{II}, \quad (8)$$

де $\bar{\rho}_{II} = 0,5(\rho_{II1} + \rho_{II2})$.

Аеродинамічний опір бризкальної градирні $P_{a.o.}$:

$$P_{a.o.} = \sum_{j=1}^{i=6} P_j, \quad (9)$$

де P_j , аеродинамічний опір i -того елемента градирні

$$P_j = \xi_j \frac{\rho_n V_B^2}{2}. \quad (10)$$

Рівняння (1)–(10) доповнюються співвідношенням для визначення критерію $Nu = \alpha D / \lambda$ у вигляді, що рекомендується в роботі [10]:

$$Nu = 2 + (0,04 Re_k^{0,5} + 0,06 Re_k^{\frac{2}{3}}) Pr_r^{0,4}, \quad (11)$$

де $Nu = 2 + (0,04 Re^{0,5} + 0,06 Re^{\frac{2}{3}}) Pr^{0,4}$; Pr – критерій Прантля.

Коефіцієнт масовіддачі β визначається, виходячи з подібності процесів тепло масообміну, за формулою

$$\frac{\alpha}{\beta C_{вл}} = 1, \quad (12)$$

де теплоємність вологого повітря приймається, як:

$$C_{рп} = 1,0056 + 1,9693 d. \quad (13)$$

Для тієї частини рідини, яка випадає на стінки градирні у вигляді плівки використовується рівняння, запропоноване в роботі [7]:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4}, \quad (14)$$

На підставі узагальнення результатів експериментального дослідження [9] дисперсного складу крапель у факелі розпилювачів, які використовуються у зрошувальній системі градирні, було отримано залежність виду:

$$\bar{\alpha} = 0,24 \Delta P^{0,25}, \quad (15)$$

де $\bar{\alpha}$ – параметр розподілу функції (1), ΔP – перепад тиску на розпилювачі.

Рівняння (15), а також залежності для куту розкриття факелу і характеристики видатності форсунки ударного типу (якими обладнана зрошувальна система градирні) були використані у залежній системі рівнянь математичної моделі. Для встановлення ефективності математичної моделі були використані результати експериментального дослідження бризкальної градирні, схема якої показана на рис.1. При числовій реалізації математичної моделі режимно-геометричні характеристики градирні, а також параметри води на вході охолоджувача, параметри повітря і витрати взаємодіючих середовищ приймались відповідно умовам проведеного експерименту в роботі [12]. Весь обсяг експериментального матеріалу був представлений у вигляді відношення $\frac{\Delta t}{\Delta P}$ в функції ΔP , що відображало відносну ступінь охолодження води, що припадає на одиницю напору перед розбризкувачем. Ці дані наведені на рис. 2. Тут крапками нанесені результати експерименту, суцільні криві отримані в результаті чисельної реалізації математичної моделі.

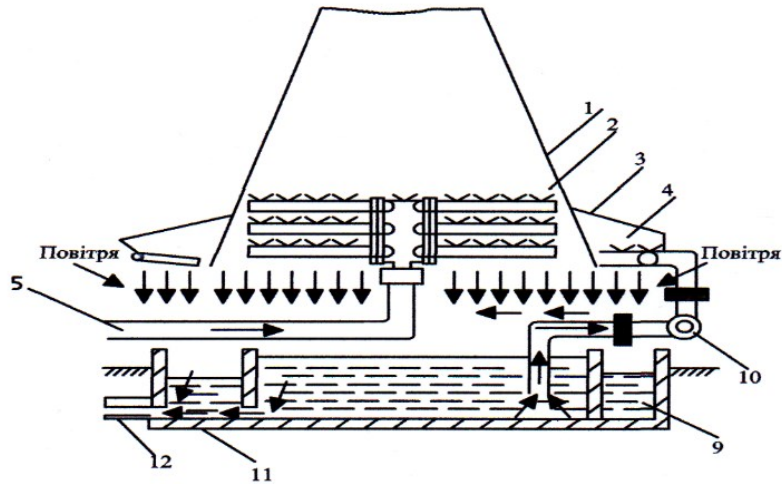


Рис. 1. Схема бризкальної градирні:

1 – витяжна вежа; 2 – проти течії на область; 3 – кільцевий тамбур; 4 – поперечно-точна область; 5 – трубопровід гарячої води; 6 – водозбірний басейн; 7 – трубопровід водопостачання; 8 – роздільна перегородка між водозбірними басейнами; 9 – водозбірний басейн поперечно точної області; 10 – насосний блок; 11 – відведення води з басейну протivotочної області; 12 – загальне скидання води з градирні

Прийняті позначення:

V – швидкість; τ – час; ρ – щільність; t – температура; f – поверхня; α – коефіцієнт теплообміну; β – коефіцієнт масообміну; g – теплота пароутворення; ω – концентрація; C_p – ізобарна теплоємність; i – ентальпія; M – маса; d – вологоємність; ξ – коефіцієнт аеродинамічного опору; P – тиск; m – маса краплі; D – діаметр краплі; Re , Pr , Nu – критерії Ренольдса, Прандтля, Нуссельта; λ – коефіцієнт теплопровідності.

Результати, які показані на рис. 2 по-перше, підтверджують гарне узгодження розрахункових (суспільні лінії) і експериментальних (точки) даних. По-друге, отримане нова проста форма узагальнення експериментальних результатів, яка показує доцільну межу підвищення напору води перед форсунками. Так, для розглянутого варіанту градирні з рис.2 видно, що ця межа лежать в інтервалі $0,08 \leq \Delta P \leq 0,1$ МПа.

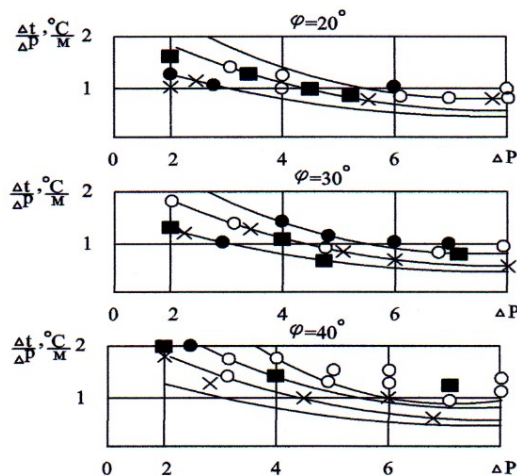


Рис. 2. Залежність відносного ступеню охолодження $\Delta t / \Delta P$ в функції ΔP при різних кутах розкриття факелу φ і діаметрах сопла форсунки d_f . (1- ●●● – сопло d_f 10 мм 2- ○○ – сопло d_f 15 мм 3- ■■■ – сопло d_f 20 мм 4- ×× – сопло d_f 25 мм)

Висновки

В роботі запропонована адекватна математична модель процесу охолодження циркуляційної води в градирні бризкального типу, що дозволяє встановлювати її ефективність вже на рівні передпроектний розробок в залежності від майже усіх режимно-геометричних характеристик об'єкту. Запропонована нова форма узагальнення результатів експериментального випробування градирні у вигляді відносного ступеню охолодження води, що дозволяє встановлювати доцільні діапазони напору води перед розбризкувачем.

Список використаної літератури:

1. Братута Э. Г. Влияние температуры охлаждения воды на эффективность холодильной установки/ Э. Г. Братута, И. В. Смородская// Интегровані технології і енергозбереження. –2000. – № 2. – С. 3–6.
2. Братута Э. Г. Влияние температуры охлаждения воды на теплоэнергетические характеристики при компримировании газов в холодильной технике. / Э. Г. Братута, В. Г. Шерстюк// Интегровані технології і енергозбереження. – 2006. – № 2. – С. 84–88.
3. Гладков В. А. Вентиляторные градирни/ В. А. Гладков, Ю. И. Арефьев, В. С. Пономаренко //– М. Стройиздат, 1976, – 216 с.
4. Giebel C. // Verein deutscher Ingenieure – 1921. V. 242. – P. 1–98.
5. Merkel F. // V.D.I. Zeitschrift. – 1926. – № 4. – P. 123.
6. Simpson W. M., Sherwood T. K. // Refrigerating Engineering. – 1946. – December. – V. 52. – P. 50–58.
7. Берман Д. Д. Испарительные охлаждения циркуляционной воды / Д. Д. Берман. – М., 1957. – 320 с.
8. Морозов В. А. Охлаждение воды в градирнях бризкального типа / В. А. Морозов, В. В. Гончаров // Изв. ВНИИТ им. Б. Е. Веденеева. – 1970. – Т. 92. – С. 274–288.
9. Братута Э. Г. Диагностика капельных потоков при внешних воздействиях/ Э. Г. Братута. – Харьков: – Вища школа, 1987. – 144 с.
10. Терехов В. И. Тепломассоперенос и гидродинамика в газокотельных потоках / В. И. Терехов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 284 с.
11. Раушенбах Б. В. Физические основы рабочего процесса в камерах воздушно-реактивных двигателей/ В. Б. Раушенбах, С. А. Белый, И. В. Беслелов и др. // Изд-во «Машиностроение», М.:1964. – 526
12. Гельфанд Р. Е. Метод теплового расчета брызгальных установок с использованием числа испарения / Р. Е. Гельфанд // Изв. ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. –1980.

References:

1. Bratuta Э. Н. Vlyiyanye temperatury okhlazhdeniya vody na efektyvnost kholodylnoi ustanovky/ Э. Н. Bratuta, Y. V. Smorodskaya// Intehrovani tekhnolohii i enerhozberezhennia. –2000. – № 2. – S. 3–6.
2. Bratuta Э. Н. Vlyiyanye temperatury okhlazhdeniya vody na teploienerhetycheskye kharakterystyky pry kompremyrovanyu hazov v kholodylnoi tekhnike. / Э. Н. Bratuta, V. H. Sherstiuk// Intehrovani tekhnolohii i enerhozberezhennia. – 2006. – № 2. – S. 84–88.
3. Hladkov V. A. Ventyliatornye hradyrny/ V. A. Hladkov, Yu. Y. Arefev, V. S. Ponomarenko //– M. Stroiizdat, 1976, – 216 s.
4. Giebel C. // Verein deutscher Ingenieure – 1921. V. 242. – P. 1–98.
5. Merkel F. // V.D.I. Zeitschrift. – 1926. – № 4. – P. 123.
6. Simpson W. M., Sherwood T. K. // Refrigerating Engineering. – 1946. – December. – V. 52. – P. 50–58.
7. Berman D. D. Ysparytelnye okhlazhdeniya tsyrkulyatsyonnoi vody / D. D. Berman. – М., 1957. – 320 s.
8. Morozov V. A. Okhlazhdenye vody v hradyrniakh bryzghalnoho typu / V. A. Morozov, V. V. Honcharov // Yzv. VNIIT im. B. E. Vedeneeva. – 1970. – T. 92. – S. 274–288.
9. Bratuta Э. Н. Dyagnostyka kapelnykh potokov pry vneshnykh vozdeystviyakh/ Э. Н. Bratuta. – Kharkov: – Vyshcha shkola, 1987. – 144 s.
10. Terekhov V. Y. Teplomassoperenos y hydrodynamyka v hazokotelnykh potokakh / V. Y. Terekhov. – Novosybyrsk: Yzd-vo NHTU, 2009. – 284 s.
11. Raushenbakh B. V. Fyzycheskye osnovy rabocheho protsessa v kamerakh vozdushno-reaktyvnykh dvyhatelyi/ V. B. Raushenbakh, S. A. Belyi, Y. V. Beslelov y dr. // Yzd-vo «Mashynostroeny», M.:1964. – 526
12. Helfand R. E. Metod teplovoho rascheta bryzghalnykh ustanovok s yspolzovanyem chysla ysparenyia / R. E. Helfand // Yzv. VNIIG im. B. E. Vedeneeva. –1980.

Прийнято до друку 15.11. 2019 р.

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).

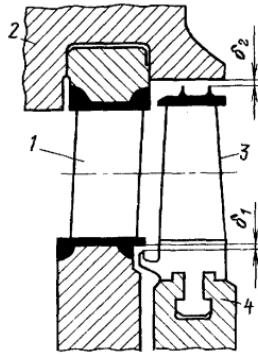


Рис. 1. Схема уцілення ступені: 1 – соплова решітка; 2 – корпус турбіни; 3 – робоча лопатка; 4 - диск

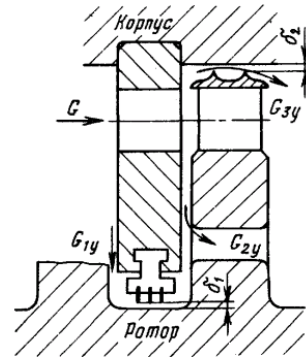


Рис. 2. Схема витоків у турбінному ступені

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.

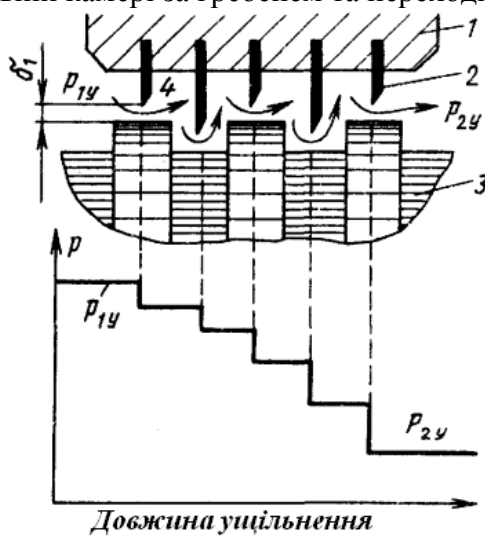


Рис. 3. Лабиринтові уцілення:

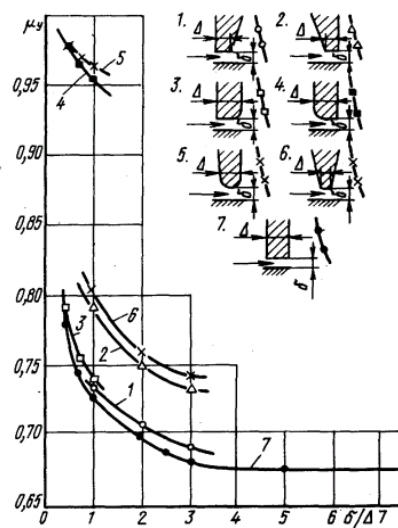


Рис 4. Криві залежності $\mu_y = f\left(\frac{\delta}{\Delta}\right)$

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

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

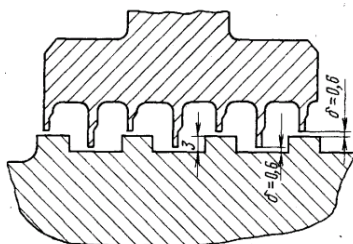


Рис. 5. Діафрагмове ущільнення

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. Дорошків, Т. В. Ріаузова та ін.; за заг. наук. ред. А. Шевцова. – Дніпропетровськ: РІФ НАН України, 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.

Анахов Павло Володимирович, інженер служби телекомунікацій, відокремлений підрозділ "Інформаційно-технологічний центр" державного підприємства "Національна енергетична компанія "Укренерго", м. Київ, Україна, вул. С. Петлюри, 27, 01032, (050)385-7841, anakhov@i.ua

ШВИДКЕ ОЦІНЮВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ВОДОЙМИ

У статті розроблено оперативного методу оцінювання доцільності впровадження інноваційних проектів з використання гідроенергетичного потенціалу власних коливань водойм в невизначених гідрологічних умовах. Визначено, що загальний гідроенергетичний потенціал України, окрім природного стоку, складають хвилі і течії, для використання яких постійно пропонуються нововведення. Показано, що потенціали водойм визначають їх індивідуальні спектри, побудова яких є трудомістким дослідженням. Власні коливання збуджуються одиничним імпульсом зовнішньої по відношенню до водойми сили. Імпульсом зовнішньої сили виступає довгоперіодна хвиля порівняної із власними коливаннями водойми частоти: періодичні припливно-утворюючі сили Сонця і Місяця; вітрове хвилювання, яке призводить до виникнення згонів і нагонів; накопичення води в одній частині водойми, викликане потоками впадаючих і витікаючих рік або зливою; різкі зміни атмосферного тиску над водною поверхнею чи льодовим покривом; сейсмічні явища. Обґрунтовано зв'язок між зовнішньою збуджуючою силою і тією частиною коливань гідрометеорологічної характеристики, яка створюється цією збуджуючою силою, та побудовано генетичний метод довгострокових морських прогнозів. Водойма розглядаються, як генератор сейшових хвиль і течій в невизначених гідрологічних умовах. Для розрахунків застосовано генетичний метод, результатом якого є побудова амплітудно-частотної характеристики коливань басейну, збуджених зовнішньою силою. Наведено типові спектри коливань рівня і течій водойм. Для прийняття рішення щодо доцільності використання потенціалу пропонується порівняти розраховану питому вартість електроенергії із вартістю енергії, виробленої альтернативними способами. Визначено характеристики ГЕС, які слід розглядати при оцінюванні доцільності використання енергетичного потенціалу власних коливань водойми.

Ключові слова: АЧХ водойми; генетичний метод; питома вартість електроенергії; сейшові хвилі.

Анахов Павел Владимирович, инженер службы телекоммуникаций, обособленное подразделение "Информационно-технологический центр" государственного предприятия "Национальная энергетическая компания "Укрэнерго", г. Киев, Украина, ул. С. Петлюры, 27, 01032, (050)385-7841, anakhov@i.ua

БЫСТРОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВОДОЕМА

В статье разработан метод оценки целесообразности внедрения инновационных проектов по использованию гидроэнергетического потенциала собственных колебаний водоемов в неопределенных гидрологических условиях. Определено, что общий гидроэнергетический потенциал Украины, кроме естественного стока, составляют волны и течения, для использования которых постоянно предлагаются нововведения. Показано, что потенциалы водоемов определяют их индивидуальные спектры, построение которых является трудоемким исследованием. Собственные колебания возбуждаются единичным импульсом внешней по отношению к водоему силы. Импульсом внешней силы выступает долгоперіодна волна сопоставимой с собственными колебаниями водоема частоты: периодические приточно-образующие силы Солнца и Луны; ветровое волнение, которое приводит к возникновению ф и нагонів; накопления воды в одной части водоема, вызванное потоками впадающих и вытекающих вод или ливнем; резкие изменения атмосферного давления над водной поверхностью или льдовым покровом; сейсмические явления. Обоснована связь между внешней уплотняющей центробежной силой и той частью колебаний гидрометеорологической характеристики, которая создается этой уплотняющей центробежной силой, и разработан генетический метод долгосрочных морских прогнозов. Водоем рассматривается, как генератор сейшеловых волн и течений в неопределенных гидрологических условиях. Для расчетов применен генетический метод, результатом которого является построение амплитудно-частотной характеристики колебаний бассейна, возбужденных внешней силой. Приведены типичные спектры колебаний уровня и течений водоемов, для принятия решения о целесообразности использования потенциала предлагается сравнить рассчитанную удельную стоимость электроэнергии со стоимостью энергии, производимой альтернативными способами. Определены характеристики ГЭС, которые следует рассматривать при оценке целесообразности использования энергетического потенциала собственных колебаний водоема.

Ключевые слова: АЧХ водоема; генетический метод; удельная стоимость электроэнергии; сейшевые волны.

Anakhov Pavlo Volodymyrovich, engineer of telecommunication office, Separated Subdivision "Information and Technology Centre" State Enterprise "National Energy Company "Ukrenergo", Kiev, Ukraine, S. Petlyury street, 27, 01032, (050)385-7841, anakhov@i.ua

FAST FEASIBILITY ASSESSMENT OF WATER BODIES FREE OSCILLATIONS ENERGY POTENTIAL USE

The author has developed an operational method of assessing the expediency of implementing innovative projects on the use of the hydropower potential of the natural oscillations of water in an uncertain hydrological conditions. It is determined that the total hydropower potential of Ukraine, in addition to natural runoff, are waves and currents, which are constantly offered innovations. It is shown that the capacities of the reservoirs determine their individual spectra, the construction of which is a time consuming study. Self-oscillations are excited by a single pulse external to the reservoir of power. Impulse external force acts Dolgoprudny wave is comparable with the natural oscillations of the reservoir frequency: periodic inlet-forming power of the Sun and moon; wind waves, which leads to f and Negev; the accumulation of water in one part of the reservoir, caused by the streams flowing into and flowing year or rainfall; abrupt variations in atmospheric pressure above the water surface or ice cover; seismic phenomena. Substantiates the connection between the external seal centrifugal force and the part of the fluctuations of the hydrometeorological characteristics of this sealing which is created by centrifugal force, and constructed a genetic method of long-term marine forecasts. The pond is seen as a generator of sasova waves and currents in an uncertain hydrological conditions. For the calculations applied the genetic method, the result of which is the construction of amplitude-frequency characteristics of oscillations of the pool, excited by an external force. Typical spectra level oscillations and currents of water bodies For decision making on the appropriateness of potential it is proposed to compare the calculated unit cost of electricity with the cost of energy produced by alternative methods. The characteristics of GES, which should be considered when assessing the feasibility of using the energy potential of natural oscillations of the reservoir.

Keywords: frequency response of water body; genetic method; unit cost of electricity; seiche waves.

Постановка проблеми

Гідроенергетичний потенціал водойм України складають енергії хвиль і течій. Перелік вітчизняних інновацій, що мають на увазі вирішення проблеми, включає зокрема: оригінальні розробки (див. патенти України, МПК F03B 13/12 – гідроелектростанції, що використовують енергію хвиль або припливів; МПК E02B 9/08 – гідроелектростанції; їх розміщування, конструкція або устаткування, способи та пристрої для їх зведення) [1]; проект хвильової електростанції НВФ "КРОК-1" [2]; проекти хвильових електростанцій ПАТ "Укргідропроєкт" [3]. Редакційною радою журналу «Винахідник і раціоналізатор» проводився конкурс, кращим визначено проект "Стимулювання коливань сейшових хвиль у водосховищах електростанцій", автор Анахов П. В. [4]. Створення умов для резонансного збудження і розгойдування стоячих сейшових хвиль (власних коливань водойм) місячно-сонячними припливами, а також хвилями, що формуються при управлінні водопрпускними гідроспорудами, водоскидними або водопідйомними, дозволить підвищити виробіток електроенергії [5]. Потенціали водойм визначають їх індивідуальні спектри, побудова яких є трудомістким дослідженням. Нововведення поступово дешевшають. Метою статті визначено розробку оперативного методу оцінювання доцільності впровадження інноваційних проєктів з використання гідроенергетичного потенціалу власних коливань водойм в невизначених гідрологічних умовах.

Основний матеріал

На рис. 1, 2 показано типові спектри коливань рівня і течій водойм, відповідно. Питомий потік енергії на одиницю ширини хвильового фронту і на одиницю довжини хвилі вздовж напрямку її поширення (лінійну густину потоку енергії) розрахуємо за формулою [7]:

$$P/m(\omega) = \frac{\rho g^2 A^2}{8\pi f}, \quad (1)$$

де $P/m(\omega)$ – функція частоти хвилі; $\omega = 2\pi f$ – кругова частота; ρ – густина води; g – прискорення вільного падіння; $A=h/2$, h, f , $T=1/f$ – амплітуда, висота, лінійна частота і період хвилі, відповідно.

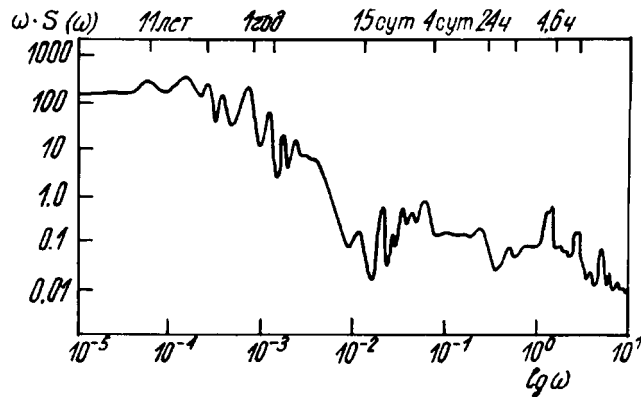


Рис. 1. Спектр коливань рівня Ладозького озера для широкого діапазону частот: основний період поздовжньої сейші (перша мода T_{10}) становить 4,5 години при амплітуді до 8 см [6]

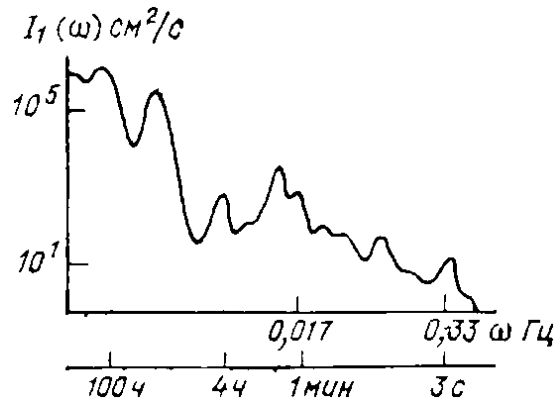


Рис. 2. Спектр течій Ладозького озера [8]

Густину потужності потоку води течії (поверхневу густину потоку енергії) розрахуємо за формулою [7]:

$$\frac{P}{m^2}(\omega) = \rho \frac{V^3}{2}, \quad (2)$$

де V – швидкість течії.

Власні коливання збуджуються одиничним імпульсом зовнішньої по відношенню до імпульсом зовнішньої сили виступає довгоперіодна хвиля порівняної із власними коливаннями водойми частоти: періодичні припливно-утворюючі сили Сонця і Місяця; вітрове хвилювання, яке призводить до виникнення згонів і нагонів; накопичення води в одній частині водойми, викликане потоками впадаючих і витікаючих рік або зливою; різкі зміни атмосферного тиску над водною поверхнею чи льодовим покривом; сейсмічні явища [9]. Виходячи із наявності зв'язку між зовнішньою збуджуючою силою і тією частиною коливань гідрометеорологічної характеристики, яка створюється цією збуджуючою силою, побудовано генетичний метод довгострокових морських прогнозів. В термінах резонансного збудження відкритої частотно-вибіркової системи "водойма" генетичний метод має на увазі зв'язок між зовнішньою збуджуючою силою частотою f_{out} і частотним діапазоном коливань гідрологічної характеристики, який реагує на збудження [10]. Постійно діючою і добре прогнозованою зовнішньою збуджуючою силою є приплив. Не можна оминати увагою той факт, що в японській літературі сейші називають вторинними

коливаннями, спричиненими припливами. Амплітуда сейшової хвилі, збудженої припливом, становить [11]:

$$A = \left[\left(1 - \frac{nf_{out}}{f} \right)^2 + Q^{-2} \left(\frac{nf_{out}}{f} \right)^2 \right], \quad n = (\overline{1;n}) \wedge (\overline{1;1/n}), \quad (3)$$

де Q – добротність водойми, яка визначає втрати енергії в коливальній системі і ширину смуги частот резонансу; \wedge – логічна операція кон'юнкції (АБО).

Частоту поздовжніх сейш розрахуємо за формулою Меріана для прямокутного басейну з горизонтальним дном [11]:

$$f_{m0} = \frac{m\sqrt{g\overline{D}}}{2L}, \quad m = \overline{1;m}, \quad (4)$$

де m – мода поздовжніх коливань; $c = \sqrt{g\overline{D}}$ – швидкість розповсюдження довгоперіодних хвиль в басейні; L, \overline{D} – довжина і середня глибина басейну, відповідно.

Основним фактором, що визначає втрати енергії в замкнутому басейні, є тертя води об дно. Для закритої прямокутної водойми з горизонтальним дном добротність можна розрахувати за формулою [11]:

$$Q = \frac{L}{W}, \quad (5)$$

де W – ширина басейну.

В табл. 1 представлено дані щодо добротностей деяких напівзакритих водойм світу. Резонансні частоти на рівні половинної потужності становлять [11]:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{1/2}^- = f \left(1 - \frac{1}{2Q} \right); \\ f_{1/2}^+ = f \left(1 + \frac{1}{2Q} \right) \end{array} \right\}. \quad (6)$$

Таблиця 1

Значення добротностей напівзакритих водойм світу

Місцезнаходження	Добротність
Бухта Алексеева, о. Попова, Росія [12]	2,9-8,6
Бухта Крабова (прилягаюча акваторія), о. Шикотан, Росія [12]	2,11
Елххорн Слау (Elkhorn Slough), припливний басейн і гирло р. Salinas, затока Монтерей, США [13]	4-8
Затока Аніва, південне узбережжя о. Сахалін, Росія [12]	1,4-5,1
Затока Арраял-ду-Кабу (Arraial do Cabo), Бразилія [13]	12
Затока Касатка, о. Ітуруп, Росія [12]	2
Затока Монтерей (Monterey), США [13]	4-8
М. Горнозаводськ, південно-західне узбережжя о. Сахалін, Росія [12]	1,85-7,5
М. Холмськ, затока Невельського, о. Сахалін, Росія [12]	4,9
Малокурильська бухта, о. Шикотан, Росія	2,8-10,3 [12]; 9-14 [13]
Порт Ферроль (Ferrol), Іспанія [13]	0,7-9,8
С. Бошняково, західне узбережжя о. Сахалін, Росія [12]	2,4-4,7
С. Орлово, західне узбережжя о. Сахалін, Росія [12]	3,9-4,5
С. Чехов, західне узбережжя о. Сахалін, Росія [12]	4,3
Южно-Курильська протока, о-ви Кунашир і Шикотан, Росія [12]	1,7-3,0

На рис. 3 показано отриману в результаті розрахунків амплітудно-частотну характеристику (АЧХ) сейшових коливань Ладозького озера, збуджених місячним припливом періодом $T_{out}=12$ год. 25,2 хв. (площа водної поверхні водойми $S=17\ 836$ км²; довжина $L=197$ км; середня глибина $\bar{D} = 51$ м [9]).

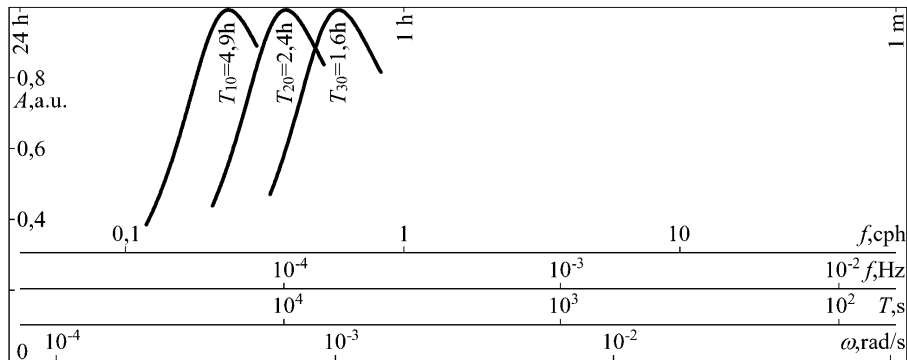


Рис. 3. АЧХ сейш Ладозького озера
Швидкість сейшової течії розраховуємо за формулою [11]:

$$V = A \sqrt{\frac{g}{D}} \tag{7}$$

Потужність ГЕС безпосередньо залежить від коефіцієнта корисної дії використовуваного генератора η у вибраному діапазоні частот:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_w = \eta(f) \times \left(\frac{P}{m}\right) \times l; \\ N_c = \eta(f) \times \left(\frac{P}{m^2}\right) \times s \end{array} \right\} \tag{8}$$

де N_w, N_c – потужності хвильової ГЕС і ГЕС, що використовує енергію течій, відповідно; l, s – довжина і площа гідрохвильових перетворювачів, відповідно.

У багатьох водоймах сейші діють протягом 30-50% тривалості безледоставного періоду: в озері Байкал сейші діють майже безперервно, найбільшу повторюваність мають одноузлові коливання – 84% тривалості безледоставного періоду; в озері Балхаш сейші діють в середньому близько 60% часу, а в окремі місяці безледоставного періоду сумарний час їх дії досягає 80% [14].

Виразимо повторюваність сейш через коефіцієнт їх тривалості за встановлену одиницю часу $k\%$. Тоді сумарна потужність енергетичної установки за встановлену одиницю часу становитиме

$$N_{\%} = k_{\%} N \tag{9}$$

При оцінюванні доцільності використання енергетичного потенціалу власних коливань водойми доречно порівняти питомі вартості електроенергії $C\%$, виробленої різними способами, пропонуваним і альтернативним. Розрахунку підлягає відношення витрат на виробництво електроенергії C до сумарної потужності:

$$C_{\%} = \frac{C}{N_{\%}} \tag{10}$$

Висновки

1. Загальний гідроенергетичний потенціал України, окрім природного стоку, складають хвилі і течії, для використання яких постійно пропонуються нововведення.
2. Водойма розглядається в якості генератора вертикальних коливань хвиль і горизонтальних течій. Для випадку невизначених гідрологічних умов застосовано генетичний метод, результатом якого є побудова АЧХ сейшових коливань, збуджених зовнішньою по відношенню до водойми силою.

3. Визначено характеристики ГЕС, які слід розглядати при оцінюванні доцільності використання енергетичного потенціалу власних коливань водойми.
4. Оцінювання доцільності використання потенціалу власних коливань виконується шляхом порівняння питомих вартостей електроенергії, розрахованої і виробленої альтернативними способами.

Список використаної літератури:

1. Спеціалізована БД "Винаходи (корисні моделі) в Україні". – Режим доступу: <http://base.uipv.org>.
2. Проект енергообеспечения объектов акватории Чёрного моря энергией морских волн / НПФ "Крок-1". Рук. проекта В. Овсянкин. – К., 2009. – Режим доступу: <http://krok-1.com.ua>.
3. Осадчий С. Д. Перспективы развития волновой энергетики / С. Д. Осадчий, А. В. Савченко // Гідроенергетика України. – 2012. – №1. – С. 19-20.
4. Конкурс "Мала поновлювальна енергетика - 2016" завершено! // Винахідник і раціоналізатор. – 2016. – №6. – С. 2.
5. Анахов П. В. Возможные перспективы использования сейшових хвиль в гідроенергетиці України / П. В. Анахов // Гідроенергетика України. – 2016. – №1-2. – С. 10-12.
6. Филатов Н. Н. Гидродинамика озер / Н. Н. Филатов. – СПб.: Наука, 1991. – 200 с.
7. Возобновляемые и вторичные источники энергии / сост. В. М. Житаренко. – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 200 с. – Режим доступу: <http://umm.pstu.edu/handle/123456789/1040>.
8. Филатов Н. Н. Динамика озер / Н. Н. Филатов. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 167 с.
9. Арсеньева Н. М. Сейши на озерах СССР / Н. М. Арсеньева, Л. К. Давыдов, Л. Н. Дубровина, Н. Г. Конкина. – Л.: изд-во Ленинградского университета, 1963. – 184 с.
10. Абузаров З. К. Морские прогнозы / З. К. Абузаров, К. И. Кудрявая, Е. И. Серяков, Л. И. Скриптунова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 319 с.
11. Rabinovich A. B. Seiches and Harbor Oscillations / Handbook of Coastal and Ocean Engineering (ed. by Y. C. Kim). – Singapore: World Scientific Publ., 2009. – P. 193-236.
12. Ковалев П. Д. Особенности сейшевых колебаний в заливах и бухтах Дальнего Востока: Приморья, Сахалина, Южных Курильских островов / П. Д. Ковалев, Д. П. Ковалев // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, вып. 4. – С. 1377-1382.
13. Lopeza M. Long period oscillations and tidal level in the Port of Ferrol / M. Lopez, G. Iglesias, N. Kobayashi // Applied Ocean Research. – 2012. – Vol. 38. – P. 126-134.
14. Судольский А. С. Динамические явления в водоемах / А. С. Судольский. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 263 с.

References:

1. Spetsializovana BD "Vynakhody (korysni modeli) v Ukraini". – Rezhym dostupu: <http://base.uipv.org>.
2. Proekt enerhoobespecheniya obyektov akvatoryy Chërnoho moria enerhyei morskyykh voln / NPF "Krok-1". Ruk. proekta V. Ovsiankin. – K., 2009. – Rezhym dostupu: <http://krok-1.com.ua>.
3. Osadchyi S. D. Perspektyvy rozvytyia volnovoï enerhetyky / S. D. Osadchyi, A. V. Savchenko // Hidroenerhetyka Ukrainy. – 2012. – №1. – S. 19-20.
4. Konkurs "Mala ponovliuvalna enerhetyka - 2016" zavershenno! // Vynakhidnyk i ratsionalizator. – 2016. – №6. – S. 2.
5. Anakhov P. V. Mozhlyvi perspektyvy vykorystannia seishovykh khvyl v hidroenerhetytsi Ukrainy / P. V. Anakhov // Hidroenerhetyka Ukrainy. – 2016. – №1-2. – S. 10-12.
6. Fylatov N. N. Hydrodynamyka ozer / N. N. Fylatov. – SPb.: Nauka, 1991. – 200 s.
7. Vozobnovliaemyye y vtorychnyye ystochnyky enerhyy / sost. V. M. Zhytarenko. – Maryupol: PHTU, 2006. – 200 s. – Rezhym dostupu: <http://umm.pstu.edu/handle/123456789/1040>.
8. Fylatov N. N. Dynamyka ozer / N. N. Fylatov. – L.: Hydrometeoyzdat, 1983. – 167 s.
9. Arseneva N. M. Seishy na ozerakh SSSR / N. M. Arseneva, L. K. Davydov, L. N. Dubrovyna, N. H. Konkyna. – L.: yzd-vo Lenynhradskoho unyversyteta, 1963. – 184 s.
10. Abuziarov Z. K. Morskye prohnozy / Z. K. Abuziarov, K. Y. Kudriavaia, E. Y. Seriakov, L. Y. Skryptunova. – L.: Hydrometeoyzdat, 1988. – 319 s.
11. Rabinovich A. B. Seiches and Harbor Oscillations / Handbook of Coastal and Ocean Engineering (ed. by Y. C. Kim). – Singapore: World Scientific Publ., 2009. – P. 193-236.
12. Kovalev P. D. Osobennosti seishovykh kolebaniy v zalyvakh y bukhtakh Dalneho Vostoka: Prymor'ia, Sakhalyna, Yuzhnykh Kurylyskyykh ostrovov / P. D. Kovalev, D. P. Kovalev // Vestnyk Tambovskoho unyversyteta. Seryia: Estestvennye y tekhnicheskyye nauky. – 2013. – T. 18, vyr. 4. – S. 1377-1382.
13. Lopeza M. Long period oscillations and tidal level in the Port of Ferrol / M. Lopez, G. Iglesias, N. Kobayashi // Applied Ocean Research. – 2012. – Vol. 38. – P. 126-134.
14. Sudolskiy A. S. Dynamicheskiye yavleniya v vodoemakh / A. S. Sudolskiy. – L.: Hydrometeoyzdat, 1991. – 263 s.

Прийнята до друку 27. 11. 2019 р.

Самойлик Олександр Васильович, канд. тех. наук, доцент, тел. 067-739-45-96, smsm@ukr.net,
Курбака Галина Василівна, старший викладач, тел. 067-345-06-67, kyrbaka77@mail.ru
Дудник Максим Віталійович магістр кафедри електротехнічних систем,
 Черкаський державний технологічний університет; м. Черкаси, б-р. Шевченка, 460

АНАЛІЗ БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТІ ЛОКАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

У статті розглянуто підходи щодо оптимізації параметрів електрогенеруючого комплексу, побудованого на базі вітроенергетичних установок (ВЕУ), сонячних електростанцій (СЕС) на базі фотоелектричних панелей і малих гідроелектростанцій (МГЕС), розташованих в заданій географічній точці місцевості і призначених для електропостачання підприємств обмеженої потужності. Наведено аналіз їх працездатності в різних режимах експлуатації і при визначених характеристиках системи акумулювання. Досліджено систему, яка включає електрогенеруючі компоненти, компоненти акумулювання і скидання електроенергії, а також підприємство обмеженою потужності. Зв'язок між компонентами здійснено за допомогою контролера (системи управління), що реагує їх на поточний стан. Вхідними енергетичними потоками системи є енергії вітру, сонячного випромінювання і водяного потоку, що перетворюються відповідно вітроелектричними генераторами, фотоелектричними перетворювачами і гідроелектричними генераторами. Потоки електроенергії після перетворення і стабілізації направляються споживачу, надлишки – в систему акумулювання енергії. Частина енергії, яку неможливо акумулювати, в силу обмеженості ємності акумуляторних батарей або перевищення допустимого значення струму заряду, перетворюється на теплову енергію, наприклад, за допомогою системи баластних опорів (СБО) і розсіюється. Якщо згенерованої енергії недостатньо, то системі управління надходить інформаційний сигнал про необхідність підключення до електропостачання підприємства системи акумулювання. Наведено аналіз балансу потужностей в системі автономного електропостачання підприємства обмеженою потужністю. Отримано аналітичні співвідношення та створено математичну модель системи автономного електропостачання підприємства з використанням джерел альтернативної енергетики.

Ключові слова: Система акумулювання електроенергії; баланс потужностей; енергетичний баланс.

Самойлик Александр Васильевич, канд. тех. наук, доцент, тел. 067-739-45-96, smsm@ukr.net,
Курбака Галина Васильевна, старший преподаватель, тел. 067-345-06-67, kyrbaka77@mail.ru
Дудник Максим Витальевич магистр кафедры электротехнических систем,
 Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы, б-р. Шевченко, 460

АНАЛИЗ БАЛАНСА МОЩНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И АКУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В статье рассмотрены подходы к оптимизации параметров электрогенерирующего комплекса, построенного на базе ветроэнергетических установок (ВЭУ), солнечных электростанций (СЭС) на базе фотоэлектрических панелей и малых гидроэлектростанций (МГЭС), расположенных в заданной географической точке местности и предназначенных для электроснабжения предприятий ограниченной мощности. Приведен анализ их работоспособности в различных режимах эксплуатации и при определенных характеристиках системы аккумулярования. Исследована система, которая включает электрогенерирующие компоненты, компоненты аккумулярования и сброса электроэнергии, а также предприятие ограниченной мощности. Связь между компонентами осуществлено при помощи контроллера (системы управления), что реагирует их текущее состояние. Входными энергетическими потоками системы энергии ветра, солнечного излучения и водяного потока, что превращаются соответственно ветроэлектрическими генераторами, фотоэлектрическими преобразователями и гидроэлектрическими генераторами. Потоки электроэнергии после преобразования и стабилизации направляются потребителю, излишки – в систему аккумулярования энергии. Часть энергии, которую невозможно аккумуляровать, в силу ограниченности емкости аккумуляторных батарей или превышения допустимого значения тока заряда, превращается в тепловую энергию, например, с помощью системы балластных сопротивлений (СБО) и рассеивается. Если сгенерированной энергии недостаточно, то системе управления поступает информационный сигнал о необходимости подключения к электроснабжению предприятия системы аккумулярования. Приведен анализ баланса мощностей в системе автономного электроснабжения предприятия ограниченной мощности. Получены аналитические соотношения и создана математическая модель системы автономного электроснабжения предприятия с использованием источников альтернативной энергетики.

Ключевые слова: Система аккумулярования электроэнергии; баланс мощностей; энергетический баланс.

Samojlyk Oleksandr Vasylovych, Ph.D., associate professor, *phone number 067-739-45-96, smsm@ukr.net*
Kurbaka Galyna Vasylivna, senior lecturer, *phone number 067-345-06-67, kurbaka77@mail.ru*
Dudnyk Maksym Vitalijovych, holder of a Master's degree of electrical systems chair
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Shevchenko blvd, 460

ANALYSIS OF LOCAL POWER SUPPLY SYSTEM POWER BALANCE BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES AND STORAGE BATTERIES

In the article the approaches to parameter optimization power generation system, based on the wind turbines (wind turbines), solar power plants (SPP) on the basis of photovoltaic panels and small hydroelectric plants (SHP) located in the specified geographical location and is intended for power supply of enterprises of limited power. The analysis of their performance in various operating modes and certain characteristics of the system of accumulation. Researched system that includes a power generating components, the components of accumulation and discharge of electricity, and also the enterprise of limited power. Communication between components implemented by the controller (control system) that reacts to their current state. Input energy flows of the system of wind energy, solar radiation and water flow, which become respectively droelectric generators, photoelectric converters and generators toelectricity. The flow of electricity after the conversion and stabilization are directed to the consumer surplus in the energy storage system. The part of energy that cannot be accumulated, because of limited battery capacity or it exceeds the maximum value of the charging current turns into heat energy, for example, using a system of ballast resistors (SBO) and scatters. If the generated energy is insufficient, the control system receives the information signal about the need to connect to the electricity supply enterprises of the system of accumulation. The analysis of the balance of power in the auxiliary power supply of the enterprises of limited power. The proposed analytical relations and the mathematical model of a system of Autonomous power supply of the enterprise with the use of sources of alternative energy.

Keywords: *energy storage system; power balance; energy balance*

Вступ

Одним із напрямків модернізації вітчизняної електроенергетики є активне впровадження децентралізованої генерації (ДГ), у тому числі на основі поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) [1]. Децентралізовані системи електропостачання найбільш ефективні для забезпечення електричною енергією наступних груп споживачів: індивідуальні споживачі невеликої потужності від одиниць до десятків кВт (метеостанції, вежі стільникового зв'язку, фермерські господарства, прикордонні, пости і тощо); групові непромислові споживачі встановленою потужністю від десятків до сотень кВт (об'єкти соціальної сфери, торгіві, підприємства і установи охорони здоров'я тощо); промислові підприємства з встановленою потужністю від сотень до тисяч кВт (головним чином підприємства нафтогазодобувної галузей). При використанні енергетичних комплексів (ЕК) на базі різних видів ПДЕ актуальною стає оптимізація режимів роботи складових комплексу [2, 3]. Враховуючи наявний технічний гідровітросонячний потенціал регіонів України [4], найбільш ефективним представляється енергетичний комплекс (ЕК), що складається з мікрогідроелектростанції (МГЕС), вітроелектростанції (ВЕС), сонячної електростанції (СЕС).

Постановка задачі

Використання енергетичних установок на основі ПДЕ в малих автономних енергосистемах утруднене відсутністю у них можливостей забезпечення гарантованого енергопостачання. Подолання цієї проблеми забезпечується застосуванням акумуляторів електроенергії.

Метою дослідження є оптимізація параметрів електрогенеруючого комплексу, побудованого на базі вітроенергетичних установок (ВЕУ), сонячних електростанцій (СЕС) на базі фотоелектричних панелей і малих гідроелектростанцій (МГЕС), розташованого в заданій географічній точці місцевості і призначеного для електропостачання підприємств обмеженою потужністю; аналіз його працездатності в різних режимах експлуатації і при визначених характеристиках системи акумуляування - акумуляторних батареях.

Предмет дослідження даної статті – система, що зображена на рис. 1, яка включає електрогенеруючі компоненти, компоненти акумулювання і скидання електроенергії, а також підприємство обмеженою потужності. Зв'язок між компонентами здійснюється за допомогою контролера (системи управління), що реагує їх на поточний стан.

Метою дослідження є: аналіз балансу потужностей в системі автономного електропостачання (рис. 1) підприємства обмеженою потужності; отримання аналітичних співвідношень для створення математичної моделі системи автономного електропостачання підприємства з використанням джерел альтернативної енергетики. отримання аналітичних співвідношень для створення математичної моделі системи автономного електропостачання підприємства з використанням джерел альтернативної енергетики.

Наявність або відсутність окремих електрогенеруючих компонентів визначає структуру системи. Параметрами системи є кількісний склад і властивості кожного з її компонентів. Стан компонента, – є деяка функція часу, що залежить від його параметрів і впливів з боку інших компонентів.

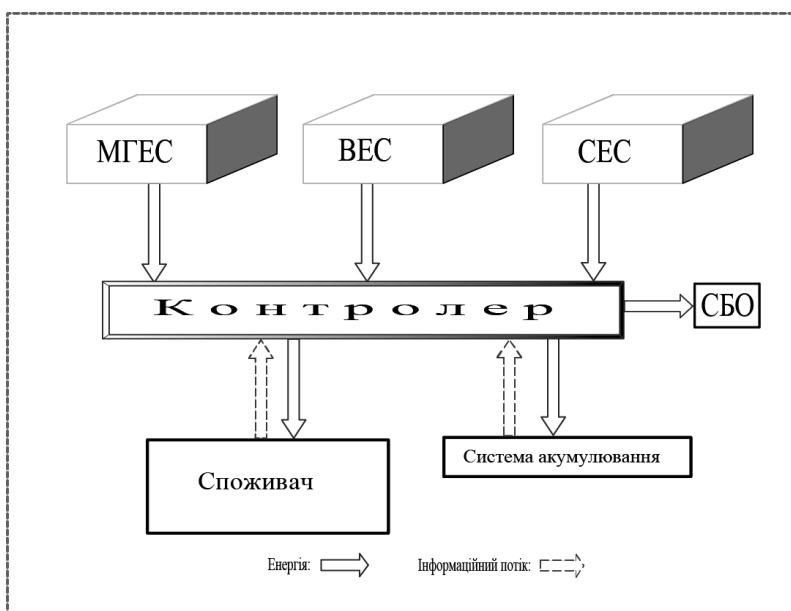


Рис. 1. Енергетичні потоки в системі автономного електропостачання підприємства обмеженою потужності: МГЕС – мікрогідроелектростанція, ВЕС – вітроелектростанція, СЕС – сонячна електростанція, СБО – система баластних опорів

Вхідними енергетичними потоками системи є енергії вітру, сонячного випромінювання і водяного потоку, що перетворюються відповідно вітроелектричними генераторами, фотоелектричними перетворювачами і гідроелектричними генераторами. Потоки електроенергії після перетворення і стабілізації направляються споживачу, надлишки – в систему акумулювання енергії. Частина енергії, яку неможливо акумулювати, в силу обмеженості ємності акумуляторних батарей або перевищення допустимого значення струму заряду, перетворюється на теплову енергію, наприклад, за допомогою системи баластних опорів (СБО) і розсіюється. Якщо згенерованої енергії недостатньо, то системі управління надходить інформаційний сигнал про необхідність підключення до електропостачання підприємства системи акумулювання. Основний показник працездатності системи електропостачання – можливість забезпечення підприємства електроенергією потужністю не нижче необхідної:

$$P_{Г} + P_{а} \geq P_{СП} \cdot k_{з}, \tag{1}$$

де $P_{Г}$ – потужність, що генерується спільно всіма типами джерел енергії, Вт;

P_a – потужність акумульована, Вт; $P_{СП}$ – потужність, що необхідна приймачу (споживачеві), Вт; k_3 – коефіцієнт запасу.

Ефективність електрогенеруючого комплексу, в загальному випадку, – цілий набір значень показників, що визначають не тільки його працездатність, а й надійність, характеристики економічного плану: вартість, собівартість електроенергії, термін окупності, площа розміщення, зручність обслуговування і багато іншого. Рішення завдання проектування дійсно ефективного електрогенеруючого комплексу, може бути здійснено тільки шляхом застосування методів моделювання і оптимізації, що спираються на сучасні комп'ютерні технології [5]. Вважаючи систему автономного електропостачання підприємства, представлену на рис. 1 замкнутої, можна стверджувати, що сума потужностей джерел електричної енергії повинна дорівнювати сумі потужностей, які витрачаються в приймачах цієї енергії за вирахуванням втрат внаслідок її передачі і різного роду перетворень. Джерелами енергії в даній системі є пристрої, що використовують енергію вітру, сонячного випромінювання і водяного потоку для генерації електричного струму. Споживач – підприємство обмеженою потужності і баластний опір.

Система акумулювання електроенергії, в залежності від кількісного співвідношення вироблюваної і споживаної енергії, може виступати як в ролі її джерела, так і приймача. Відповідно, на практиці можливі такі варіанти руху енергетичних потоків, що визначають баланс потужностей в даній системі автономного електропостачання підприємства:

1. Потужність електроенергії (P_G), що генерується в будь-який момент часу (t), з розглянутого часового відрізка (T), з урахуванням втрат, більше потужності, що необхідна підприємству ($P_{СП}$).

Кількість енергії, можливе для збереження в поточний момент часу (t) визначається двома параметрами: «вільною» ємністю системи акумулювання (Θ_a) і максимальним значенням струму заряду (I_3). Якщо значення ємності акумулятора одно C_a , то

$$C_a \cdot (1 - k_p) \geq \Theta_a, \quad (2)$$

де k_p – коефіцієнт допустимого розряду акумулятора (зазвичай $k_p \approx 0,2$).

На рис. 2 представлено баланс потужностей в системі автономного електропостачання підприємства в режимі зарядки акумулятора; тут P_6 – потужність, що виділяється на системі баластних опорів (СБО).

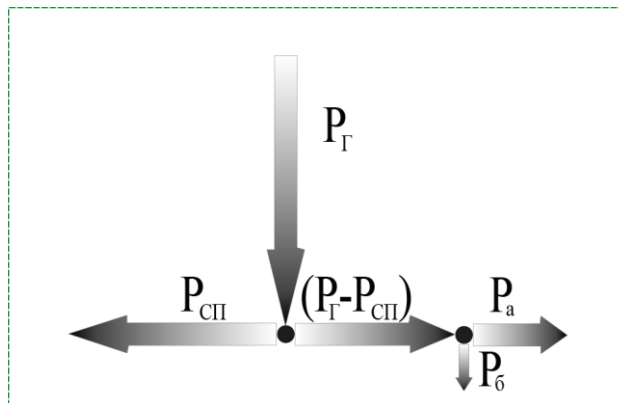


Рис. 2. Баланс потужностей в системі автономного електропостачання підприємства в режимі зарядки акумулятора

Таким чином, математичне вираження для розрахунку балансу потужностей при $P_a = P_\Gamma - \frac{P_{СП}}{\chi} \geq 0$ відповідно до рис. 2 матиме вигляд:

$$\begin{cases} P_a \cdot t \leq \Theta_a \cdot U_a \cdot k_a; \\ I_a = \frac{P_a}{N_a \cdot U_a} \leq I_3, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Theta_a^k = \Theta_a - \frac{P_a \cdot t}{U_a} \eta; \\ P_6 = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

$$\begin{cases} P_a \cdot t \leq \Theta_a \cdot U_a \cdot \eta; \\ I_a = \frac{P_a}{N_a \cdot U_a} > I_3, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Theta_a^k = \Theta_a - I_3 \cdot t \cdot \eta; \\ P_6 = P_a - I_3 \cdot U_a \end{cases}, \quad (4)$$

$$\begin{cases} P_a \cdot t \geq \Theta_a \cdot U_a \cdot \eta; \\ I_a = \frac{P_a}{N_a \cdot U_a} \leq I_3, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \bar{\Theta}_a = 0; \\ P_6 = P_a - \frac{\Theta_a \cdot U_a}{\eta \cdot t} \end{cases}, \quad (5)$$

$$\begin{cases} P_a \cdot t \geq \Theta_a \cdot U_a \cdot \eta; \\ I_a = \frac{P_a}{N_a \cdot U_a} > I_3, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Theta_a^k = \Theta_a - I_3 \cdot t \cdot \eta; \\ P_6 = (P_a - I_3 \cdot U_a) \end{cases}, \quad (6)$$

де N_a – кількість акумуляторних батарей, з'єднаних паралельно;
 U_a – напруга заряду однієї акумуляторної батареї, В;
 I_a – струм заряду однієї акумуляторної батареї, А;
 $\eta < 1$ – ККД акумулятора;
 Θ_a і Θ_a^k – початкове і кінцеве значення «вільної» ємності системи акумулявання, А·год;
 P_a – надлишок потужності, частина якої може бути акумуляована або розсіяна баластним навантаженням, Вт;
 $\chi < 1$ – ККД інвертора.

1. Потужність електроенергії (P_Γ), що генерується в будь-який момент часу (t) з розглянутого часового відрізка (T) з урахуванням втрат, менше потужності, необхідної підприємству ($P_{СП}$). Дефіцит потужності повинен бути заповнений, якщо це можливо, з системи акумулявання електроенергії (рис. 3).

Математичний опис балансу потужностей при $P_a = P_\Gamma - \frac{P_{СП}}{\chi} < 0$, відповідно до рис. 3:

$$\begin{cases} |P_a| \cdot t \leq [(1 - k_p) \cdot C_a - \Theta_a] \cdot U_a; \\ I_a = \frac{|P_a|}{N_a \cdot U_a} \leq I_p, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Theta_a^k = \Theta_a + \frac{|P_a| \cdot t}{U_a} \Psi_p(I_a); \\ \bar{C}_a = (1 - k_p) \cdot C_a - \Theta_a^k > 0 \end{cases}, \quad (7)$$

де I_p – максимально допустимий струм розряду акумулятора, А;
 $\Psi_p(I_a)$ – деяка коригувальна функція струму розряду в ланцюзі системи акумулявання, значення якої ≥ 1 ;
 \bar{C}_a – поточна ємність акумулятора, А·год.

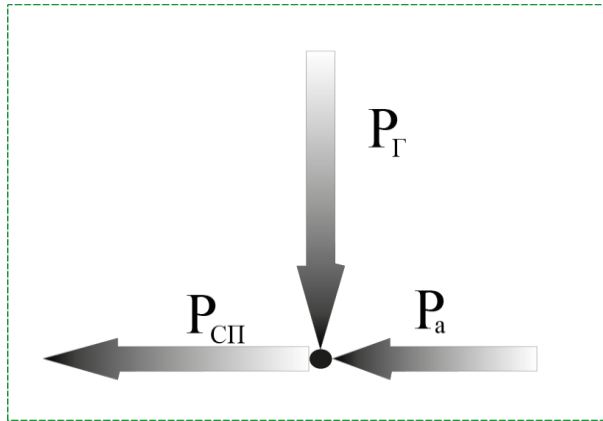


Рис. 3. Баланс потужностей в системі автономного електропостачання підприємства в режимі розрядки акумуляторів: $P_Г$ – потужність електроенергії, що генерується в будьякий момент; $P_{СП}$ – потужність споживача; $P_а$ – надлишок потужності, частина якої може бути акумульована

Значення параметрів I_p і \bar{C}_a визначають працездатність системи електропостачання підприємства.

Найважливішими характеристиками системи акумулювання є її ємність, швидкість акумуляції (заряду) і параметри віддачі електроенергії (розряду). Останні з одного боку обмежуються гранично допустимі значення струмів заряду (I_3) і розряду (I_p), з іншого – залежністю значення реальної ємності деяких з систем акумулювання від величини струму розряду.

Сумарна потужність (1) в загальному випадку є функцією часу, значення якої доступні в дискретних точках t_i , заданих через постійні часові проміжки:

$$\Delta T = t_{i+1} - t_i = \text{const.} \quad (8)$$

Тоді, вважаючи що функція $P_Г(t)$ на відріжку часу ΔT змінюється за лінійним законом від значення P_1 до P_2 , а споживана потужність $P_{СП}$ постійна, матимемо такі вирази для розрахунку надлишкової $W_{над}$ і відсутньої $W_{від}$ енергії при наступних чотирьох можливих варіантах співвідношень між значеннями P_1 , P_2 і $P_{СП}$:

$$1) \quad P_1 \geq \frac{P_{СП}}{\chi}, \quad P_2 \geq \frac{P_{СП}}{\chi}, \quad \begin{cases} W_{над} = \frac{P_1 + P_2 - \frac{2P_{СП}}{\chi}}{2} \cdot \Delta T; \\ W_{від} = 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$2) \quad P_1 < \frac{P_{СП}}{\chi}, \quad P_2 < \frac{P_{СП}}{\chi}, \quad \begin{cases} W_{від} = \frac{\frac{2P_{СП}}{\chi} - P_1 - P_2}{2} \cdot \Delta T; \\ W_{над} = 0 \end{cases} \quad (10)$$

$$3) \quad P_1 > \frac{P_{СП}}{\chi}, \quad P_2 < \frac{P_{СП}}{\chi}, \quad \left\{ \begin{array}{l} W_{над} = \frac{\left(P_1 - \frac{P_{СП}}{\chi}\right)^2}{2(P_1 - P_2)} \cdot \Delta T \\ W_{від} = \frac{\left(P_2 - \frac{P_{СП}}{\chi}\right)^2}{2(P_1 - P_2)} \cdot \Delta T \end{array} \right. ; \quad (11)$$

$$4) \quad P_1 < \frac{P_{СП}}{\chi}, \quad P_2 > \frac{P_{СП}}{\chi}, \quad \left\{ \begin{array}{l} W_{над} = \frac{\left(P_2 - \frac{P_{СП}}{\chi}\right)^2}{2(P_2 - P_1)} \cdot \Delta T \\ W_{від} = \frac{\left(P_1 - \frac{P_{СП}}{\chi}\right)^2}{2(P_2 - P_1)} \cdot \Delta T \end{array} \right. . \quad (12)$$

Рисунок 4 ілюструє розглянуті 4 варіанти.

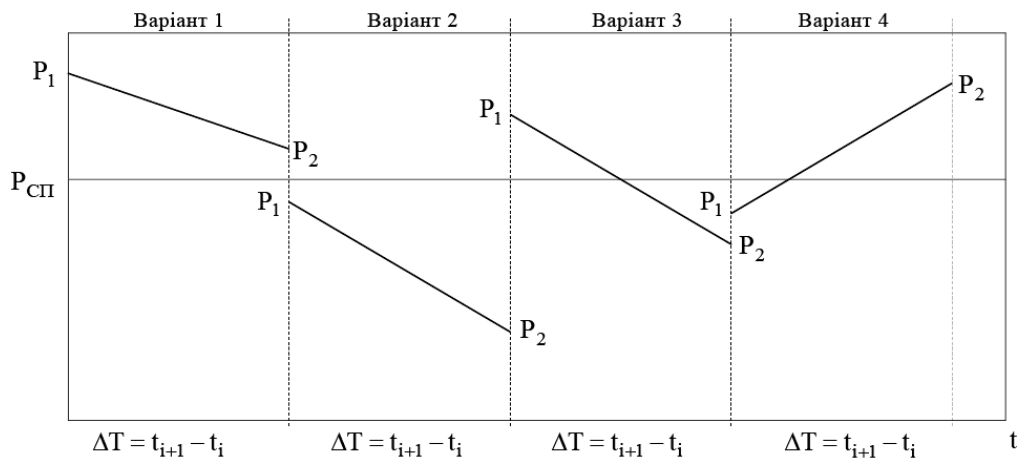


Рис. 4. Можливі варіанти співвідношень між значеннями P_1 , P_2 і $P_{СП}$

Таким чином, на часовому відрізку $[t_i, t_{i+1}]$ $i=0,1,2...m$ значення потужності, надлишкової $\Delta W_i \geq 0$ або відсутньої $\Delta W_i < 0$, відповідно до залежностями (9) – (12), дорівнює:

$$\Delta W_i = W_{н} - W_{в}, \quad (13)$$

де i – порядковий номер часового відрізка.

Якщо $\Delta W_i \geq 0$, то частина надлишкової енергії $\Delta \Theta_a \cdot \Delta T_i$ може бути акумульована:

$$\Delta \Theta_{ai} = \Theta_{ai} - \Theta_{ai}^k, \quad (14)$$

а решта – розсіяна.

При цьому енергетичний баланс системи описується таким співвідношенням:

$$\Delta \Theta_{ai} \cdot U_a + P_{бі} \cdot \Delta T = \Delta W_i, \quad (15)$$

де Θ_{ai} , Θ_{ai}^k , $P_{\sigma i}$ – визначаються з рівнянь (3) – (6) з урахуванням наступних рівностей:

$$P_a = \frac{\Delta W_i}{\Delta T}, \quad P_{\sigma i} = P_{\sigma}, \quad \Delta T = t. \quad (16)$$

Якщо $\Delta W_i < 0$, то інша частина енергії $\Delta \Theta_a \cdot \Delta T_i$ повинна бути заповнена з системи акумулювання. Рівняння енергетичного балансу системи в цьому випадку:

$$\frac{\Delta W_i}{\Delta T} = \Delta \Theta_a \cdot \Delta T_i, \quad (17)$$

де Θ_{ai} – може бути знайдена з рівнянь (7) з урахуванням (16).

Співвідношення (15) і (17) представляють математичну модель системи автономного електропостачання підприємства з використанням джерел альтернативної енергетики. Рішення задачі моделювання передбачає реалізацію послідовності математичних розрахунків, відповідно до розробленої методики, для m часових точок t_1, t_2, \dots, t_m , якими розбиває досліджуваний проміжок часу T ($m-1$) інтервал.

Висновки

Отримані співвідношення (15) і (17), що представляють математичну модель системи автономного електропостачання підприємства з використанням джерел альтернативної енергетики.

Проведено аналіз балансу потужностей в системі автономного електропостачання з використання ПДЕ для підприємства обмеженої потужності.

Список використаних джерел:

1. Праховник А. В. Интегрированное ресурсное планирование энергозабезпечення [Електронний ресурс] / А. В. Праховник, О. В. Кулик. – Режим доступу : http://esco-ecosys.narod.ru/2006_5/art_09.doc.
2. Агроскин В. Распределённая генерация, перспективы и проблемы [Електронний ресурс] / В. Агроскин // ЭСКО / Електронний журнал енергосервісної компанії «Екологічні системи». – 2003. – № 7 (19). – Режим доступу до журн. : http://esco-ecosys.narod.ru/2003_7.
3. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах [Текст] / О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко // Технічна електродинаміка. – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2011. – № 1 – С. 46–53.
4. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії. – К.: Інст. возобновляемой энергетике НАНУ. – 2005. – 44 с.
5. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS /В. Кельтон, А. Лоу. 3-е изд. – СПб.: Киев, Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.

Referenses:

1. Prakhovnyk A. V. Intehrovane resursne planuvannia enerhozabezpechennia [Elektronnyi resurs] / A. V. Prakhovnyk, O. V. Kulyk. – Rezhym dostupu : http://esco-ecosys.narod.ru/2006_5/art_09.doc.
2. Ahroskyn V. Raspredeľnaia heneratsyia, perspektivy y problemy [Elektronnyi resurs] / V. Ahroskyn // ЭСКО / Elektronnyi zhurnal enerhoservisnoi kompanii «Ekolohichni systemy». – 2003. – № 7 (19). – Rezhym dostupu do zhurn. : http://esco-ecosys.narod.ru/2003_7.
3. Kyrylenko O. V. Tekhnichni aspekty vprovodzhennia dzhерel rozpodilnoi heneratsii v elektrychnykh merezhakh [Tekst] / O. V. Kyrylenko, V. V. Pavlovskiy, L. M. Lukianenko // Tekhnichna elektrodynamika. – K.: Instytut elektrodynamiky NAN Ukrainy, 2011. – № 1 – S. 46–53.
4. Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvanykh ta netradytsiinykh dzhерel enerhii. – K.: Ynst. vobnovliaemoi enerhetyky NANU. – 2005. – 44 s.
5. Kelton, V. Ymytatsyonnoe modelyrovanye. Klassyka CS /V. Kelton, A. Lou. 3-e yzd. – SPb.: Kyev, Yzdatelskaia hruppa BHV, 2004. – 847 s.

Прийнято до друку 12.11. 2019 р.

Бабенко Віталіна Олексіївна, д-р екон наук, канд. техн. наук, доц., проф. каф. економічної теорії Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, майдан Свободи 4, к. 3-76, Харків, Україна

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВ

У статті розглянуті теоретико-методичні підходи до реалізації завдання оптимізації управління інноваційними процесами на підприємствах України. Розроблено й апробовано систему інформаційного забезпечення управління інноваційними процесами на вітчизняних підприємствах. Показано, що інвестиції в системи обробки відповідної інформації та впровадження сучасних інформаційних технологій не лише дають прибуток, але й прямо сприяють збільшенню капіталізації самих підприємств. Обґрунтовано, що основним завданням системи інформаційного забезпечення (СІЗ) управління інноваційними процесами підприємств (УІПП) повинна бути автоматизація обліку й оптимізація управління інноваційними процесами (ІП) на основі збору, обробки та подання інформації про фактичний стан інноваційної діяльності (ІД) підприємства. На основі розробленої системи економіко-математичних моделей та методів їх рішення спроектовано та створено СІЗ УІПП, яка містить комплекс об'єктно-орієнтованих програмних модулів та передбачає виділення бізнес-процесів стосовно ІП і пов'язування їх з наскрізними процесами підприємства. Для обробки даних створена СІЗ за допомогою розробленого інтерфейсу інтегрована з БД, яка має можливість поширюватися на організаційні формування з декількох розподілених територіально або об'єднаних корпорацією підприємств. За допомогою спроектованої СІЗ УІПП виконана практична апробація деталізованої моделі багатокритеріальної програмної оптимізації управління ІП. У якості методу для перевірки достовірності та адекватності запропонованої моделі реальному процесу запропоновано оцінку, визначену як значення середньоквадратичного відхилення між модельними і експериментальними даними. Перевірено достовірність моделі.

Ключові слова: система інформаційного забезпечення; інноваційні процеси; оптимізація управління.

Бабенко Виталина Алексеевна, д-р экон. наук, канд. техн. наук., доц., проф. каф. экономической теории Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина, пл. Свободы, 4, к. 3-76, Харьков, Украина

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассмотрены теоретико-методические подходы к реализации задачи оптимизации управления инновационными процессами на предприятиях Украины. Разработана и апробирована система информационного обеспечения управления инновационными процессами на отечественных предприятиях. Показано, что инвестиции в системы обработки соответствующей информации и внедрения современных информационных технологий не только приносят прибыль, но и прямо способствуют увеличению капитализации самих предприятий. Обосновано, что основной задачей системы информационного обеспечения (СИЗ) управления инновационными процессами предприятий (УИПП) должна быть автоматизация учета и оптимизация управления инновационными процессами (ИП) на основе сбора, обработки и представления информации о фактическом состоянии инновационной деятельности (ИД) предприятия. На основе разработанной системы экономико-математических моделей и методов их решения спроектировано и создано СИЗ УИПП, которая содержит комплекс объектно-ориентированных программных модулей и предусматривает выделение бизнес-процессов относительно ИП и увязывание их с сквозными процессами предприятия. Для обработки данных создана СИЗ с помощью разработанного интерфейса интегрирована с БД, которая имеет возможность распространяться на организационные формирования из нескольких распределенных территориально или объединенных корпорацией предприятий. С помощью спроектированной СИЗ УИПП выполнена практическая апробация детализированной модели многокритериальной программной оптимизации управления ИП. В качестве метода для проверки достоверности и адекватности предложенной модели реальному процессу предложено оценку, определенную как значение средноквадратичного отклонения между модельными и экспериментальными данными. Проверено достоверность модели.

Ключевые слова: система информационного обеспечения; инновационные процессы; оптимизация управления.

Babenko Vitalina Olexiivna, Doctor of Economic Sciences, PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Economic Theory Department of V.N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ISSUES OF ENTERPRISES INNOVATIVE ACTIVITY MANAGEMENT OPTIMIZATION

The article considers theoretical and methodical approaches to optimization problems of innovative processes management at the enterprises of Ukraine. Developed and tested system of information support of management of

innovative processes at domestic enterprises. It is shown that investments in systems of processing of the relevant information and the introduction of modern information technologies not only give profit but also directly increase the capitalization of the enterprises themselves. It is proved that the main task of the information management system (PPE) the management of innovation processes of companies (UIPP) must be automation and optimisation of management of innovation processes (IP) - based data collection, processing and presentation of information on the actual state of innovation (ID) of the enterprise. Based on the developed system of economic and mathematical models and their solutions have been designed and developed PPE UIPP, which contains a complex object-oriented software modules and provides for the allocation of business processes in relation to entrepreneurs and linking them with end-to-end enterprise processes. For processing data created by the PPE using the developed interface integrated with the database that has the ability to spread to the organizational formation of the several territorially distributed or consolidated Corporation enterprises. With PPE designed UIPP performed practical testing detailed models of multicriteria software to optimize the management of IP. As a method for checking the validity and adequacy of the proposed model to the real process of the proposed assessment, defined as the standard deviation between model and experimental data. Checked the accuracy of the model.

Keywords: *information system; innovative processes; management optimization.*

Постановка проблеми

У сучасних економічних умовах інноваційна діяльність (ІД) є ключовим ресурсом підвищення ефективності роботи будь-якого підприємства, у тому числі й аграрного сектора економіки. При цьому інвестиції в системи обробки відповідної інформації та впровадження сучасних інформаційних технологій не лише дають прибуток, але й прямо сприяють збільшенню капіталізації самих підприємств [1].

Оперативний контроль ІД, аналіз поточної виробничої ситуації, прийняття управлінських рішень – усі ці функції зводяться, в кінцевому підсумку, до обробки інформації. Та від того, наскільки ця інформація оперативна, достовірна та повна, залежить успіх діяльності всього підприємства. Основне завдання системи інформаційного забезпечення (СІЗ) управління інноваційними процесами підприємств (УІПП) – автоматизація обліку й оптимізація управління інноваційними процесами (ІП) на основі збору, обробки та подання інформації про фактичний стан ІД підприємства.

Достовірні й оперативні відомості про стан ІП підприємства потрібні на всіх рівнях управління. Слід відмітити, що рентабельності виробництва, зниження витрат, підвищення продуктивності праці забезпечуються перш за все своєчасним прийняттям управлінських рішень, заснованим на оперативній і достовірній інформації. В цьому випадку необхідно забезпечити якісну реалізацію системи підтримки прийняття таких рішень за допомогою розробки та впровадження сучасних інформаційних технологій [2, 3]. Дослідженню теоретичних і методологічних аспектів автоматизації управління, формуванню інформаційно-аналітичних систем і СІЗ в бізнес-плануванні присвячені роботи багатьох учених. У сфері структурного аналізу та проектування автоматизованих систем відомі роботи В. В. Баронова [4], А. М. Вендрова [5], С. В. Маклакова [6], Д. Марка та К. МакГоуена [7], О. І. Пушкаря [8] та ін. У них описані автоматизовані системи обробки інформації, досліджені стадії життєвого циклу програмного забезпечення (ПЗ) у вигляді інформаційних систем у предметній галузі економіки, підходи до проектування ПЗ. Але багато прикладних питань, пов'язаних з розробкою, а також впровадженням СІЗ управління ІП підприємств промислової сфери, економічної ефективності впровадження СІЗ з урахуванням специфіки управління ІП на підприємствах, усе ще вимагають конструктивного розв'язку. Особливої гостроти вони набувають в умовах збільшеного впливу досягнень науково-технічного прогресу й інноваційних рішень на конкурентоспроможність підприємств і ролі інформаційного забезпечення в управлінні ІП вітчизняних підприємств. Процес управління ІД сучасним підприємством є достатньо складним та охоплює вибір і реалізацію певного набору управлінських дій з метою вирішення стратегічної задачі забезпечення його стійкого інноваційного розвитку. Управлінський склад підприємства як учасника ІП потребує якісного забезпечення

інформацією. Ця інформація повинна відповідати певним вимогам (достовірність, актуальність, повнота тощо), тому що впливає на кінцевий результат прийняття рішення. До початку періоду формування ринкових відносин проблему забезпечення інформаційним забезпеченням на підприємствах вирішували за допомогою спеціалізованих служб патентно-ліцензійної та науково-технічної інформації. У сучасних умовах робота таких служб стає недоцільною та позбавленою сенсу, оскільки масова комп'ютеризація відкривають можливості для розробки інформаційного забезпечення на принципово нових підходах із застосуванням сучасних засобів інформаційних технологій і комунікацій. У наукових дослідженнях можна натрапити на різні підходи до визначення поняття інформаційного забезпечення. Є науковці, які розглядають інформаційне забезпечення як елемент інформаційного обслуговування управління, інші – як заходи зі створення інформаційного середовища управління. Третя група науковців інформаційним забезпеченням вважають «сукупність дій з надання необхідної для управлінської діяльності інформації в зазначене місце на основі певних процедур із заданою періодичністю» [5]. Зазначимо, що трактування цього поняття є неоднозначним. Однак, на нашу думку, інформаційне забезпечення ІД є сукупністю своєчасних, достовірних і захищених процесів збирання, введення, зберігання, перероблення, передання, отримання та використання релевантної інформації для виконання завдань регулювання ІД [9].

Метою статті є дослідження теоретико-методичних підходів до реалізації завдання оптимізації управління інноваційними процесами на підприємствах України, розробка й апробація системи інформаційного забезпечення управління інноваційними процесами на вітчизняних підприємствах.

Результати дослідження

Розглянемо основні підходи до розробки СІЗ управління ІІ агропромислового виробництва. Ця система дасть змогу створювати інтегровану та гнучку управлінську інфраструктуру ІД підприємства, засновану на оптимальних рішеннях, які буде розвиватися відповідно до змін, що відбуваються в бізнесі, та виникнення нових потреб підприємств щодо випуску інноваційної продукції. Основною перевагою такої системи є те, що вона дозволяє досягти конкурентних переваг за рахунок оптимізації управління ІІ, пов'язаними з бізнес-процесами підприємства, а також зниження витрат під час впровадження ІІ та випуску інноваційної продукції. Реалізована у вигляді автоматизованої системи управління ІІ, вона дає змогу вчасно та більш гнучко приймати управлінські рішення з усіх виробничих питань, пов'язаних з ІД, що дозволяє одержувати більш високий прибуток [10]. Більш того, за допомогою управління можливо мінімізувати вплив ризиків на ІІ підприємств, що стає додатковою перевагою в конкурентній ринковій боротьбі.

Мета СІЗ УІІІ інноваційно спрямованого агропромислового виробництва – це реалізація раціонального управління ІІ підприємства для найкращого управління випуском інноваційної продукції, ефективного застосування ІІ на основі вибору інноваційних технологій з метою досягнення конкурентних вигід.

Особливостями інформаційного забезпечення ІД є те, що воно має комплексний характер, оскільки підприємству потрібна не тільки науково-технічна інформація, але й інформація про внутрішнє та зовнішнє середовище, пропозиції з науково-технічні послуги, про вітчизняні та закордонні інноваційно-інвестиційні проекти тощо. На сьогоднішній день всі інноваційні перспективи пов'язують з розвитком та застосуванням інформаційних технологій. Прогрес у цій сфері становиться одним із найбільш вагомих чинників створення інформаційного середовища з вимогами інтегрованості, інтерактивності, гнучкості тощо. У сфері інформаційного забезпечення розглядають основні складники: інформаційні ресурси, інформаційні технології, технічні засоби та ПЗ (рис. 1) [11]. Розглянемо ці складові.

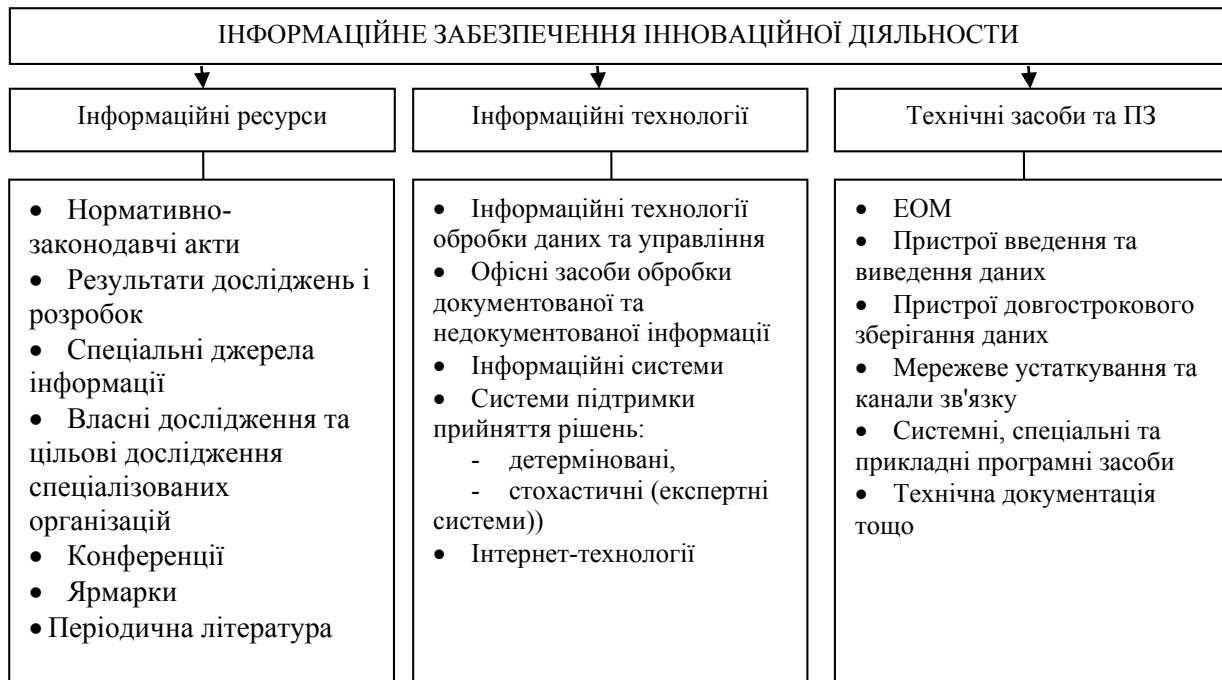


Рис. 1. Складники інформаційного забезпечення

Під інформаційними ресурсами мають на увазі упорядковану сукупність даних та інших відомостей, призначення яких – задоволення інформаційних вимог користувача, які можливо буде використано для прийняття конкретних рішень. Інформаційними джерелами можуть виступати вибірккові дані про внутрішнє та зовнішнє середовище, які мають істотний вплив на результати роботи підприємства; довідкова документація та нормативно-законодавчі акти; результати досліджень та розробок профільних НДІ, наукових центрів, дослідження експериментальних лабораторій; наукові конференції, інші науково-технічні заходи; бухгалтерська документація щодо поточного стану виробництва та ПП, які впроваджуються на підприємстві.

Важливим складником інформаційного забезпечення ІД підприємства є інформаційні технології, що представляють собою сукупність методів і засобів збору, реєстрації, оброблення, збирання та доведення до користувача потрібних даних за допомогою системи організаційного управління засобами обчислювальної техніки. В цьому процесі важлива роль приділяється засобам телекомунікації із застосуванням Інтернет-технологій, а також інформаційним технологіям підтримки прийняття рішень та експертним системам. На сьогодні широко застосовують такі інструментальні засоби на базі визначених інформаційних технологій: оброблення даних, зокрема, MS Access, OracleParadox, Clipper, SQL2; управління: «1С: Предприятие», «Парус», «Галактика»; автоматизації офісу, зокрема, MS Word, MS Excel, Outlook, PowerPoint, Socrat, FineReader, Internet Explorer, телеконференції та підтримки прийняття рішень, зокрема, Project Expert, ArcviewMarketingAnalytic, Tier, SAP R/3 (SAP ERP). Наприклад, за останні десять років спостережень в цілому, найбільшим вендором на ринку ERP систем, за даними Panorama Consulting, є SAP з часткою 22%, на другому місці Oracle з 15%, на третьому – Microsoft Dynamics з 10%. Вендори групи Tier II (включає Infor і Epicor) займають ще 16% ринку, вендори групи Tier III – 37%. На українському ринку: SAP – 43,4%, «Інформаційні технології» – 15,7%, 1С – 13,9%, Oracle – 11,7%, Microsoft – 6,1% [12].

Третім, не менш важливим складником інформаційного забезпечення ІД слід вважати технічні засоби та ПЗ. Сьогодні СІЗ є основним елементом в управлінні ПП. Існує значний досвід впровадження СІЗ, що забезпечують формалізацію процедур підготовки рішень,

однак керівникам вищого рангу притаманна робота в умовах невизначеності, пов'язаними з різного роду ризиками, де не завжди задані кількісні характеристики між важливими залежностями, та тому процес прийняття рішень, великою мірою, базується на творчому підході, інформованості, кваліфікації та інтуїції керівників. Сьогодні в Україні підтримка такої діяльності практично відсутня через недостатню забезпеченість необхідним науково-технічним інструментарієм [13]. Розробка СІЗ включає наступні основні етапи: постановка задачі; розробка проекту; розробка алгоритму; програмування; налагодження програм; документування; експериментальна експлуатація; промислова експлуатація; модифікація.

Таким чином, дослідивши наявні СІЗ та ІТ-підходи щодо управління підприємством, можливо зробити висновок, що існуючі на ринку ПЗ програмні продукти в основному є системами автоматизованого управління підприємства в цілому або його окремих структурних підрозділів, які не виконують функцію оптимізації управління, особливо стосовно ІІ підприємств, за винятком деяких програмних продуктів, наприклад, SAP ERP, Oracle, Microsoft Dynamics, Tier II ІІ. В цьому випадку лише деякі з цих програмних засобів здатні забезпечити виконання обмежених функцій управління ІІ. Більш того на сьогоднішній день не існує універсальних систем управління ІД підприємства, що враховують фактор ризику, а також базуються на оптимізаційних математичних моделях та відповідних алгоритмах вирішення задач, що широко пропонуються для агровиробництва. Отже, зазначимо, що є необхідність у ПЗ, яке б задовольнило потреби сучасних підприємств щодо управління їх ІІ. Крім того, представлені на світовому ринку системи автоматизації виробництва підприємств далеко не завжди є досить універсальними, доступними по ціновій позиції та вимагають наявності на підприємстві спеціальних програмно-апаратних засобів (наприклад, розвиненої мережної інфраструктури) та кваліфікованого користування та обслуговування.

У світовій та вітчизняній практиці процесу вибору або технології розробки необхідного ПЗ приділяється значна увага. По-перше підприємству необхідно визначитися з очікуваними результатами від потенційної СІЗ: які виконувати функції, які етапи виробництва повинна включати, яку використовувати програмну платформу, які звіти готувати. Підприємство повинно мати вимоги до комп'ютерної системи, в якому формалізовані та приведені всі показники та характеристики нової системи відповідно до пріоритетів. Він дає об'єктивні критерії для порівняння систем за заздалегідь визначеними параметрами. Сучасні проблеми, пов'язані з розв'язанням задач автоматизації й управління в промислових системах, спонукають до розробки та застосування нових математичних методів і комп'ютерних технологій. При цьому фактично неможливо обійтися без наявності гнучкого, багатофункціонального, універсального математичного та програмного комплексу.

Сьогодні на різних промислових підприємствах функціонує велика кількість різноманітного ПЗ для збору, зберігання й обробки інформації для розв'язання прикладних задач. Серед них можна виділити корпоративні системи, проблемно-орієнтовані системи і пакети програм. Усі вони мають певні властивості, які за різних умов можна вважати як достоїнствами, так і вадами. Ефективність застосування того або іншого ПЗ визначають його функціональними можливостями, вартістю і співвідношенням витрат: ліцензія – впровадження – устаткування. Але кожного разу, як правило, системи автоматизованого управління складними виробництвами повинні: використовувати положення математичного моделювання та програмування; враховувати багатокритеріальність оптимізаційних задач, нелінійність моделей технологічних зв'язків; наявність обмежень, умов невизначеності під час прийняття рішень; безперервне оновлення виробничої інформації; виключати суб'єктивність і трудомісткість процедури опитування фахівців у процесі експертного оцінювання. Особливості оптимізаційних задач у реальних умовах створюють істотну проблему, пов'язану з адаптацією структури та параметрів моделей,

вагових коефіцієнтів частинних критеріїв і самих розв'язків цих задач до постійних змін стану виробництва під час впровадження ІІІ.

Слід зазначити, що промислові об'єкти відрізняються складною структурою потоків, наприклад, множиною технологічних етапів, наявністю різноманітного встаткування, різноманітним видів продукції й т. д. Тому, створюючи СІЗ управління складними виробничими процесами, зокрема інноваційними, доцільно використовувати об'єктно-орієнтований підхід, що має високий ступінь універсальності під час опису схем виробництва, розширення кола завдань, модифікації та розвитку систем у часі. Також на ринку ПЗ є багато готових розробок і ще більше – компаній, що пропонують свої послуги зі створення, впровадження та підтримки наявних програмних продуктів.

Сьогоднішній стан ринку комп'ютерних систем в Україні обумовлений, у першу чергу, історичним розвитком вітчизняних і пострадянських систем, а також появою західних розроблювачів на українському ринку. Одночасно відбувається процес інтеграції пострадянських і західних систем, які створюють конкурентні програмні продукти, що впроваджуються на підприємства України для автоматизації їх управління [14]. Разом із системами управління виробництвом з'явилися й системи управління окремими процесами. Оскільки ці процеси взаємозалежні, переважна більшість систем управління ІІІ входять до складу корпоративних інформаційних систем, що призначені для середньострокового, короткострокового планування й оперативного управління виробництвом.

Для більших корпоративних систем часто використовують: R/3 (SAP AG), BAAN (BAAN), BPCS (ITS/SSA), Oracle Applications (Oracle) [4]. Такі системи мають більші функціональні можливості, які визначають їхню чималу вартість. Представниками середніх і малих корпоративних систем є: Mfg-pro (QAD/BMS), JD Edwards (Robertson & Blums), Platinum 14 (Platinum Software Corporation), MAX (ISL), БОС («Айти»), Scala (Scala CIS), Галактика («Галактика-Парус»), CA-PRMS (Acacia Technologies) і т. ін. [15].

Як правило, сучасні корпоративні системи підтримують концепцію БД, обробку розподілених даних за технологією «клієнт-сервер» або так звані «хмарні» обчислення, об'єктно-орієнтовану технологію, розвинутий графічний інтерфейс для роботи в середовищі Windows або Linux. Модулі цих систем відповідають вимогам стандартів, розв'язують задачі планування, контролю й управління якістю матеріалів, продуктів і процесів у рамках усього виробництва – від сировини до готової продукції. Вони інтегровані у вигляді підсистем, що дозволяє забезпечити єдиний підхід до визначення, збору й управління даними по всьому підприємству.

У табл. 1 наведені результати статистичних досліджень на стадії впровадження корпоративних систем управління підприємством. Слід зазначити, що великі та середні корпоративні системи мають досить високу відносну вартість, а їхнє впровадження й адаптацію у виробництві є складною й тривалою процедурою через можливість формування альтернативних ланцюгів програмних модулів. Системи, що розробили закордонні фірми, часто не враховують організаційної специфіки діючих українських підприємств. Звичайно для них доводиться додатково розробляти програмну надбудову, що компенсує цю невідповідність.

Малі системи, як правило, обмежені функціонально Вони розв'язують лише задачі комплексного обліку й управління фінансами, і, як правило, їх фактично не застосовують на виробництві. У зв'язку з указаними вадами корпоративних систем на підприємствах часто використовують проблемно-орієнтовані пакети прикладних програм, призначені для розв'язання конкретних виробничих задач. У цей час існує клас програм різних розроблювачів, наприклад Factory Suite, TRIM-QM, 1С і т. ін. Звичайно проблемно-орієнтовані пакети прикладних програм розробляють за принципом інтеграції компонентів у єдину систему на базі мережної клієнт-серверної архітектури або архітектури

розподілених БД з можливістю роботи в межах локальної, корпоративної або глобальної комп'ютерних мереж [16].

Слід зазначити, що модулі проблемно-орієнтованих пакетів програм (як і корпоративних систем) звичайно базуються на розробленому математичному апараті. Таке математичне забезпечення не можна модернізувати, включаючи елементи адаптивних алгоритмів, і мобільно використовувати його для розв'язання широкого спектра задач, пов'язаних із гнучким управлінням ПП. Тому підприємства під час виконання виробничих завдань часто вимушено віддають перевагу інтегрованим системам і математичним пакетам прикладних програм для обробки та обчислення даних, які не прив'язані до виробництва. Наприклад, серед доступних пакетів можна назвати Statistic (Statsoft), SAS (SAS Institute), SPSS (SPSS), Statgraphics (Statistical Grafes). Але виробничий персонал, що не має спеціальної математичної підготовки, під час роботи з такими пакетами об'єктивно зазнає певних труднощів, більш того, цей програмний інструментарій жодним чином не враховує специфіки виробництва з урахуванням ризиків ІД та не реалізує функцію оптимізації управління ПП.

Таблиця 1

Типи систем	Найвні програмні продукти	Характеристики впровадження	Функціональна повнота	Співвідношення затрат: ліцензування/впровадження/устаткування	Орієнтовна вартість
Малі системи	JD Edwards (Robertson & Blums). Mfg-pro (QAD/BMS), MAX (ISL), Platinum 14 (Platinum Software Corporation).	Поетапне (або коробковий варіант)	Понад 4 міс. Комплексний облік і управління фінансами	1/1	50 – 300 тис. дол.
Середні системи	Scala (Scala CIS), БОС («Айти»), Галактика («Галактика-Парус»), CA-PRMS (Acacia Technologies)	Тільки поетапне	Понад 6 – 9 міс. Комплексне управління: облік, управління, виробництво	1/2	200 – 500 тис. дол.
Великі системи	R/3 (SAP AG), BAAN (BAAN), BPCS (ITS/SSA), Oracle Applications (Oracle)	Поетапне, складне	Понад 9 – 12 міс.	1/1-5	500 тис., понад 1 млн дол.

Як було зазначено, більшість інтеграторів, що на ринку надають свої послуги з впровадження та супроводу інформаційних систем, будують свої рішення на базі коробкових продуктів (SAP R/3, BAAN, Oracle EBS, Парус, 1С), адаптуючи системи до потреб клієнта. Це накладає певні обмеження на кінцевий продукт – іноді неможливо змінити логіку програми, тому доводиться використовувати обхідні шляхи або підлаштовуватися під логіку ПЗ. Проте використання коробкового продукту скорочує час на впровадження системи, дозволяє прогнозувати строки завершення проекту й забезпечує певний рівень гарантій з боку компанії-розроблювача.

З урахуванням проведеного аналізу можливо зробити висновок, що у сфері вітчизняного виробництва існує реальна практична потреба у розробці розширеної СІЗ УПП, яка оптимізує це управління і знаходить гарантований результат з урахуванням ризиків на базі відповідних економіко-математичних моделей з використанням розробки і впровадження сучасних інформаційних технологій і методів автоматичної обробки та аналізу даних. Дані зберігаються у БД, яка є відображенням інфологічної моделі предметної області промислового виробництва. Розширення системи, а також всі інформаційні запити, що виникають, можливо бути виконати користувачем за допомогою інтерфейсу, наприклад за допомогою виконання SQL-запитів та спеціальних обчислювальних

алгоритмів [17]. Аналогів розроблюваної СІЗ УПП не існує, тому що немає достатньо повно розробленого математичного апарату, що враховує специфіку досліджуваного процесу промислової сфери, на підставі якого реалізується відповідний програмний проект.

Враховуючи недоліки наявних підходів до створення ПЗ, для розв'язання задачі УПП розроблено СІЗ. Для роботи з системою у якості інтерфейсу використовується веб-ресурс, який задовольняє вимогам до сучасних програмних розробок, зрозумілий користувачеві з мінімальними знаннями і навичками роботи з обчислювальною технікою [15]. Система об'єднує в собі множину складних алгоритмів, розрахунків, при цьому має володіти високою гнучкістю та розширюваністю з можливістю реалізації високого рівня захисту. Також важливим аспектом розробки веб-додатка є гарантування належного рівня безпеки з можливістю налаштування передачі даних через шифровані канали зв'язку з використанням протоколу SSL. Не менш важливою вимогою є можливість роботи з БД. Для підвищення гнучкості СІЗ необхідно, щоб взаємозв'язок з БД міг бути реалізований як окремий модуль з можливістю його корегувати без впливу на основний алгоритм [16].

Для реалізації висунутих вимог доцільно буде використовувати об'єктно-орієнтовану мову програмування Java, яка є дуже популярною сьогодні, перш за все, завдяки своїй гнучкості. Роботу програми розподілено на окремі блоки, які можуть бути легко відкоректовані або взагалі замінені. Для цього задіяно веб-технологію Spring MVC, основна концепція якої – це розподіл всієї структури програми на три взаємопов'язаних блоки – модель, контролер, вид. Відповідно до цієї концепції, структуру розроблюваного веб-додатка можна зобразити у вигляді схеми (рис. 2).

Розглянемо загальне призначення цих блоків. Під моделлю розуміють дані та засоби для здійснення з ними таких маніпуляцій, як збереження, читання, змінення та видалення. Тобто в нашому випадку це буде сукупність об'єктів, що дадуть змогу взаємодіяти з БД і класів, що дозволяють зручно маніпулювати інформацією з БД в контролері.

Контролер у цілому – це проміжна ланка між моделлю та видом (поданням) а саме між БД і інтерфейсом користувача, який являє собою сторінки веб-сайту. Також у контролері можна виконувати операції перетворення інформації з бази перед тим, як надавати її користувачеві. У нашому випадку це буде власний розв'язок математичної моделі, описаної в попередніх розділах.

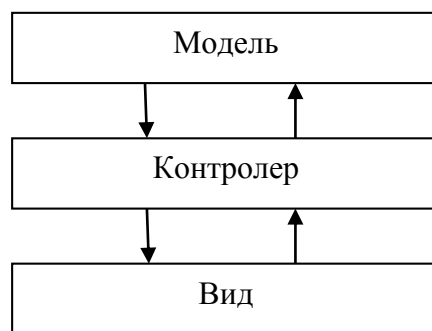


Рис. 2. Структура архітектури веб-додатка з використанням технології Spring MVC

Вид, як було згадано вище, являє собою сторінки веб-сайту, які служать для безпосереднього спілкування програми з користувачем. Фактично вид виконує два завдання: надання інтерфейсу для введення даних; відображення інформації для користувача. Загальна схема роботи СІЗ УПП схематично зображена на рис. 3. Вона складається з декількох основних програмних модулів: Модуль управління даними СІЗ УПП. Модуль введення даних моделі управління ІП підприємства з уведенням даних передісторії УПП, значень параметрів моделі УПП у фазовому просторі змінних, формуванням системи рівнянь УПП та її обмежень, функцій у якості частинних критеріїв оптимізації та параметрів їхньої скалярізації для процедури згортки цільової функції.

Обчислювальний модуль з блоком розв'язання задачі ідентифікації параметрів моделі УПП за наявності ризиків, блоком обчислення параметрів стану моделі УПП, формуванням множини областей досяжностей, скалярної згортки функціоналу оптимізації, знаходженням програмного та адаптивного УПП та блоком перевірки достовірності результатів моделювання. Модуль відображення проміжних даних та результатів роботи СІЗ УПП з відображення параметрів моделі, поточних розрахунків та раціонального управління ІП. На сторінці вводу параметрів моделі, що зображена на рис. 4, користувач вибирає необхідні пункти меню. Потім ці дані відправляють у контролер, де за допомогою моделі з БД отримують інші дані та здійснюють обчислювальні процедури задачі. Розв'язки, які не задовольняють обмеженням моделі, відкидають, а решту оцінюють за обраними критеріями оптимізації. Частину даних обробляємо безпосередньо в БД за допомогою SQL запитів, а частину алгоритмів, наприклад, визначення критеріїв оптимізації, ефективно обчислювати, використовуючи мову Java, яка дає можливість «стиківки» з БД, тобто використовувати дані БД при проведенні розрахунків. У якості моделі БД взято реляційну модель даних, розроблено її інфологічна та даталогічна моделі. Отримані результати відображають в окремому вікні (рис. 5).

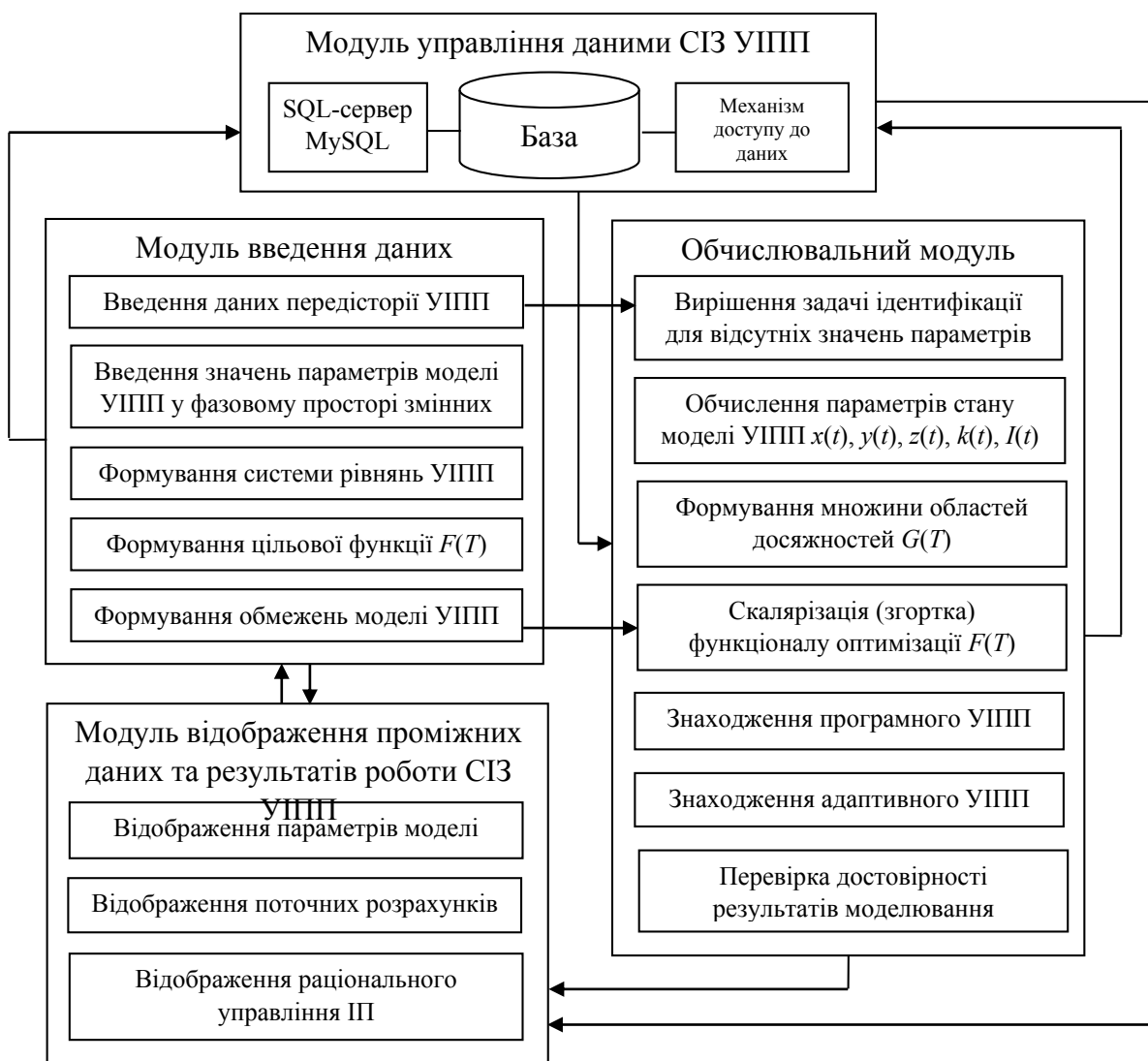


Рис. 3. Узагальнена схема СІЗ УПП

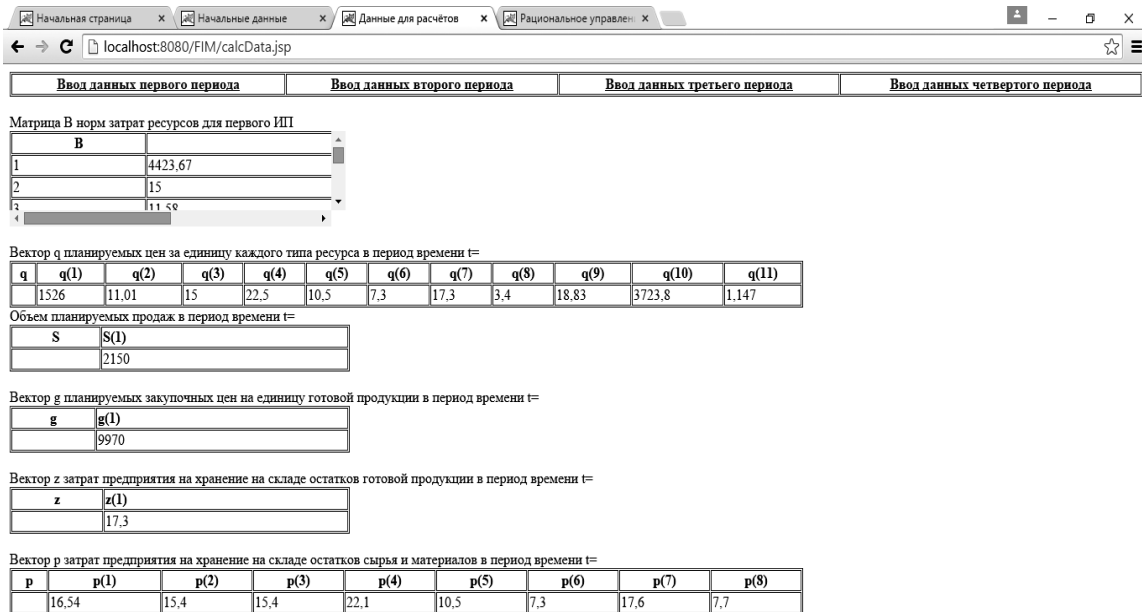


Рис. 4. Сторінка вводу параметрів моделі УПП

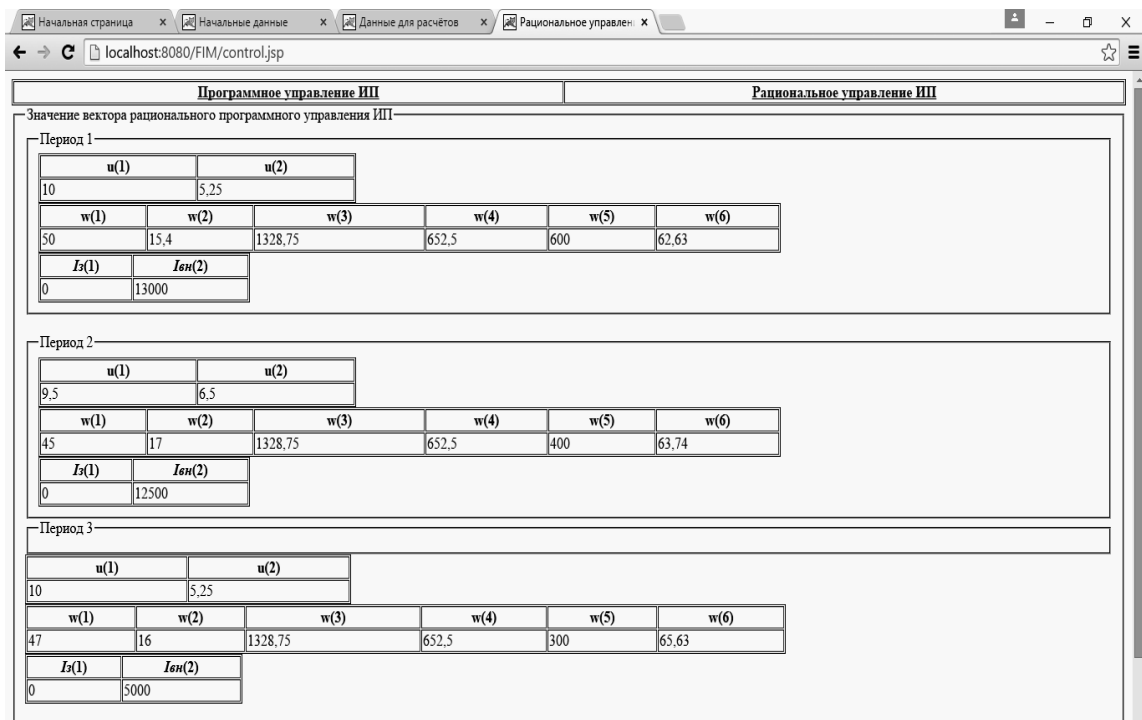


Рис. 5. Сторінка відображення результатів

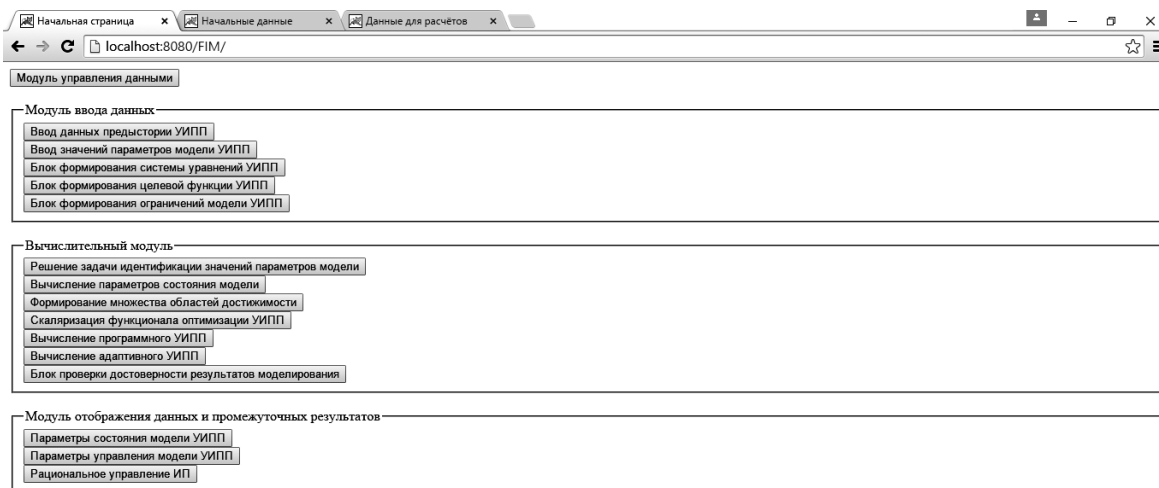


Рис. 6. Сторінка управління модулями СІЗ УПП

У цей час створення веб-додатків на основі технології MVC є досить поширеним явищем. Її основними перевагами є гнучкість, розширюваність і простота використання. Таким чином, під час використання описаного вище алгоритму в розроблену СІЗ можна буде легко внести будь-які зміни для задоволення потреб користувача.

Практична апробація деталізованої моделі багатокритеріальної програмної оптимізації управління ІП, виконана на підприємствах Харківської області, які займалися впровадженням ІП протягом останніх п'яти років, дала змогу перевірити модель на достовірність та адекватність. У якості методу для перевірки запропонованої моделі реальному процесу запропоновано оцінку, визначену як значення середньоквадратичного відхилення між модельними і експериментальними даними [18]. У якості реальної бази було взято нормалізовані показники, що відповідають значенням частинних цільових функцій моделі, знайдено комплексні критерії оптимізації для кожного підприємства з досліджуваної множини. Результати розрахунків, виконані на підставі порівняння модельних та реальних даних показали, що коефіцієнт достовірності моделі складає 0,9427%, що підтверджує її достовірність та дієвість застосування на практиці в роботі підприємств для вирішення завдання управління ІП.

На підставі отриманих результатів проаналізуємо показники фінансової стійкості кожного підприємства. З усіх 22 досліджуваних підприємств області, які займалися в ці роки ІД, таких підприємств лише 4: публічне акціонерне товариство (ПАТ) "Філіп Моріс Україна", публічне акціонерне товариство "Куп'янський молочноконсервний комбінат", ПАТ "Хладопром", ТОВ "Український м'ясокомбінат", що свідчить про високу фінансову стійкість їх домінуючої більшості. Підтвердженням цього є середнє значення коефіцієнту фінансової стійкості по підприємствам Харківської області, які займалися ІД в період з 2010 по 2015 рр., що складає 2,7426.

Стосовно підприємств, які зверталися до кредитування, слід відмітити, що з 5 досліджених років це здійснювалося для двох підприємств лише в 1 рік, а для двох інших – в 3 роки, тобто спостережуємо одиничні випадки.

Коефіцієнт фінансової стійкості має розкид від 0 до більш, ніж 20. Викликає стурбованість значення цього показника для ПАТ "Хладопром", який за всі роки кредитування в ІП має нульове значення фінансової стійкості. Але інші показники для цього підприємства мають додатні величини з тенденцією до збільшення.

Має сенс розглянути показник індексу прибутковості, який є відношенням прибутку до інвестиційних ресурсів. Цей показник має невеликі значення: 2013 р. – 0,06, 2014 р. – 0,017, 2015 р. – 0,128 в порівнянні з середнім по всім дослідженим підприємствам,

рівним 2,74, але все одно свідчить про те, що підприємство є прибутковим. Рівень рентабельності від 0,098 до 0,26 також це підтверджує. По трьом іншим підприємствам спостерігається така ж тенденція, але зі значно кращими показниками прибутковості при загальному значенні рентабельності більш, ніж 10 %.

За допомогою спроектованої СІЗ УПП виконана практична апробація деталізованої моделі програмного управління ІІ. Обчислення виконувались для підприємствах Харківської області, які займалися впровадженням ІІ протягом п'яти років з 2010 по 2015 рр. Перевірка достовірності моделі зі значенням похибки 5,7 % дала змогу використовувати її для реалізації моделювання УПП на практиці.

Отримані розрахунки моделі УПП окремо для кожного підприємства за кожний рік, починаючи з 2010 по 2015 рр. свідчать загальну додатну рентабельність в середньому 0,21 та прибутковість з середнім коефіцієнтом 2,74, що свідчить про вигідне вкладання інвестиційних ресурсів підприємства в ІІ та їх ефективність.

Всі досліджені підприємства є фінансово стійкими, оскільки практично всі для інвестування в ІІ задіявали власні кошти.

Висновки

1. На основі розробленої системи економіко-математичних моделей та методів їх рішення спроектовано та створено СІЗ УПП, яка містить комплекс об'єктно-орієнтованих програмних модулів та передбачає виділення бізнес-процесів стосовно ІІ і пов'язування їх з наскрізними процесами підприємства. Для обробки даних створена СІЗ за допомогою розробленого інтерфейсу інтегрована з БД, яка має можливість поширюватися на організаційні формування з декількох розподілених територіально або об'єднаних корпорацією підприємств.
2. За допомогою спроектованої СІЗ УПП виконана практична апробація деталізованої моделі багатокритеріальної програмної оптимізації управління ІІ. Обчислення виконувались для підприємств Харківської області, які займалися впровадженням ІІ протягом п'яти років з 2010 по 2015 рр. У якості методу для перевірки достовірності та адекватності запропонованої моделі реальному процесу запропоновано оцінку, визначену як значення середньоквадратичного відхилення між модельними і експериментальними даними. Перевірка достовірності моделі зі значенням похибки 5,7 % дала змогу використовувати її для реалізації моделювання УПП на практиці.
3. Отримані за допомогою СІЗ показники ефективності УПП окремо для кожного підприємства Харківської області, яке займалося ІД в період з 2010 по 2015 рр. свідчать загальну додатну рентабельність в середньому 0,21 та прибутковість з середнім коефіцієнтом 2,74, що свідчить про вигідне вкладання інвестиційних ресурсів підприємства в ІІ та їх ефективність. Всі досліджені підприємства є фінансово стійкими, оскільки в основному для інвестування в ІІ задіявали власні кошти.
4. Аналіз ефективності бізнес-процесів показав доцільність впровадження процесного підходу при управлінні ІІ на підприємствах, який дозволяє якісно контролювати витрати виробництва на кожному етапі впровадження ІІ. Практичне значення проведеного дослідження полягає в можливості інтеграції бізнес-процесів в СІЗ УПП.
5. Отримані результати можуть бути використані для економіко-математичного моделювання та вирішення інших завдань оптимізації управління в умовах дефіциту інформації та невизначеності за наявності ризиків, а також для розробки відповідних програмно-технічних комплексів для підтримки прийняття ефективних управлінських рішень на практиці. Розроблений методологічний, теоретичний та практичний інструментарій моделювання в УПП дозволяє вирішити завдання формування оптимальних виробничої програми і цінової політики при реалізації ІД промислових підприємств, та бути поширеним на інші галузі народного господарства.

Список використаної літератури:

1. Бабенко В. А. Подходы к моделированию в управлении инновационными процессами перерабатывающих предприятий АПК / В. А. Бабенко // Зб. наук. пр. V Міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології та моделювання в економіці» (Черкаси, 15–16 трав. 2014 р.)/редкол.: В. М. Соловійов (відп. за вип.) [та ін.]. – Черкаси: Брама-Україна, 2014. – С. 16 – 19.
2. Бабенко В. А. Оптимизация и экономическая эффективность бизнес-процессов в инновационно направленном агропромышленном производстве / В. А. Бабенко // Культура народов Причерноморья. – 2012. – № 231. – С. 7– 9.
3. Бабенко В. О. Технологія впровадження системи інформаційного забезпечення управління інноваційними процесами переробних підприємств АПК / В. О. Бабенко // Тр. Междунар. научн.-практ. конф. «Математическое моделирование процессов в экономике и управлении инновационными проектами (ММП-2014)» (Коблево, 16 – 21 сент. 2014 г.). – Х: ХНУРЭ, 2014. – С. 18 – 22.
4. Баронов В. В. Автоматизация управления предприятием / В. В. Баронов. – М: ИНФРА-М, 2000. – 239 с.
5. Вендров А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: [учеб.] / А. М. Вендров. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 352 с.
6. Маклаков С. В. Моделирование бизнес-процессов с BPwin 4.0 / С. В. Маклаков. – М: Диалог-мифи, 2002. – 224 с.
7. Марка Д. А. Методология структурного анализа и проектирования SADT / Марка Дэвид А., МакГоуэн Клемент. – М: Эксмо-Пресс, 1999. – 239 с.
8. Pushkar O. Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. Model and quality criteria of the structural subsystems of information systems / O. Pushkar, V. Garkin // L&L Publishing Titusville, FL, USA Copyright. – 2012. Vol. 6. Economics. – P. 66– 1.
9. Бабенко В. О. Теоретико-методологічні аспекти проектування систем інформаційного забезпечення управління інноваційними технологіями на підприємствах АПК / В. О. Бабенко // Вісн. Харк. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва: Сер. «Екон. науки». – Х.: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 112. – С. 71–78.
10. Бабенко В. А. Оптимизация и экономическая эффективность бизнес-процессов в инновационно направленном агропромышленном производстве / В. А. Бабенко // Культура народов Причерноморья. – 2012. – № 231. – С. 7 – 9.
11. Информационная технология. Классификация программных средств: ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 12182-2002 (БЗ 10-2000/303). – [Введен впервые; Введ. 01.07.2003]. – М. – Изд-во стандартов, 2003. – 36 с.
12. Dosyukov S. Distributed Information Systems. From A to Z [Электронный ресурс] / S. Dosyukov // Embarcadero Developer Network. – November. – 2013, aut. – Режим доступа: <http://dn.codegear.com/article/30025>.
13. Бабенко В. О. Стан, проблеми та перспективи розвитку інноваційних технологій в агропромисловому комплексі України / В. О. Бабенко // Наук. пр. Півден. філіалу Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України «Крим. агротехнолог. ун-т». Сер. «Екон. науки». – Сімферополь, 2011. – Вип. 140. – С. 64–71.
14. Бабенко В. О. Інформаційне забезпечення та моделювання оптимізації гарантованого результату управління інноваційними технологіями на підприємствах АПК / В.О. Бабенко // Агросвіт. – 2012. – № 14. – С. 10–18.
15. Гайфуллин Б. Современные системы управления предприятием. [Электронный ресурс] / Гайфуллин Б., Обухов И. // Средства и системы компьютерной автоматизации: электрон. журн. Ч. 1. – Режим доступа к журн.: <http://www.asutp.ru/?p=600254>.
16. Бабенко В. О. Інформаційне забезпечення впровадження та функціонування інноваційних технологій на переробних підприємствах АПК / В. О. Бабенко // Наук. вісн. Львів. нац. ун-ту вет. медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. Сер. «Екон. науки». – Львів, 2011. – Т. 13, № 1 (47), ч. 1. – С. 19–23.
17. Бабенко В. А. Управление инновационной деятельностью на предприятии с использованием ресурса информационных систем / В. А. Бабенко // Materialy Miedzynar. nauk.-prakt. konf. «Teoretyczne i praktyczne innowacje w nauce» (Gdansk, 28 – 30 kw. 2012 r.). – Gdansk: «Diamond trading tour», 2012. – Cz. 3. – С. 148–149.
18. Кассандрова О. Н. Обработка результатов наблюдений / Кассандрова О. Н., Лебедев В. В. – М.: «Наука», Главная редакция физ.-мат. литературы, 1970. – 103 с.

References:

1. Babenko V. A. Podkhody k modelyrovanyiu v upravlenyу ynnovatsyonnymyu protsessamy pererabatyvaiushchykh predpriyatiy APK / V. A. Babenko // Zb. nauk. pr. V Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Informatsiini tekhnolohii ta modeliuvannia v ekonomitsi» (Cherkasy, 15–16 trav. 2014 r.)/redkol.: V. M. Soloviov (vidp. za vyp.) [ta in.]. □ Cherkasy: Brama-Ukraina, 2014. □ S. 16– 19.

2. Babenko V. A. Optymyzatsiya y ekonomycheskaia efektyvnost byznes-protsesov v ynnovatsyonno napravlenom ahropromyshlennom proyzvodstve / V. A. Babenko // *Kultura narodov Prychernomoria*. – 2012. – № 231. – S. 7–9.
3. Babenko V. O. Tekhnolohiia vprovadzhenia systemy informatsiinoho zabezpechennia upravlinnia innovatsiinykh protsesamy pererobnykh pidpriemstv APK / V. O. Babenko // *Tr. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. «Matematycheskoe modelyrovanye protsesov v ekonomyke y upravlenyy ynnovatsyonnymy proektamy (MMP-2014)»* (Koblevo, 16 – 21 sent. 2014 h.). – Kh: KhNURЭ, 2014. – S. 18 – 22.
4. Baronov V. V. Avtomatyzatsiya upravleniya predpriyatiem / V. V. Baronov. – M: YNFRA-M, 2000. – 239 s.
5. Vendrov A. M. Proektyrovanye prohrammnoho obespecheniya ekonomycheskykh ynformatsyonnykh system: [ucheb.] / A. M. Vendrov. – M.: Fynansy y statystyka, 2002. – 352 s.
6. Maklakov S. V. Modelyrovanye byznes-protsesov s BPwin 4.0 / S. V. Maklakov. – M: Dyaloh-myfy, 2002. – 224 s.
7. Marka D. A. Metodolohiia strukturnoho analiza y proektyrovaniya SADT / Marka Dэvyd A., MakHouen Klement. – M: Эksmo-Press, 1999. – 239 s.
8. Pushkar O. Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. Model and quality criteria of the structural subsystems of information systems / O. Pushkar, V. Garkin // *L&L Publishing Tittusville, FL, USA Copyright*. – 2012. Vol. 6. Economics. – R. 66– 1.
9. Babenko V. O. Teoretyko-metodolohichni aspekty proektuvannia system informatsiinoho zabezpechennia upravlinnia innovatsiinykh tekhnolohiiamy na pidpriemstvakh APK / V. O. Babenko // *Visn. Khark. nats. tekhn. un-tu sil. hosp-va: Ser. «Ekon. nauky»*. – Kh.: KhNTUSH, 2011. – Vyp. 112. – S. 71–78.
10. Babenko V. A. Optymyzatsiya y ekonomycheskaia efektyvnost byznes-protsesov v ynnovatsyonno napravlenom ahropromyshlennom proyzvodstve / V. A. Babenko // *Kultura narodov Prychernomoria*. – 2012. – № 231. – S. 7 – 9.
11. Ynformatsyonnaia tekhnolohiia. Klassyfykatsiya prohrammnykh sredstv: HOST R YSO/МЭК ТО 12182-2002 (BZ 10-2000/303). – [Vveden vpervyye; Vved. 01.07.2003]. – M. – Yzd-vo standartov, 2003. – 36 s.
12. Dosyukov S. Distributed Information Systems. From A to Z [Elektronnyi resurs] / S. Dosyukov // *Embarcadero Developer Network*. – November. – 2013, aut. – Rezhym dostupu: <http://dn.codegear.com/article/30025>.
13. Babenko V. O. Stan, problemy ta perspektyvy rozvytku innovatsiinykh tekhnolohii v ahropromyslovomu kompleksi Ukrainy / V. O. Babenko // *Nauk. pr. Pivden. filialu Nats. un-tu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy «Krym. ahrotekhnoloh. un-t»*. Ser. «Ekon. nauky». – Simferopol, 2011. – Vyp. 140. – S. 64–71.
14. Babenko V. O. Informatsiine zabezpechennia ta modeliuvannia optymizatsii harantovanoho rezultatu upravlinnia innovatsiinykh tekhnolohiiamy na pidpriemstvakh APK / V.O. Babenko // *Ahrosvit*. – 2012. – № 14. – S. 10–18.
15. Haifullyn B. Sovremennye systemy upravleniya predpriyatiem. [Elektronnyi resurs] / Haifullyn B., Obukhov Y. // *Sredstva y systemy kompiuternoї avtomatyzatsyy: эlektron. zhurn. Ch. 1*. – Rezhym dostupa k zhurn.: <http://www.asutp.ru/?p=600254>.
16. Babenko V. O. Informatsiine zabezpechennia vprovadzhenia ta funktsionuvannia innovatsiinykh tekhnolohii na pererobnykh pidpriemstvakh APK / V. O. Babenko // *Nauk. visn. Lviv. nats. un-tu vet. medytsyny ta biotekhnolohii im. S.Z. Gzhytskoho. Ser. «Ekon. nauky»*. – Lviv, 2011. – T. 13, № 1 (47), ch. 1. – S. 19–23.
17. Babenko V. A. Upravlenye ynnovatsyonnoi deiatelnosti na predpriyatyy s yspolzovanyem resursa ynformatsyonnykh system / V. A. Babenko // *Materialy Miedzynar. nauk.-prakt. konf. «Teoretyczne i praktyczne innowacje w nauce»* (Gdansk, 28 – 30 kw. 2012 r.). – Gdansk: «Diamond trading tour», 2012. – Cz. 3. – S. 148–149.
18. Kassandrova O. N. Obrabotka rezultatov nabliudeniya / Kassandrova O. N., Lebedev V. V. – M.: «Nauka», Hlavnaia redaktsiya fiz.-mat. lyteratury, 1970. – 103 s.

Прийнято до друку 12.11.2019 р.

Мехович Сергій Анатолійович, докт. екон. наук, професор, 0504026212

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків, Україна. вул. Кирпичова, 21, Харків, Україна, 61002.

СТРАТЕГІЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ КЛАСТЕРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ВИРОБНИЧИХ ЗВ'ЯЗКІВ В ЕКОНОМІЧНІЙ СИСТЕМІ

В статті розглянуто умови становлення та розвитку кластерної політики. Проаналізовано особливості її застосування у різних країнах світу. Розглянуто існуючі напрацювання у формуванні стратегії кластерної політики, як комплексу заходів у складі промислової політики для створення системи міжгалузевих зв'язків та вирішення головних задач підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств. Від промислової політики залежить методологія формування стратегії розвитку. Розглянуто питання розвитку регіональних міжгалузевих зв'язків як важливу задачу регіональної кластерної політики. Обґрунтовано, що вони мають свої цілі, задачі і механізми, що спрямовані на реалізацію загальнонаціональної, регіональних та корпоративних стратегій в економічній системі. Надано аналіз сутності економічної системи. Визначено, що вона представляє собою складну організаційно – господарчу систему, що має різні типи структурних зв'язків, які впливають на її розвиток. Визначено, що для промислової політики західних країн характерна участь держави у підтримці галузей і окремих підприємств шляхом стимулювання їх участі у програмах загальнонаціонального значення, здійснення державного замовлення із відповідним фінансуванням і взагалі забезпеченням підтримки ефективного ведення бізнесу. Доведено, що кластерна політика забезпечує інтеграцію підприємств в рамках єдиного внутрішнього інформаційного середовища, яке пов'язане і взаємодіє із зовнішнім середовищем як цілісний організм. Переваги кластерного підходу для органів влади (державних міністерств, регіональних адміністрацій тощо) полягають у тому, що він дозволяє комплексно і системно розглядати ситуацію в групі взаємозв'язаних підприємств, які відносяться до різних галузей. Найважливішою перевагою кластерів в промисловій політиці є те, що цей підхід фокусує увагу на використанні продукту однієї галузі для потреб декількох інших. Це характеризує кластерну політику як альтернативу галузевому принципу управління економікою.

Ключові слова: стратегія; промислова політика; регіональна кластерна політика; виробничі зв'язки

Мехович Сергей Анатольевич, докт. экон. наук, профессор, 0504026212

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", г. Харьков, Украина. ул. Кирпичова, 21, Харьков, Украина, 61002

СТРАТЕГИЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ КЛАСТЕРНОЇ ПОЛІТИКИ І ЇЇ ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ВИРОБНИЧИХ СВ'ЯЗКІВ В ЕКОНОМІЧНІЙ СИСТЕМІ

В статье рассмотрены условия становления и развития кластерной политики. Проанализированы особенности ее применения в разных странах мира. Рассмотрены существующие наработки в формировании стратегии кластерной политики, как комплекса мер в составе промышленной политики для создания системы межотраслевых связей и решения главных задач повышения конкурентоспособности отечественных предприятий. Отмечено, что от промышленной политики зависит методология формирования стратегии развития. Рассмотрены вопросы развития региональных межотраслевых связей как важную задачу региональной кластерной политики. Обосновано, что они имеют свои цели, задачи и механизмы, направленные на реализацию общенациональной, региональных и корпоративных стратегий в экономической системе. Дан анализ сущности экономической системы. Определено, что она представляет собой сложную организационно – хозяйственную систему, имеющую различные типы структурных связей, которые влияют на ее развитие. Определено, что для промышленной политики западных стран характерно участие государства в поддержке отраслей и отдельных предприятий путем стимулирования их участия в программах общенационального значения, осуществление государственного заказа с соответствующим финансированием и вообще обеспечением поддержки эффективного ведения бизнеса. Доказано, что кластерная политика обеспечивает интеграцию предприятий в рамках единой внутренней информационной среды, которая связана и взаимодействует с внешней средой как целостный организм. Отмечено, что преимущества кластерного подхода для органов власти (министерств, региональных администраций и т. п.) состоят в том, что он позволяет комплексно и системно рассматривать ситуацию в группе взаимосвязанных предприятий, относящихся к различным отраслям. Важнейшим преимуществом кластеров в промышленной политике является то, что этот подход фокусирует внимание на использовании продукта одной отрасли для нужд нескольких других. Это выделяет кластерную политику как альтернативу отраслевому принципу управления экономикой.

Ключевые слова: стратегия; промышленная политика; региональная кластерная политика; производственные связи.

Mekhovich Sergey Anatolevich, Doct. Ekon. Sci., Prof., 0504026212

National technical university is the "Kharkiv polytechnic institute, Kharkov, Ukraina. Kirpichova st. 21, Kharkov, Ukraina, 61002.

STRATEGY OF REGIONAL CLUSTER POLICY AND ITS IMPACT ON THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION LINKAGES IN THE ECONOMIC SYSTEM

The article considers the conditions of formation and development of cluster policy. The article analyses the peculiarities of its application in different countries of the world. The existing developments in the formation of the strategy of the cluster policy, as set of measures in industrial policy for establishing a system of intersectoral links and address major problems of increase of competitiveness of domestic enterprises. It was noted that industrial policy depends on the methodology of the development strategy. Discussed the development of regional inter-industry linkages as an important task of the regional cluster policy. Reasonably, they have their purpose, objectives and mechanisms to implement national, regional and corporate strategies in the economic system. The analysis of essence of the economic system. Determined that it is a complex organizational – economic system with different types of structural relationships that affect its development. It was determined that for the industrial policy of Western countries is characterized by state involvement in the support industries and individual companies by encouraging their participation in programs of national importance, the implementation of the state order with appropriate funding and General support for the effective conduct of business. It is proved that the cluster policy provides for the integration of enterprises within a unified information environment that is connected and interacts with the external environment as an integral body. Noted that the benefits of the cluster approach to authorities (ministries, regional administrations, etc.) are that it allows a comprehensive and systematic look at the situation in a group of related enterprises relating to different industries. The most important advantage of clusters in the industrial policy is that this approach focuses on the use of the product of one industry for the needs of several others. This policy allocates a cluster as an alternative to the sectoral principle of economic management.

Keywords: strategy; industrial policy; regional cluster policy; production relations.

Постановка проблеми

В умовах поширення процесів глобалізації та посилення міжнародної конкуренції, в Україні з'явилася об'єктивна потреба у зміні парадигми управління конкурентоспроможністю підприємств, яка полягає у коригуванні сучасної промислової політики, що була побудована на принципах галузевого управління економікою, і переході до політики, заснованої на кластерних принципах. Необхідність переходу до кластерної політики пов'язана з входженням країни в європейський економічний простір, що потребує суттєвого впорядкування правил економічного розвитку відповідно до започаткованих у науково-технічному просторі в Європі, де його основні тенденції визначені положеннями Лісабонської стратегії. Друга — це необхідність урахування існуючих реалій нівелювання галузевих форм управління внаслідок створення корпорацій з об'єднанням підприємств різних галузей з метою кластерного розвитку бізнесу, модель якого позитивно апробована в багатьох високорозвинених країнах світу - США, Японія, Німеччина, Фінляндія та і ін. Саме така модель спрямована на створення альтернативної моделі галузевого управління.

Метою статті є аналіз існуючих напрацювань у формуванні стратегії кластерної політики, як комплексу заходів для створення системи міжгалузевих зв'язків та вирішення головних задач підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств.

Результати дослідження

У науковій літературі розглядаються такі види політики, як промислова, інвестиційна, інноваційна, кластерна, кадрова, соціальна, політика малого бізнесу, тощо. Концепція кластерної політики України вперше була запропонована вченими В.Г.Федоренко, А.М.Тугай та В.Б.Джабейло у 2008 році [1]. З урахуванням галузевої специфіки автори Концепції виділяють наступні типи кластерів: дискретні, процесні, інноваційні і "творчі", туристичні, транспортнологістичні, будівельні та кластери змішаних типів.

В рамках реалізації поставленої мети основними завданнями кластерної політики вчені пропонували наступне:

формування умов для ефективного організаційного розвитку кластерів;

забезпечення ефективної підтримки проектів, спрямованих на підвищення конкурентоспроможності учасників кластера, особливо шляхом розвитку малого і середнього підприємництва;

проведення активної інноваційної і технологічної політики;

удосконалення освітньої політики;

формування ціленаправленої політики залучення інвестицій;

формування політики розвитку експорту;

формування політики розвитку транспортної і енергетичної інфраструктури;

формування розвитку галузей економіки;

забезпечення ефективної методичної, інформаційно–консультаційної і освітньої підтримки реалізації кластерної політики на регіональному і галузевому рівні.

Як видно, перелік задач охоплював певні напрями роботи у створенні кластерної політики в Україні. Незважаючи на те, що на державному рівні Концепція не отримала підтримки, її слід розглядати як вклад у створення теоретичних засад промислової політики, побудованої на принципах мережевої взаємодії, що відповідає українським реаліям.

Детальне ознайомлення із зазначеною Концепцією свідчить, що її суттєвим недоліком слід відзначити те, що перелічені завдання не передбачають створення умов для розвитку промислової кооперації і міжгалузевих зв'язків, що має принципове значення. Справа у тому, що система міжгалузевих зв'язків представляє собою економічну категорію, яка повинна мати свою цілеспрямовану політику у вигляді комплексу заходів для вирішення основних задач розвитку. Саме цю задачу, як показала практика, здібний вирішувати кластер. Головну задачу у здійсненні міжгалузевого співробітництва слід бачити у формуванні міжгалузевого комплексу, побудованого на засадах системи економічних стимулів і взаємної відповідальності за кінцеві результати у межах економічної системи.

В територіальному аспекті виділяють «регіональну політику». Незважаючи на посилення уваги дослідників до регіонального рівня, міжгалузеві зв'язки на цьому рівні як соціально-економічне явище практично розглядаються. На нашу думку, головна відмінність регіональної політики у розвитку міжгалузевих зв'язків бачиться у тому, що вона не є додатковий інструмент державного управління, а новий підхід до використання інструментів що застосовуються у промисловій політиці регіонального управління. Новизна такого підходу у зміні змісту промислової політики полягає у тому, що засоби державної підтримки мають бути спрямовані не на підтримку окремих підприємств і галузей, а на розвиток їх ефективних взаємовідносин на спільних технологічних платформах та принципах державно-приватного партнерства, де держава виступає у якості ініціатора та координатора мереженої взаємодії. Підхід визначає можливість використання програмних та проектних засобів управління із реалізацією наступних функцій держави:

ефективного координатора та посередника міжгалузевих коопераційних відносин;

стимулювання попиту на продукцію міжгалузевих виробництв: формування держзамовлення, ліквідація формальних бар'єрів для організації коопераційних зв'язків;

формування цілеспрямованої кадрової політики;

стимулювання зовнішніх зв'язків за рахунок зниження торговельних бар'єрів, захисту прав інтелектуальної власності;

створення та закріплення привабливих інституційних умов.

Відповідно виділеним функціям можна виділити ряд засобів державної підтримки процесів формування регіональних міжгалузевих зв'язків:

створення нормативно-правової основи із визначенням балансу інтересів, повноважень та відповідальності;

фінансова підтримка за рахунок розвитку механізму пільгового кредитування програм міжгалузевої кооперації, надання державних гарантій, надання податкових преференцій та пільг;

формування інституційного середовища, що забезпечує функціонування ефективної інформаційно- комунікаційної інфраструктури мережі трансферу технологій, створення державних інвестиційних, консалтингових та інжинірингових компаній, транспортної інфраструктури, тощо;

тверезий державний протекціонізм, що спрямовано на підтримку виробництв міжгалузевої кооперації та просуванню її на міжнародні ринки, розробку спільних програм, формування держзамовлення;

розробка і реалізація програм розвитку де виробництва із залученням підприємств оборонно – промислового комплексу, малого та середнього бізнесу;

розвиток інноваційної та інвестиційної привабливості території на основі підтримки закладів науки та науково–дослідних університетів;

фінансування витрат, що пов'язані із організаційно–економічним та нормативно–правовим забезпеченням міжгалузевої кооперації.

Від промислової політики залежить методологія формування стратегії розвитку. Як складова регіональної політики, стратегія розвитку регіональних міжгалузевих зв'язків має свої цілі, задачі і механізми, що спрямовані на реалізацію загальнонаціональної, регіональних та корпоративних стратегій в економічній системі. Економічна система представляє собою складну організаційно – господарчу систему, що має різні типи структурних зв'язків, які впливають на її розвиток. Для системи будь-якої природи характерний ізоморфізм, який означає відповідність об'єктів один одному завдяки тотожності їх структур. В різних словниках під системою розуміється сукупність елементів, які знаходяться у відносинах і зв'язках та створюють певну єдність. Часто система розглядається як організація певних складових елементів для вирішення визначеної задачі. Еволюційні процеси сприяють розвитку та ускладненню їх структур, що дослідники характеризують як саморозвиток системи. [2] У межах відомих теорій системного аналізу і наукових розробок не існує єдиного поняття системи, але надана сукупність їх властивостей, характерна для системи будь-якої природи. Основною якістю, що визначає характеристику системи є її форми взаємозв'язку всередині та із оточуючим середовищем. Виділяють відкриті та закриті системи. Важливою характеристикою системи є її цілісність. Ця якість виникає та існує завдяки взаємодії елементів, що проявляється через внутрішні зв'язки системи. Внаслідок такого об'єднання у системи виникають нові властивості, якими не володіють її елементи окремо. Виникнення таких властивостей відомо як емерджентність системи. Цілісність системи забезпечують сталі внутрішні зв'язки, які залежать від структури та складових системи. Саме ця характеристика системи є визначальною у формуванні стратегії міжгалузевих регіональних зв'язків. Для їх забезпечення поряд із відповідністю об'єктів один одному завдяки тотожності їх структур потрібна інформаційна взаємодія елементів системи. Кількісні зміни визивають якісні трансформації, які знаходять відображення у ієрархічності їх побудови. Ієрархічність означає наявність у системі рівнів, кожен із яких знаходиться у відповідному підпорядкуванні, має свою зону відповідальності, ресурси і локальні цілі. Граничні можливості системи відображує така її якість, як еквіфінальність, що означає властивість системи дістати такого стану, який не залежить від часу та визначальних умов, а визначається виключно параметрами системи. Наведений перелік загальних якостей системи не є вичерпним, але достатній для того, щоб отримати характеристику регіональної соціально-економічної системи з позиції системного підходу до формування регіональної кластерної політики та основних завдань розвитку міжгалузевої кооперації. Регіональна соціально-економічна система включає в себе об'єднані ресурси і ієрархічні механізми, що здатна забезпечити розвиток регіону, використовуючи зв'язки між виробниками матеріальних та нематеріальних благ та послуг за участю закладів науки, влади та інститутів, що утворюють регіональне інноваційне середовище. Цілісність автор розглядає

як можливість у межах окремо взятої системи здійснити всю сукупність відтворювальних циклів. Цілісність також забезпечується завдяки ієрархічності регіональних соціально-економічних систем. Ієрархія бачиться не тільки у територіальному устрою та системі загального відтворювального процесу, але й в організації процедур прийняття рішень щодо оптимізації взаємовідносин. Цілісність такої ієрархічної системи забезпечується спеціальними механізмами координації та регулювання на усіх рівнях, який представляє собою сукупність ієрархічно упорядочених інститутів, що забезпечують норми, порядок і процедури економічної діяльності. Ядром цієї системи є інститути влади, власності та майнової відповідальності. Ефективність функціонування регіональної економічної системи залежить від встановлення взаємозв'язків між різними її учасниками та активною діяльністю в інноваційній сфері.

Функціонування регіональних соціально-економічних систем пов'язано із таким явищем, як економічна агломерація, яка формується внаслідок ефекту зростаючої віддачі від масштабу виробництв та створює умови для утворення різних інтегрованих угруповань, і в першу чергу, кластерів, які посилюють активність та різноманітність економічної діяльності. Досвід розвинутих країн підтверджує, що створення сучасних технологій базується на процесах інтеграції, у тому числі за рахунок розвитку кластерних структур. [3] Завдяки впровадженню кластерних моделей регіональні економічні системи прискорюють свій розвиток, концентруючи та оновлюючи виробничу базу та інші фактори успіху: вільного обміну інформацією, системами зв'язку. [4,5] Ефективність розвитку також залежить від інноваційного середовища. П. Айдалот та Р. Камагні визначили інноваційне середовище як узгоджену сукупність територіальних взаємозв'язків єдиної відтворювальної системи, що включають різних економічних та соціальних агентів, які разом генерують і стимулюють колективний процес розвитку. [6,7] В регіонах України зараз формується нове інноваційне середовище, яке має свої характерні відмінності щодо впливу на побудову та функціонування нових організаційних форм та коопераційних зв'язків бізнесу, науки, окремих підприємств як між собою, так і з інститутами, що формують інноваційне середовище. Як свідчить світовий досвід, найбільш ефективно ці задачі вирішуються на основі кластерної політики. У новому сторіччі кластерна політика набула характеру світогосподарської тенденції країн та регіонів. Поняття "кластерна політика", її економічний зміст і форми реалізації сформульовані у ряді праць. [8,9] Кластерні об'єднання, як нову форму організації виробництва, нову форму проведення державної промислової політики і важливий інструмент забезпечення конкурентоспроможності економіки пропонував М.Портер.[10] Деякі дослідники появу кластерів пов'язують з процесами глобалізації. [11,12] Але більшість дослідників (Скотч А., Розенфельд С., Самплер С., Андерсен А. та інші) розглядають появу кластерів як пошукову реакцію на інституційні зміни. [13-17] Розвиваючи кластерну теорію, Т. Цихан застосовує її вже для регіонального рівня і зосереджує увагу на розвитку взаємовідносин усередині кластера, а не на підтримці окремих підприємств або бізнес-формувань в інтересах територіальної системи.[18]. Це виділяє кластерну політику як таку форму промислової політики, яка спрямована на розвиток нового організаційно - структурного елементу комплексного механізму управління розвитком регіону. Мова йдеться про зміни самої суті промислової політики, яка перетворюється на колективну регіональну політику формування і підтримки коопераційних зв'язків на основі погоджених принципів розвитку взаємовідносин між господарюючими суб'єктами, наукою, владою та громадою. Борисоглібська Л., Мальцева А., Глебова І. розвиток кластерів пов'язують із створенням в певних регіонах комплексних утворень, інтегруючих системоутворюючі підприємства, науково-дослідні центри, навчальні заклади та інші організації, які доповнюють одне одного. [19] Виходячи із викладеного, регіональну економічну політику, що спрямована на розвиток

міжгалузевих промислових комплексів, автор розуміє як систему планів і дій в забезпеченні стратегії соціально-економічного розвитку регіону, засновану на сукупності організаційних, законодавчих, нормативних, політичних та інших основах, що визначають напрямки, завдання та механізми взаємодії, а також обов'язки та відповідальність державних, підприємницьких, громадських структур і інститутів в процесі забезпечення системного функціонування підприємств і організацій у кластерному середовищі регіонального економічного простору.

Кластерна економічна політика, як концепція, що інтегрує регіональну економічну і промислову політику отримала широкий розвиток в 1990-х роках. Дорінгер П. і Теркла Д. основний зміст індустріальних кластерів зв'язували з географічною концентрацією галузей, отримуючих переваги функціонування завдяки близькому розташуванню. [20]. У методологічному відношенні програмним документом, в якому сформульовані основні завдання регіональної кластерної політики, є Європейський кластерний Меморандум країн - членів Європейського Союзу (2006р.).[21] Документ носить, в основному, регуляторний характер, забезпечуючи заходи, спрямовані на усунення перешкод в розвитку кластерів і визначивши наступні функції держави, як лідера кластерного формування:

- посилення кооперації між учасниками кластера і створення умов ефективної взаємодії усіх членів кластера;

- розвиток споріднених секторів економіки, що підтримують;

- формування держзамовлення;

- ліквідація формальних бар'єрів для організації інноваційної діяльності, виробництва, впровадження і тиражування інновацій;

- стимулювання зовнішніх зв'язків і експортної спрямованості виробничої діяльності;

- ліквідація формальних бар'єрів для організації інноваційної діяльності, виробництва, впровадження і тиражування інновацій;

- захист прав інтелектуальної власності, реалізація інфраструктурних і інвестиційних проектів, у тому числі з використанням механізмів державно-приватного партнерства;

- інформаційна, методична і освітня підтримка процесів активації і розвитку кластерів;

- створення сприятливих мезоекономічних і інституціональних структурних умов ведення бізнесу;

- підтримка малого підприємництва.

Здобутком ефективної кластерної політики у світовій практиці стала спеціалізація економіки держав на розвитку великих інтегрованих структур, що охопили основну долю господарської діяльності і експорту. Аналіз 160 кластерів, проведений М. Енрайтом, дослідження Аксянової А., Сутиріна С., Філіпова П. та інших вчених виявило, що завдяки реалізації принципів коопераційного розвитку близько 60% кластерів стали світовими або національними лідерами. [22-23] М. Енрайт виділяє чотири типи регіональної кластерної політики: каталітична кластерна політика (функції держави обмежуються посередництвом), підтримуюча (до посередницької функції держави додається інвестиційна), директивна (держава розробляє програми щодо розвитку регіональної кластерної системи на основі кластерного підходу) та інтервенціоністська (державі приймає на себе відповідальність за рішення, що стосуються створення і розвитку кластеру). Вважаємо, що в Україні треба застосовувати елементи усіх цих видів у залежності від регіону та завдань розвитку. При цьому за основу слід взяти підтримуючу кластерну політику.

На кластерний розвиток економіки орієнтовані Китай і Індія. Типовим кластером є Сіліконова долина США, в якій інтегровано 8 тис. підприємств (5 технопарків), які спеціалізуються на створенні електронної техніки. У аналогічному кластері в Індії працює 140 тис. чол. В Каталонії, де мешкає 13% населення Іспанії, робиться майже 20% ВВП і близько 40% промислового експорту. Наведені приклади

свідчать про те, що кластери стали визначати промислову політику багатьох розвинених країн світу. Ці країни змогли забезпечити від 75 до 90% приросту ВВП.

Аналіз, проведений Ноен А., Леоновою Т., Єреміною Є. свідчить про те, що кластерна політика в різних країнах має свої відмінності [24-2]: відмінності за масштабами фінансування: від значних бюджетів (Північний Рейн-Вестфалія, Шотландія) до фінансування окремих невеликих проектів (Франція); відмінності державної підтримки плану: політика в окремих країнах значною мірою орієнтована на підтримку мережевих взаємодій між учасниками кластера (Люксембург (Нідерланди), Тампере (Фінляндія)); відмінності за формами підтримки в країнах, які мають великі ресурси, підтримка мереж здійснюється державою (Шотландія); організаційні відмінності.

На основі світового досвіду кластеризації виділяють різні моделі формування кластерів. П'ять моделей кластеризації виділяє Гранік І.М.: італійську (на основі об'єднання в асоціації великої кількості малих підприємств); японську (об'єднання підприємств навколо фірми – лідера); фінську (фундаментом моделі виступає сектор наукових досліджень та розробок); північно-американську (для цієї моделі характерними рисами є конкуренція між підприємствами) та індійсько-китайська (з головною роллю держави). [27]

Шотландську, датську, радянську, східноєвропейську та модель консолідованого кластера виділяє Дмитрієва В.О. [28] До того ж усі моделі кластерної політики за організаційною ознакою можливо розділити на дві групи: «континентальна» модель (Японія, Республіка Корея, Сінгапур, Швеція, Франція та деякі інші), та англо-саксонську модель, де роль держави визначається знищенням бар'єрів для розвитку кластерів. Заслужують уваги такі організаційні форми, як територіально-виробничий комплекс та промисловий комплекс (ТБК і ПК), де власно і формуються виробничі зв'язки. Розвиток концепції ТБК базується на еволюційному процесі економічного районування територій. Гранберг А.Г. визначає ТБК як поєднання різних технологічно пов'язаних виробництв із загальними об'єктами виробничої і соціальної інфраструктури, що має виробничу спеціалізацію в масштабах міжрегіонального, національного і навіть світового ринків, що є типовою формою господарського освоєння нових територій з багатими виробничими ресурсами [29, с.37]. Виходячи із цього визначення, кластер можна вважати одним з типів ТБК у межах регіону.

Аналіз споріднених з кластером понять дозволив виділити його переваги у здійсненні міжгалузевих зв'язків в порівнянні з іншими формами виробничої інтеграції, які використовуються для опису географічних угруповань підприємств і пов'язаних з ними процесів, і обґрунтувати раціональність розвитку коопераційних зв'язків в кластерному формуванні. Кластерний підхід пропонує партнерство зацікавлених один в одному суб'єктів, розміщених на конкретній території, а характер спеціалізації кластера не обов'язково обмежений особливостями галузі. Ці особливості створює цілеспрямована економічна політика тієї чи іншої країни. Саме це мав на увазі Е. Райнерт коли стверджував, що успіх стратегії, що зробила Європу рівномірно розвинутою полягає у тому, що зарубіжні економісти називали емуляцією (англ. emulation), а також у застосуванні новітнього інструментарія для досягнення цілей. [30] «Емуляція» переводиться як змагання, як «спроба зрівнятися з іншими або випередити їх у будь-якому досягненні або якості; бажання зрівнятися або випередити» (згідно Оксфордському словнику англійської мови). Україна чітко сформулила свою позицію щодо Євроінтеграції, але на практиці бракує знань та механізмів, а також порівняльного аналізу щодо галузевих та регіональних розбіжностей у розвитку України та провідних європейських держав. Бракує таких оцінок і пропозицій і у звітах СЕК ООН. [31] Більш того, у висновках СЕК основною ідеєю подальшого розвитку України є ідея її перетворення у аграрну державу, для якої характерна спадаюча віддача. Здобувач цілком згоден з Нобелівським лауреатом

Гуннарем Мюрдалем, який назвав це опортуністичним неучтвом, тобто підміну економічних передмов заради досягнення політичних цілей [30]. Історією доведено, що економічний розвиток забезпечується не різними видами економічної діяльності, а якраз такими, для яких характерні убуваючі витрати та пов'язана із ними зростаюча віддача.

Визначимо основні цілі регіональної політики у сприянні створенню міжгалузевих зв'язків:

забезпечення організаційно-економічних умов забезпечення виробничої кооперації в інтересах виробників та регіону;

сприяння розвитку мережевої взаємодії усіх суб'єктів підприємництва на основі кластерної концепції;

пріоритетний розвиток промислових підприємств із зростаючою віддачею;

максимальне використання економічних, ресурсних, трудових та природних можливостей регіону;

сприяння реалізації програм технологічного реінжинірингу виробничої основи промислових підприємств;

розробка та реалізація програм експортозаміщення;

розвиток інжинірингових компаній малого та середнього бізнесу на основі подвійних технологій військово-промислового комплексу;

розвиток програми девиробництва на базі діючих підприємств військово-промислового комплексу та підприємств машинобудівної галузі;

створення привабливих інституційних умов для розвитку регіональних міжгалузевих зв'язків.

Виходячи із поставлених цілей, зусилля регіональної влади повинні бути сконцентровано на вирішенні наступних задач: розробка регіональної програми створення цілісної соціально-економічної системи; розробка регіональної програми використання кластерної концепції у соціально-економічному розвитку регіону; розробка стратегії розвитку промисловості регіональної економіки на основі відродження машинобудівної галузі; розробка регіональної програми створення підприємств девиробництва у галузі машинобудування та верстатобудування.

Для України характерні національні особливості формування і реалізації промислової політики, яка повинна враховувати вплив процесів глобалізації та необхідність відтворення промисловості на новій технологічній основі.

Дослідження проблем регіональної політики показало, що нові методи управління поєднують галузеві принципи з регіональними задачами і потребами. Для їх забезпечення автором запропоновано заснувати Інститут регіональної кластерної політики, надати йому провідну роль у відновленні міжгалузевих зв'язків на основі технологічного реінжинірингу та в структурній перебудові регіональної економіки [11]. ІРКП – це комплекс економічних, правових, організаційних, соціальних процесів, явищ і механізмів їх регулювання. Його приводить у дію взаємопов'язана система методів та інструментів, розроблених для досягнення певних цілей в управлінні соціально-економічним розвитком регіонів. Суб'єктами управління є органи державного регулювання, підприємства і організації-учасники кластерних формувань, фінансові та інші посередники, постачальники.

Об'єктом управління є процес формування, підтримки і розвитку кластерів (рис. 1).

Як видно з рис.1, сутність та напрями дії інституту регіональної кластерної політики полягають у наступному: процеси технологічних та логістичних перетворень з використанням нових інститутів розвитку та підприємств ОПК; соціально-політичні інтереси і потреби людей; економічні і політичні інститути, що здійснюють вплив на економічну діяльність; економічні та політичні норми і традиції; власно – управлінська та організаторська діяльність людей; створення та підтримка формальних і неформальних інститутів розвитку; створення та підтримка формальних і неформальних інститутів

розвитку; відтворення міжгалузевих та міжрегіональних виробничих зв'язків завдяки кластерній політиці; підтримка інтегруючих процесів (колаборація) влади, бізнесу, науки і громади у створенні стратегії регіонального розвитку та забезпеченні ефективної промислової політики.

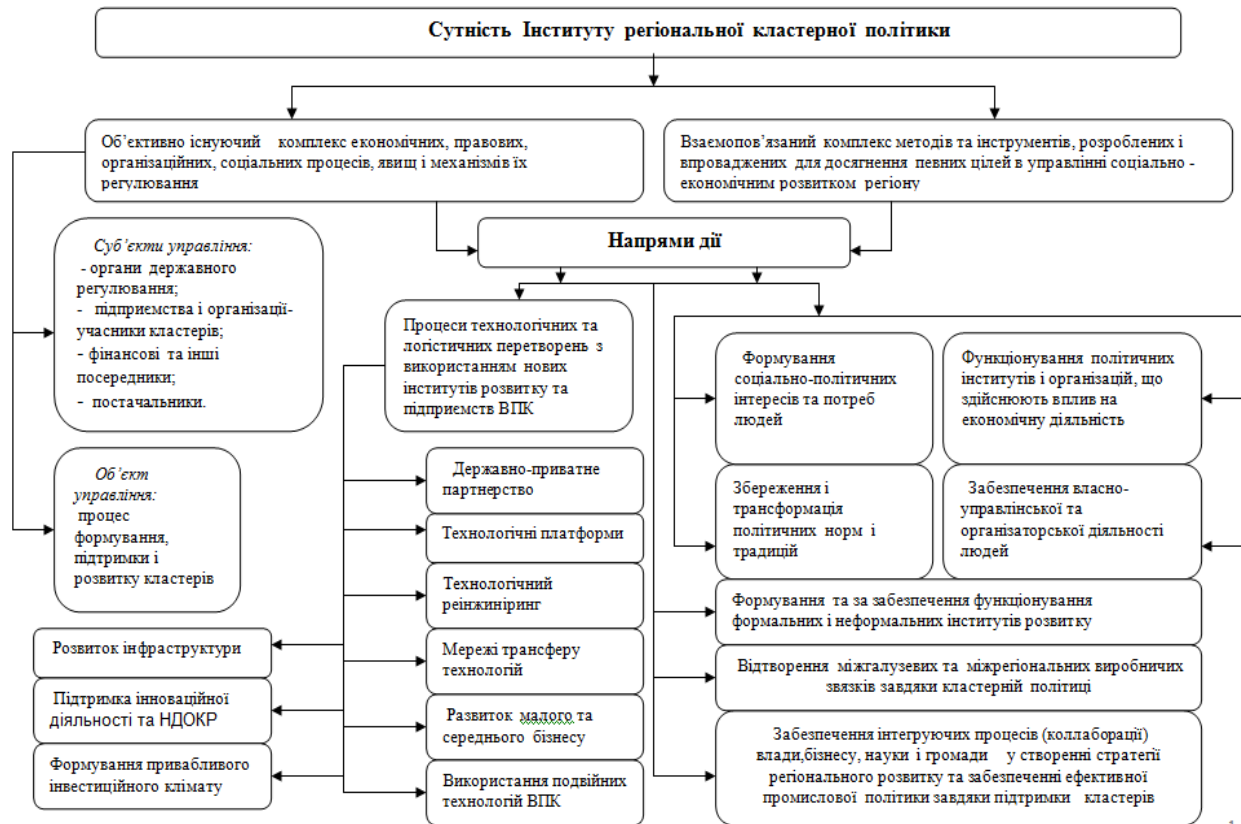


Рис.1. Сутність та напрями дії інституту регіональної кластерної політики.

Важливими напрямками дії ІРКП слід визначити підтримку державно–приватного партнерства, технологічних платформ, технологічного реінжинірингу, мережі трансферу технологій, розвитку малого та середнього бізнесу, програм з використання подвійних технологій, розвитку інфраструктури, підтримку інноваційної діяльності та НДКР та формування привабливого інвестиційного клімату. Таким чином, проведений у статті аналіз світової практики застосування регіональної кластерної політики дозволив дійти висновку, що створення регіональних виробничих кластерів дозволить підвищити конкурентоспроможність економіки, рівень і якість життя населення України. Це також створить умови для розвитку виробничих зв'язків в економічній системі.

Висновки.

1. Аналіз вітчизняної та зарубіжної практики застосування промислової політики свідчить про те, що для західних країн характерна участь держави у підтримці галузей і окремих підприємств шляхом стимулювання їх участі у програмах загальнонаціонального значення, здійснення державного замовлення із відповідним фінансуванням і взагалі забезпеченням підтримки ефективного ведення бізнесу.

2. Кластерна політика забезпечує інтеграцію підприємств в рамках єдиного внутрішнього інформаційного середовища, яке пов'язане і взаємодіє із зовнішнім середовищем як цілісний організм. Переваги кластерного підходу для органів влади (державних міністерств, регіональних адміністрацій тощо) полягають у тому, що він дозволяє комплексно і системно розглядати ситуацію в групі взаємозв'язаних підприємств, які відносяться до різних галузей. Найважливішою перевагою кластерів в промисловій

політиці, яка зробила їх такою популярною, є те, що цей підхід фокусує увагу на використанні продукту однієї галузі для потреб декількох інших.

3. Основною метою реалізації кластерної політики є забезпечення високих темпів економічного зростання і диверсифікації економіки за рахунок підвищення конкурентоспроможності підприємств, постачальників устаткування, комплектуючих, спеціалізованих виробничих і сервісних послуг, науково - дослідних і освітніх організацій, які створюють територіально - виробничі кластери. Реалізація кластерної політики сприяє зростанню конкурентоспроможності бізнесу за рахунок реалізації потенціалу ефективної взаємодії учасників кластера, пов'язаного розширення доступу до інновацій, технологій, ноу - хау, а також з ефективним використанням персоналу і зниженням трансакційних витрат, що забезпечує формування передумов для реалізації сумісних коопераційних проектів і продуктивної конкуренції.

4. Одне з практичних завдань регіональної політики полягає в підтримці створення кластерних об'єднань і, в першу чергу, в сфері промисловості. Масштаби впливу такого утворення на всі сторони соціально-економічної діяльності дає право розглядати регіональну кластерну політику як інститут регіонального розвитку.

5. Недостатній розвиток міжгалузевих і міжрегіональних зв'язків в сучасних умовах є одним з головних гальмуючих факторів економічного розвитку країни і регіонів. Конкурентоспроможність України в значній мірі буде залежати від того, як оперативного надаль формуватиметься та розгортатиметься модель підтримки та розвитку сучасних інтеграційних систем та їх невід'ємної частини — кластерних структур та систем міжкластерної взаємодії бізнес - мереж. Для підтримки та розвитку сучасних інтеграційних систем та їх невід'ємної частини — кластерних структур та систем міжкластерної взаємодії бізнес – мереж Кабінету Міністрів доцільно створити Комітет з розвитку мережевої взаємодії соціально - економічних структур з його основним завданням - створення законодавчо-нормативної бази кластерної політики. Потрібно також розробити програму розвитку інноваційних промислових кластерів, в якій передбачити систему заохочення для учасників та відповідні додаткові пільги, з допомогою яких можна збільшити надходження прямих іноземних інвестицій, створити нові робочі місця і тим самим зменшити обсяги еміграції молоді та кваліфікованої робочої сили.

Список використаної літератури:

1. Федоренко В.Г. Концепція кластерної політики в Україні. / А.М., Тугай, А.Ф.Гойко, В.Б. Джабейло/- Економіка та держава.- №11/2008.- с.5-15. Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.economy.in.ua/pdf/11_2008/3.pdf.
2. National Innovation Systems, OECD, 1997: [Електронний ресурс].- Режим доступу: URL: <http://www.oecd.org/science/innovationinscience/technologyandindustry/2101733.pdf>
3. Кизим М.О., Хаустова В.Є., Боровський О.В. Кластерні структури в економіках світу. Проблеми економіки. №4, 2011. – с.24 – 32.
4. Мехович С.А. Проблемы экономического развития и трансформации промышленной политики Украины. /Мехович С.А., Костенко А.А. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Харків, НТУ «ХПІ» – 2012. – № 05. – С.28 – 36.
5. Мехович С.А. Сучасний погляд на формування регіональних міжгалузевих зв'язків. / Мехович С.А. // «Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит». – № 3(134). – 2015. – С.49 – 58.
6. Соціологія. Название с сайта. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.grandars.ru/college/sociologiya/ideologiya.html>
7. Camagni R. Innovation networks: spatial perspectives/ Belhaven Press, London, NY, 1991
8. Cluster analysis and cluster - based policy: new perspective and rationale in innovation policy. Roeland T., P.den Nertog . Paris, OECD, 1999.-P. 219-242.
9. Nertog P. Approaches to cluster analysis and its rationale as a basis of policy. Brighton, 1999.– 236 p.
10. Портер М. Конкуренция./ Пер. с англ.: уч. пос.– М. Издательский дом «Вильямс», 2005.– 496 с.
11. Мехович С.А. Регіони України : стратегія і політика розвитку.: Монографія. – / С.А. Мехович. – Харків: Тов «Планета – принт». – 2016. – 436 с.

12. Isaksen A. Rationalization and regional clusters as a development strategies in a global economy. Oslo, 1998. – 132 p.
13. Rosenfeld S. Bringing business clusters into the mainstream of economic development // European planning studies, 1997. N 5. – P. 3-23.
14. Sampler S. Redefining industry structure for the information age // Strategic management Journal, 1992. Vol.19. – P.343 – 355.
15. Thomson A.M., Perry J.L. Collaboration Processes: Inside the Black Box
16. Public Administration Review. 2006. Vol. 66. N. 1. P. 20 – 32.
17. Скотч А. Эффективность кластеризации региональной экономики// Экономические стратегии. 2007. №5. – С.21 – 38 .
18. Цихан Т.В. Кластерная теория экономического развития// Теория и практика управления. 2003. №5. – С.34 – 36.
19. Борисоглебская Л.Н., Мальцева А.А., Глебова И.З. Формирование инновационных кластеров на основании классификации технопарков для обеспечения конкурентоспособности развития региона// Региональная экономика. 2011. №1 (184). – С. 14 – 16.
20. Doeringer P. Terkla D. Business Strategy and Cross-Industry Clusters.// Economic Development Quarterly 1995. Vol 9, №3. – P. 225 – 237.
21. The European cluster memorandum. Promoting European Innovation through Clusters: An Agenda for Policy Action / Prepared by the High Level Advisory Group on Clusters, chaired by Senator P. Laffitte. [Электронный ресурс]. URL:<http://www.clusterobservatory.eu> (дата обращения 23.11.2013).
22. Enright M. Survey on Characterization of Regional Clusters: Initial Results. Working Paper. Institute of Economic Policy and Business Strategy, Competitiveness Program, University of Hong Kong, 2000–236 p.
23. Аксянова А.В. Моделирование и анализ структурной динамики региональных социально-экономических систем: Монография – Казань: Уzd – во КГТУ, 2010. – 216с.
24. Леонова Т. Российская силиконовая долина: перспективы создания иннограда Сколково// Маркетинг. 2010. №6. – С.5.
25. Noen A. An international comparison of national clusters. – CPB report, 2001. – 24 p.
26. Hart D., Simmie J., Wood P., Sennett J. Innovative Clusters and Competitive Cities in the UK and Europe// Oxford Brookes School of Planning Working Paper. 1999. – P. 182.
27. Граник И. М. Кластерный подход как фактор регионального развития и повышения конкурентоспособности в условиях инновационно-ориентированной экономики // Вестник Брестского университета. Серия 2. История. Экономика. Право. 2010. № 2. С. 83-92.
28. Дмитриева О. В. Світовий досвід формування кластерних моделей розвитку регіонів // Актуальные проблемы экономики и права: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. Барановичи, 26-27 апр. 2012 г. Барановичи: РИО БарГУ, 2012. С. 71-74.
29. Гранберг О.Г. Основы региональной экономики: учебник для вузов / О.Г. Гранберг/. – 5-е изд. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2006. – 495 с.
30. Райнерт Э.С. Как богатые страны стали богатыми, и почему бедные страны остаются бедными. М.: Издательский дом ГУ-ВШЭ. Серия: Экономическая теория.: 2011. – 382 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://institutiones.com/strategies/2039-kakoj-dolzha-byt-ekonomicheskaia-politika.html>
<http://yadi.sk/d/wp0XyHsN3EwSi>
31. Обзор инновационного развития Украины. ЕЭК ООН. Нью-Йорк и Женева. 2013. Інвестиційна Україна. Назва з сайту. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://investukraine.com/investors-guide/legal-overview>

References:

1. Fedorenko V.H. Kontsepsiia klasternoi polityky v Ukraini / A.M., Tuhai, A.F. Hoiko, V.B. Dzhabeilo/-Ekonomika ta derzhava.- №11/2008.- s.5-15. Elektronnyi resurs. Rezhym dostupu: http://www.economy.in.ua/pdf/11_2008/3.pdf.
2. National Innovation Systems, OECD, 1997: [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: URL: [http://www.oecd.org/science/innovationinscience/technologyandindustry/2101733.pdf](http://www.oecd.org/science/innovationinscience/innovationinscience/technologyandindustry/2101733.pdf)
3. Кузым М.О., Хаустова В.І., Боровський О.В. Кластерні структури в економіках світу. Проблеми економіки. №4, 2011. – с.24 – 32.
4. Mekhovych S.A. Problemy ekonomicheskoho rozvytytia y transformatsyy promyshlennoi polytyky Ukrainy. /Mekhovykh S.A., Kostenko A.A. // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut». Kharkiv, NTU «KhPI» – 2012. – № 05. – S.28 – 36.
5. Mekhovych S.A. Suchasnyi pohliad na formuvannia rehionalnykh mizhhaluzevykh zviazkiv. / Mekhovych S.A. // «Enerhosberezhenye. Enerhetyka. Enerhoaudyt». – № 3(134). – 2015. – S.49 – 58.

6. Sotsiologhiia. Nazvanye s saita. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.grandars.ru/college/sociologiya/ideologiya.html>
7. Camagni R. Innovation networks: spatial perspectives/ Belhaven Press, London, NY, 1991
8. Cluster analysis and cluster - based policy: new perspective and rationale in innovation policy. Roeland T., P.den Nertog . Paris, OECD, 1999.-R. 219-242.
9. .Nertog P. Approaches to cluster analysis and its rationale as a basis of policy. Brighton,1999.– 236 r.
10. Porter M. Konkurentsya./ Per. s anhl.: uch.pos.– M. Yzdatelskyi dom «Vyliams», 2005.– 496 s.
11. Mekhovych S.A. Rehiony Ukrainy : stratehiia i polityka rozvytku.: Monohrafiia. – / S.A. Mekhovych. – Kharkiv: Tov «Planeta – prynt». – 2016. – 436 s.
12. Isaksen A. Rationalization and regional clusters as a development strategies in a global economy. Oslo, 1998. – 132 p.
13. Rosenfeld S. Bringing business clusters info the mainstream of economic development // European planning studies, 1997. N 5. – R. 3-23.
14. Sampler S. Redefining industry structure for the information age // Strategic management Journal, 1992. Vol.19. – P.343 – 355.
15. Thomson A.M., Perry J.L. Collaboration Processes: Inside the Black Box
16. .Public Administration Review. 2006. Vol. 66. N. 1. P. 20 – 32.
17. Skotch A. Efektyvnost klasteryzatsyy rehyonalnoi ekonomyky// Ekonomycheskye stratehyy. 2007. №5. – S.21 – 38 .
18. Tsykhan T.V. Klasternaia teoriya ekonomycheskoho rozvytyia// Teoriya y praktyka upravlenyia. 2003. №5. – S.34 – 36.
19. Borysohlebskaia L.N., Maltseva A.A., Hlebova Y.Z. Formyrovanye ynnovatsyonnykh klasterov na osnovany klassyfykatsyy tekhnoparkov dlia obespechenyia konkurentosposobnosti rozvytyia rehyona// Rehyonalnaia ekonomyka. 2011. №1 (184). – S. 14 – 16.
20. Doeringer P. Terkla D. Business Strategy and Cross-Industry Clusters.// Economic Development Quarterly 1995. Vol 9, №3. – P. 225 – 237.
21. The European cluster memorandum. Promoting European Innovation through Clusters: An Agenda for Policy Action / Prepared by the High Level Advisory Group on Clusters, chaired by Senator P. Laffitte. [Elektronnyi resurs]. URL:<http://www.clusterobservatory.eu> (data obrashchenyia 23.11.2013).
22. EnrightM. Survey on Characterization of Regional Clusters: Initial Results.Working Paper. Institute of Economic Policy and Business Strategy,Competitiveness Program,University of Hong Kong,2000–236 r.
23. Aksianova A.V. Modelyrovanye y analiz strukturnoi dynamyky rehyonalnykh sotsyalno-ekonomycheskykh system: Monohrafiia – Kazan:Uzd– vo KHTU, 2010. – 216s.
24. Leonova T. Rossyiskaia sylykonovaia dolyna: perspektyvy sozdanyia ynnohrada Skolkovo// Marketynh. 2010. №6. – S.5.
25. NoenA.An international comparison of national clusters. – CPB report, 2001. –24 r.
26. Hart D., Simmie J., Wood P., Sennett J. Inovative Clusters and Competitive Cities in the UK and Europe// Oxford Brookes School of Planning Working Paper.1999. – R. 182.
27. Hranyk Y. M. Klasternyi podkhod kak faktor rehyonalnoho rozvytyia y povyshenyia konkurentosposobnosti v uslovyiakh ynnovatsyonno-oryentirovannoi ekonomyky // Vestnyk Brestskoho unyversyteta. Seryia 2. Ystoryia. Ekonomyka. Pravo. 2010. № 2. S. 83-92.
28. Dmytryeva O. V. Svitovi dosvid formuvannia klasternykh modelei rozvytku rehioniv // Aktualnye problemyekonomyky y prava: mat-ly IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Baranovychy, 26-27 apr. 2012 h. Baranovychy: RYO BarHU, 2012.S.1-74.
29. Hranberh O.H. Osnovy rehyonalnoi ekonomyky: uchebnyk dlia vuzov / O.H. Hranberh/. – 5-e yzd. – M.: Yzd. dom HU VShЭ, 2006. – 495 s.
30. Rainert E.S. Kak bohatye strany staly bohatymy, y pochemu bednye strany ostaiutsia bednymy. M.: Yzdatelskyi dom HU-VShE. Seryia: Ekonomycheskaia teoriya.: 2011. – 382 s. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu:<http://institutiones.com/strategies/2039-kakoj-dolzha-byt-ekonomi ches kaya-politika.html> <http://yadi.sk/d/wp0XyHsN3EwSi>
31. Obzor ynnovatsyonnoho rozvytyia Ukrainy. EEK OON. Niu-York y Zheneva. 2013. Investytsiina Ukraina. Nazva z saitu.[Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://investukraine.com/investors-guide/legal-overview>

Прийнято до друку 18.11. 2019 р.

Мехович Сергій Анатолійович, докт. екон. наук, професор Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", *Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"*, м. Харків, Україна. вул. Кирпичова, 21, Харків, Україна, 61002.

Сікетіна Наталія Геннадіївна, асистент кафедри економічного аналізу та обліку; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків, Україна. вул. Кирпичова, 21, Харків, Україна, 61002.

ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В ІННОВАЦІЙНОМУ КЛАСТЕРІ

Досліджено альтернативні підходи до визначення поняття «адаптація» і «адаптаційні зв'язку». Визначено роль адаптації в забезпеченні конкурентоспособності промислового підприємства в складі інноваційно-виробничого кластера. Досліджено теоретичні питання формування системи адаптації підприємств до умов зовнішнього середовища. Показано, що процеси економічної трансформації, які характерні для національної інноваційної середовища, і процеси глобалізації є причиною переосмислення текучих і стратегічних завдань підприємства. Проаналізовано зміни в адаптаційній оточенні під впливом процесів глобалізації. Розглянуто вплив конкурентного середовища на фактори економічної ефективності підприємства. Розкрито сутність кластеризації економічних відносин в створенні єдиного господарського механізму. Обґрунтовано, що завдяки системі адаптаційних зв'язків, розвиток яких забезпечує кластер, створюється синергетичний ефект. Запропоновано систему класифікації адаптаційних зв'язків кластера. Головним вектором у цій класифікації визначені ознаки за видами економічної діяльності. Показано, що саме від них залежить ефективність партнерства. Розкрито фактори, що забезпечують розвиток адаптаційних зв'язків кластера в умовах конкурентного середовища. Запропоновано методіку формування адаптаційних зв'язків промислових підприємств.

Ключові слова: адаптація; підприємство; фактори; економічна ефективність; кластер.

Мехович Сергей Анатольевич, докт. екон. наук, профессор Национального технического университета "Харьковский политехнический институт", *Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"*, г. Харьков, Украина. Ул. Кирпичова, 21, Харьков, Украина, 61002.

Сикетина Наталья Геннадиевна, ассистент кафедры экономического анализа и учета, Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»,

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", г. Харьков, Украина. Ул. Кирпичова, 21, Харьков, Украина, 61002.

ФОРМИРОВАНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ИННОВАЦИОННОМ КЛАСТЕРЕ

Исследованы альтернативные подходы к определению понятия «адаптация» и «адаптационные связи». Определена роль адаптации в обеспечении конкурентоспособности промышленного предприятия в составе инновационно-производственного кластера. Исследованы теоретические вопросы формирования системы адаптации предприятий к условиям внешней среды. Показано, что процессы экономической трансформации, которые характерны для национальной инновационной среды, и процессы глобализации являются причиной переосмысления текущих и стратегических задач предприятия. Проанализированы изменения в адаптационном окружении под влиянием процессов глобализации. Рассмотрено влияние конкурентной среды на факторы экономической эффективности предприятия. Раскрыта сущность кластеризации экономических отношений в создании единого хозяйственного механизма. Обосновано, что благодаря системе адаптационных связей, развитие которых обеспечивает кластер, создается синергетический эффект. Предложена система классификации адаптационных связей кластера. Главным вектором в этой классификации определены признаки по видам экономической деятельности. Показано, что именно от них зависит эффективность партнерства. Раскрыты факторы, обеспечивающие развитие адаптационных связей кластера в условиях конкурентной среды. Предложена методика формирования адаптационных связей промышленных предприятий.

Ключевые слова: адаптация; предприятие; факторы; экономическая эффективность; кластер.

Mekhovich Sergey Anatolevich, Doct. Ekon. Sci., Prof. a National technical university is the "Kharkiv polytechnic institute", National technical university is the "Kharkiv polytechnic institute", Kharkov, Ukraine. Kirpichova st., 21, Kharkov, Ukraine, 61002.

Siketina Natalya Gennadiyevna, assistant, a national technical university is the "Kharkiv polytechnic institute", National technical university is the "Kharkiv polytechnic institute", Kirpichova st., 21, Kharkov, Ukraine, 61002.

FORMATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES ADAPTATION LINKS AT INNOVATIVE CLUSTER

The alternative approaches to the definition of the concept of "adaptation" and "adaptive communication" are investigated. The role of adaptation in ensuring the competitiveness of an industrial enterprise as part of an innovative production cluster is determined. The theoretical issues of the formation of a system of adaptation of enterprises to environmental conditions are investigated. It is shown that the processes of economic transformation, which are characteristic of the national innovation environment, and the processes of globalization are the reason for rethinking the current and strategic tasks of the enterprise. Changes in the adaptive environment under the influence of globalization are analyzed. The influence of the competitive environment on factors of economic efficiency of the enterprise is considered. The essence of the clustering of economic relations in the creation of a single economic mechanism is revealed. It is proved that thanks to the system of adaptive ties, the development of which is ensured by the cluster, a synergistic effect is created. A classification system for cluster adaptation links is proposed. The main vector in this classification defines the characteristics of the types of economic activity. It is shown that the partnership efficiency depends on them. The factors that ensure the development of the adaptation linkages cluster in a competitive environment are disclosed. A methodology for the formation of adaptive ties of industrial enterprises is proposed.

Keywords: adaptation; enterprise; factors; economic efficiency; cluster.

Постановка проблеми

Сучасний розвиток суспільства і питання адаптації до постійних змін навколишнього середовища обумовлює актуальну потребу у концептуальному осмисленні феномену адаптації та науковому обґрунтуванні поняття «адаптація» промислового підприємства в умовах мінливого конкурентного середовища. Слід відзначити, що нині в Україні існують досить сильні ризики щодо погіршення фінансово-економічного становища промислових підприємств, зокрема зниження їх економічної стійкості. На рівні держави відсутня суттєва підтримка промислових підприємств, панують непосильне податкове навантаження, кабальна кредитна політика тощо [1].

Недостатня адаптованість вітчизняних підприємств до умов зовнішнього ринку, переважання сили загроз над наявними адаптаційними можливостями призводить як до неефективного використання ресурсів промислового підприємства, так і до зниження ефективності його діяльності. Тож особливої ваги набуває необхідність розробки концепції адаптації промислового підприємства з опорою на системний підхід. Актуальність означеної проблеми знайшла відображення у темі даної статті.

У сучасних умовах підприємство досліджується як багатофункціональна та багатоаспектна система, як підсистема інформаційного суспільства, або як безпосередній учасник інтернаціоналізації та глобалізації економіки. Еволюція теорії адаптації відображає прагнення у переході промислових підприємств на модель сталого розвитку.

Вагомий внесок у дослідження питань методології управління підприємством в аспекті адаптації до умов зовнішнього середовища зробили Венік Н. Г., Гросул В. А., Кривобок В.К., Круглова О. А., Матушевська О. А., Рачкован О. Д., Соколова Л. В. [1-6]. Основна увага авторів сконцентрована на сутності адаптації підприємств, класифікації системи показників для оцінки впливу факторів зовнішнього середовища.

З аналізу наукових джерел можна зробити висновок, що досі не висвітлено повною мірою питання впливу зовнішніх факторів на ефективність діяльності підприємств в умовах зовнішнього мінливого конкурентного середовища.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Разом із тим деякі питання методичного забезпечення управління процесами адаптації до організаційних змін розроблені недостатньо повно, що вимагає їх уточнення та розвитку в сучасних умовах господарювання. Концепції адаптації та розвитку підприємств у зовнішньому

конкурентному середовищі використовують різні підходи та моделі, сформовані на базі різних теорій управління.

Слід відзначити, що у багатьох наукових роботах розглядається питання зовнішнього середовища відповідно до теоретичного структурування щодо виділення певних факторів. Зовнішні фактори впливу окреслюються теоретично, але ступінь цього впливу на діяльність підприємства та його наслідки залишаються не визначеними.

Головною метою цієї роботи є висвітлення різних підходів до поняття «адаптація», «адаптаційні зв'язки», науково-теоретичне обґрунтування ролі адаптації у розвитку промислового підприємства у складі інноваційно-виробничого кластеру.

Виклад основного матеріалу

Сьогодні більшість промислових підприємств України залишаються у стані кризи. Аналіз їх діяльності показав, що керівництво цих підприємств негативні наслідки своєї діяльності пов'язує з наступними трьома причинами: брак власних ресурсів, падіння платоспроможності споживачів та недосконалість державної податкової політики. Керівники схильні бачити вплив тільки зовнішніх факторів на діяльність підприємства (брак ресурсів – нестабільність ринку, падіння попиту – світова криза, податкова політика – некомпетентність чиновників), що призведе до обмеженого сприйняття реальної ринкової ситуації і як наслідок негативні показники стратегічного розвитку [2, с.413].

Процеси економічної трансформації, які характерні національному інноваційному середовищу, зміни у інституціональному оточенні та процеси глобалізації є причиною переосмислення сутності економічних процесів щодо інтеграції промислових підприємств у відповідні кластери та методів їхнього управління. Останні роки питанням управління мережевими зв'язками присвячено багато наукових робіт. У цих роботах в своїй більшості розглядаються питання щодо розробки відповідних маркетингових програм, створення нових видів продукції та впровадження нових технологій міжгалузевого виробництва, а проблемам реформування мережових формувань та основних видів їх виробничої діяльності у мінливих умовах інноваційного середовища в аспекті адаптації мережових зв'язків щодо динамічного розвитку зовнішнього середовища приділяється значно менше уваги. Трансформаційні процеси, що відбуваються у національному інноваційному середовищі, зміни у адаптаційному оточенні та процеси глобалізації стали причиною переосмислення сутності економічних процесів адаптації мережових зв'язків щодо динамічного розвитку зовнішнього середовища та методів їхнього управління.

Нівелювання зовнішнього впливу на виробничу та технічну політику управлінням підпорядкованих бізнес-формуванням промислових підприємств створило певні труднощі у виборі партнерства для тих підприємств, що виявились поза цими формуваннями. Тому стратегія управління та розвитку адаптаційних зв'язків стає одним із головних напрямів підвищення ефективності господарської діяльності у промисловості. Особливе значення ця стратегія набуває в аспекті формування системи адаптаційних зв'язків промислового підприємства, так як втручання у їхню діяльність стейкхолдерів різної орієнтації викликає суттєву напругу та проблеми у кластері, що проявляється у ліквідації коопераційних зв'язків та робочих місць, банкрутстві малих та великих підприємств, відображається на місцевому бюджеті [3, с.52].

Отже, концепція побудови систем адаптації промислових підприємств, орієнтована на інтеграцію в кластер та ефективність його діяльності потребує доповнення у частині формування цілей з урахуванням їх специфічних функцій щодо впливу на економічну ефективність інноваційного кластеру у мінливому конкурентному середовищі, які стосуються, у першу чергу, високотехнологічних промислових підприємств.

У той же час, без глибокого розуміння цих процесів неможливо забезпечити нормальне формування адаптаційних зв'язків у динамічне мінливих ринкових умовах.

Головною проблемою на цьому шляху є подолання стереотипу у поглядах власників бізнес-формувань на розвиток підприємств, що не входять до круга їх відомчих інтересів. Зрозуміло, що це право власника і ігнорувати цим правом протизаконно. Інший, цивілізований шлях – узгодження інтересів на взаємовигідних для усіх сторін умовах. Цілком зрозуміло, що перешкодою у цьому питанні стає політичний протекціонізм та корупція, які знаходяться в Україні на піку свого розвитку [3, с.54].

Стратегічну модель адаптації підприємства Л. Соколова [4] пропонує будувати на визначенні показника його адаптивності з використанням двох параметрів – конкурентоспроможності та фінансової привабливості. Цей підхід надає можливість створити багатокритеріальну систему оцінки здатності підприємства до пристосування (складається із зовнішньої та внутрішньої складової діяльності суб'єкта господарювання). Розроблені Л. Соколовою рекомендації щодо оцінювання ефекту від реалізації заходів адаптації на підприємстві базуються на врахуванні трьох ключових факторів: 1) доцільність та економічність витрат адаптаційних заходів; 2) належна мотивація персоналу; 3) оцінка якості функціонування системи адаптації [4, с.22].

В умовах нестійкого зовнішнього середовища В.К. Кривобок пропонує використовуватися механізми біфуркації щодо адаптації підприємства. Автором визначається основа для прийняття рішень – моніторинг показників-індикаторів, які характеризують тенденції змін [2, с.416].

Для підвищення рівня конкурентоспроможності та досягнення поставлених цілей в умовах ринку підприємство повинно постійно створювати нові переваги. Для виживання і розвитку свого бізнесу за допомогою утримання конкурентних переваг підприємству доводиться здійснювати адекватні стратегічні і тактичні зміни у своїй діяльності, що також забезпечуються реалізацією адаптаційних заходів.

Тобто адаптація до умов конкуренції стає одним із ключових завдань управління підприємством та однією з найважливіших складових комплексу дій для забезпечення економічної безпеки підприємства. Вона проходить у рамках роботи із системного всебічного аналізу діяльності конкурентів, розроблення стратегії конкурентної поведінки на ринку та реалізації заходів, передбачених бізнес-планом підприємства [5, с.413].

Гросул В. А., Круглова О. А., Рачкован О. Д. [6, с.156] з огляду на мінливість зовнішнього середовища передумовою розвитку підприємства визначають формування адаптаційної стратегії та вибір певного напрямку адаптивного розвитку із сукупності альтернатив. Для обґрунтованого вибору напрямку адаптивного розвитку пропонують науково-методичний підхід, який передбачає розрахунок коефіцієнта адаптаційних можливостей розвитку господарюючого суб'єкта, сформованого за результатами оцінювання відповідності окремих елементів адаптаційного потенціалу напрямкам та інструментам управління адаптацією. Дотримуючись ресурсно-компетентнісного підходу, у його складі виділено дві базові складові: ресурсні можливості та динамічні здатності. Слід відзначити, що не включено динамічність реакції управління.

Розглянемо вплив мінливого конкурентного середовища на фактори економічної ефективності. Автором цієї статті виділено такі основні фактори МКС: виробничий, комерційний, конкурентоспроможність продукції та врахування ризику впливу МКС [7, с. 90]. Факторами прямої дії на економічну стійкість промислових підприємств Матушевська О. А. визначає деякі економічні (контрагенти), політичні (податкова система, інвестиційна політика) та наукові (науковий потенціал) фактори. Водночас виявлено, що вони є факторами різких змін, які найбільшою мірою впливають на стійкість підприємства. У сучасних умовах господарювання ці фактори необхідно контролювати і ретельно аналізувати. Факторами непрямої дії та нерізких змін ми визначили деякі політичні фактори, якот: політична стабільність, законодавство, корупція [1, с. 56].

Отже виникає необхідність в можливості використання подолання конфліктів за допомогою різні форми організації господарств. Один із таких підходів полягає у кластеризації економічних відносин. Саме завдяки системі адаптаційних зв'язків, розвиток яких забезпечує кластер, створюється єдиний господарчий механізм. Оптимальне використання зв'язку промислових підприємств, разом із існуючими у кожного них ресурсів та можливостей, при об'єднанні в виробничо-інноваційний кластер дає синергетичний ефект спільної праці.

Необхідність пропорційного розвитку галузей господарства існує у будь якому суспільстві з розвинутим громадським розподілом праці. Наслідки руйнування виробничих сил у пострадянських країнах привели до безпрецедентних втрат та соціальних катастроф. Поряд із прямими адаптаційними зв'язками між об'єктами впливу факторів мінливого конкурентного середовища існує складна система непрямих зв'язків, що опосередковані участю у виробництві продукції цілого ряду галузей. У першу чергу це стосується високотехнологічних виробництв. Об'єктивне порозуміння процесів виробничої інтеграції дозволяє отримати класифікаційні ознаки щодо адаптаційних зв'язків. Представлена на рис. 1 класифікація відповідає інституційному середовищу, що склалося.



Рис.1. Система класифікації адаптаційних зв'язків кластеру.

Цільове призначення здійснення зв'язків – підтвердження адаптації на кожному рівні взаємодії кластеру в аспекті формування його бізнес-стратегії.

Отже, зв'язки класифікуються за територіальною ознакою, за направленістю здійснення зв'язків, за видом економічної діяльності, за видом партнерства, за територіальною ознакою, за видом ефекту від здійснення зв'язку, за видом партнерства.

Головним вектором у цій класифікації є ознаки за видами економічної діяльності. Саме від них залежить призначення та засоби партнерства. Така класифікація розроблена

за умови цільової орієнтації здійснення зв'язків виробничо-інноваційного кластеру для підтвердження його адаптації до динамічних умов конкурентного середовища в аспекті формування його бізнес-стратегії та спрямована на отримання синергетичного ефекту. В числі основних можна виділити технологічні, економічні, історичні, корпоративні та політичні фактори. Існуючі реалії свідчать про те, що промислові підприємства, фінансово-промислові групи та взагалі бізнес-формування, належачи різним власникам, які у свою чергу підтримують ті чи інші політичні партії та угруповання. В Україні політичні фактори є вирішальними при виборі форм адаптації виробничих зв'язків інноваційного кластеру.

На розвиток адаптаційних зв'язків здійснюють вплив технологічні, економічні, історичні, корпоративні та політичні фактори.

Основні задачі адаптаційного управління у промисловості відповідно до форм інтеграції можна звести до переліку [1, 8]:

- 1) створення організаційної структури управління;
- 2) залучення учасників виробничо-інноваційних кластерних формувань щодо участі у процесі адаптації до умов мінливого конкурентного середовища;
- 3) розробка стратегічних адаптивних планів комплексного розвитку бізнес-суб'єктів, узгоджених із відповідними планами бізнесу та науки;
- 4) розробка принципів адаптації у діяльності промислових підприємств, що входять до єдиного кластеру;
- 5) закріплення взаємної відповідальності промислових підприємств у складі виробничо-інноваційного кластеру на договірних умовах;
- 6) формування єдиної системи економічних стимулів та заохочень.

Таким чином, категорія «адаптаційні зв'язки» розглядається в контексті динамічної зміни конкурентного середовища промислового підприємства й характеризується пропонованою системою адаптаційних зв'язків кластеру. Згідно сформульованим задачам представляється можливим розвинути основні напрями формування адаптаційних зв'язків промислових підприємств на основі використання кластерних технологій.

Пропонуємий методичний підхід умовно можна поділити на такі блоки: суб'єкти і об'єкти, блок аналітичних розрахунків, критеріальний, блок формування адаптаційних зв'язків промислових підприємств, моделювання, блок визначення синергетичного ефекту адаптації, аудит ефективності виробничо-інноваційного кластеру. Об'єднання підприємств у кластер змінює їх поведінку в напрямі подальшого розвитку сегментів ринку та асортименту продукції. Підприємствам, що об'єднані у кластер, стає вигідна спільна діяльність, спрямована на збільшення обсягів випуску існуючих товарів та розробку нових, що користуються попитом. Виробничо-інноваційний кластер, представляючи собою відкриту соціально-виробничу систему, має характерні закономірності щодо формування структур, систем та механізмів, які дозволяють у максимальній ступені отримати синергетичний ефект.

Отже, переваги від об'єднання в високотехнологічний кластер можна звести до наступного:

- створення системи адаптаційних зв'язків, що забезпечує вільний доступ до технологічної та маркетингової інформації;
- впровадження програм адаптації, що сприятиме доступу до системи міжнародного розподілу праці;
- об'єднання адаптаційних можливостей підприємств кластеру;
- взаємної фінансової підтримки між всіма членами кластеру; можливості диверсифікації ризиків;
- можливість ефективного використання виробничих потенціалів підприємств кластеру; проведення сумісних рекламних компаній, торгових ярмарок, сумісного маркетингу.

Висновки і пропозиції

1. В умовах мінливого конкурентного середовища, вирішення численних питань, що пов'язані з конкурентоспроможною діяльністю на ринку, є формування адаптаційних зв'язків промислових підприємств. З цією метою майже в усіх провідних країнах забезпечується стимулюючий вплив на розвиток кластерів, а також підтримка у створенні провідних науково-дослідницьких центрів, університетів, транспортної, енергетичної та соціальної інфраструктури.

2. Важливого значення у здійсненні адаптаційних зв'язків набуває кластерна політика. Її відтворення методологічно залежить від ефективної діяльності інституту регіональної кластерної політики, який визнано інститутом розвитку.

Список використаної літератури:

1. Матушевська О.А. Оцінка факторів зовнішнього середовища, що впливають на економічну стійкість промислового підприємства /О. А. Матушевська//Економічний часопис – XXI. 2012. № 3-4. С. 56-59.
2. Кривобок В.К. Обґрунтування сучасного підходу щодо адаптації підприємства до нестійкого зовнішнього середовища / В.К. Кривобок // Економіка та управління підприємствами. 2018. № 14. С.412-426.
3. Мехович С. А. Сучасний погляд на формування регіональних міжгалузевих зв'язків / С.А. Мехович // ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ • ЭНЕРГЕТИКА • ЭНЕРГОАУДИТ. 2015. № 3 (134). С. 49-58.
4. Соколова Л. В. Організаційно-економічне забезпечення адаптації підприємств до невизначеності бізнес-середовища : автореф. дис. на здобуття наукового ступеню доктора екон. наук : 08.06.01 «Економіка, організація та управління підприємствами» / Соколова Людмила Василівна. – Д., 2006. – 34 с.
5. Венік Н. Г. Поняття і сутність категорії «адаптація підприємств» / Н. Г. Венік // Водний транспорт : збірник наукових праць. 2012. № 3 (15). С. 85-88.
6. Гросул В. А. Обґрунтування напрямів адаптивного розвитку підприємства / В. А. Гросул, О. А. Круглова, О. Д. Рачкован // Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики. 2017. Вип. 1. С. 151-157.
7. Сікетіна Н. Г. Статистичний аналіз ризиків машинобудівного підприємства [Електронний ресурс] / Н. Г. Сікетіна // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. 2016. № 6 (28). С. 88-99. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2016/n6.htm>.
8. Мехович С. А. Формирование региональных межотраслевых связей на основе концепции технологического реинжиниринга: монография / Мехович С. А. – Віровець А. П.-Х.-2013. – С. 360.

References:

1. Matushevskaya O.A. Otsinka faktoriv zovnishnoho seredovishcha, shcho vplyvayut na ekonomichnu stiiikist promyslovoho pidpriemstva /O. A. Matushevskaya//Ekonomichnyi chasopys – KhKhI. 2012. № 3-4. S. 56-59.
2. Kryvobok V.K. Obgruntuvannya suchasnoho pidkhodu shchodo adaptatsii pidpriemstva do nestiikoho zovnishnoho seredovishcha / V.K. Kryvobok // Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy. 2018. № 14. S.412-426.
3. Mekhovych S. A. Suchasnyi pohliad na formuvannya rehionalnykh mizhhaluzevykh zviazkiv / S.A. Mekhovych // «Enerhosberezhenye. Enerhetyka. Enerhoaudyt». 2015. № 3 (134). S. 49-58.
4. Sokolova L. V. Orhanizatsiino-ekonomichne zabezpechennia adaptatsii pidpriemstv do nevyznachenosti biznes-seredovishcha : avtoref. dys. na zdobuttia naukovooho stupeniu doktora ekon. nauk : 08.06.01 «Ekonomika, orhanizatsiia ta upravlinnia pidpriemstvamy» / Sokolova Liudmyla Vasylivna. – D., 2006. – 34 s.
5. Venyk N. H. Poniattia i sutnist katehorii «adaptatsiia pidpriemstv» / N. H. Benyk // Vodnyi transport : zbirnyk naukovykh prats. 2012. № 3 (15). S. 85-88.
6. Hrosul V. A. Obgruntuvannya napriamiv adaptivnoho rozvytku pidpriemstva / V. A. Hrosul, O. A. Kruhlova, O. D. Rachkovan // Finansovo-kredytna diialnist: problemy teorii ta praktyky. 2017. Vyp. 1. S. 151-157.
7. Sikietina N. H. Statystychnyi analiz ryzykiv mashynobudivnoho pidpriemstva [Elektronnyi resurs] / N. H. Sikietina // Ekonomika: realii chasu. Naukovyi zhurnal. 2016. № 6 (28). S. 88-99. – Rezhym dostupu do zhurn.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2016/n6.htm>.
8. Mekhovych S. A. Formyrovanye rehyonalnykh mezhotraslevykh sviazei na osnove kontseptsiy tekhnolohycheskoho reynzhynrynga: Monohrafiya / Mekhovych S. A. – Virovets A. P.-Kh.-2013. – S. 360.

Прийнято до друку 19.11. 2019 р.

**ПРО ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ
ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ
ЗА СІЧЕНЬ-ЛИСТОПАД 2019 РОКУ**

*ГО «Науково-технічна спілка
енергетиків та електротехніків України»*

За січень-листопад 2019 року, за оперативними даними, обсяг виробництва електричної енергії електростанціями України, які входять до Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України, у цілому склав 139744,0 млн кВт·г, що на 3735,8 млн кВт·г, або на 2,6% менше, ніж за 11 місяців 2018 року. Тепловими електростанціями генеруючих компаній вироблено 41739,4 млн кВтг, що на 836,2 млн кВт·г, або на 2,0% менше, ніж за 11 місяців 2018 р. Теплоелектроцентралями та когенераційними установками вироблено 9367,7 млн кВт·г, що на 29,5 млн кВт·г, або на 0,3% менше, ніж за відповідний період 2018 року. Атомними електростанціями вироблено 74682,8 млн кВтг, що у порівнянні з відповідним періодом минулого року менше на 1654,3 млн кВт·г, або на 2,2%. Гідроелектростанціями за 11 місяців 2019 року вироблено 7228,7 млн кВт·г, що на 4121,5 млн кВт·г, або на 36,3% менше, ніж 11 місяців 2018 р.

Виробіток ТЕС та ТЕЦ за 11 місяців 2019 року від загального по ОЕС склав 36,6%, виробіток електроенергії АЕС склав 53,4%, а виробіток ГЕС та ГАЕС – 5,2%. За 11 місяців 2018 р. частка виробітку ТЕС та ТЕЦ, АЕС, ГЕС та ГАЕС складала відповідно 36,2%, 53,2% і 7,9%.

Виробництво електроенергії блок-станціями та іншими джерелами за 11 місяців 2019 року склало 1622,9 млн кВт·г, що на 248,1 млн кВтг, або на 18,0% більше, ніж за відповідний період минулого року.

Виробництво електроенергії альтернативними джерелами (ВЕС, СЕС, біомаса) за 11 місяців 2019 року склало 5102,5 кВтг, що на 2657,6 млн кВтг, або на 108,7% більше, ніж за відповідний період 2018 року.

За 11 місяців 2019 року тепловими та атомними електростанціями і котельнями Міненерговугілля відпущено 17639,9 тис. Гкал тепла, що на 1111,5 тис. Гкал або на 3,3% менше минулорічного показника за 11 місяців.

На початок 2019 року запаси палива на електростанціях склали: вугілля – 1474,7 тис. тонн, мазуту – 40,9 тис. тонн (на початок 2018 року відповідно 2061,5 тис. тонн та 133,9 тис. тонн).

Загальний обсяг вуглепостачання на теплоелектростанції протягом січня-листопада 2019 року склав 23675,4 тис. тонн, що на 695,2 тис. тонн більше, ніж за 11 місяців 2018 року. Від підприємств вугільної галузі України – 18158,1 тонн, що на 345,0 тис. тонн менше, ніж за 11 місяців 2018 року. Витрати вугілля склали 22554,6 тис. тонн. Запас вугілля станом на 01.12.2019 р. – 2595,5 тис. тонн.

Динаміка і структура виробництва електроенергії по Україні

	11 місяців 2018 р.		11 місяців 2019 р.		+/- до 2018 р.	
	млн кВт·г	у % до заг. виробн.	млн кВт·г	у % до заг. виробн.	млн кВт·г	%
Виробіток електроенергії – всього	143479,8	100,0	139744,0	100,0	-3735,8	-2,6
у тому числі:						
ТЕС та ТЕЦ, з них:	51972,8	36,2	51107,1	36,6	-865,7	-1,7
ТЕС ГК - всього	42575,6	29,7	41739,4	29,9	-836,2	-2,0
ТЕЦ та когенераційні установки	9397,2	6,5	9367,7	6,7	-29,5	-0,3
ГЕС та ГАЕС, з них:	11350,2	7,9	7228,7	5,2	-4121,5	-36,3
ГЕС	9918,1	6,9	6012,0	4,3	-3906,1	-39,4
ГАЕС	1432,1	1,0	1216,7	0,9	-215,4	-15,0
АЕС. всього	76337,1	53,2	74682,8	53,4	-1654,3	-2,2
Альтернативні джерела (ВЕС, СЕС, біомаса)	2444,9	1,7	5102,5	3,7	2657,6	108,7
Блок-станціями та інш. джерелами	1374,8	1,0	1622,9	1,2	248,1	18,0

Динаміка і структура споживання електроенергії за 10 місяців 2019 р.

Групи споживачів	Ел.споживання 2019 р.	+ / - до 2018 р.	+ / - до 2018 р.	Питома вага, % 2018 р.	Питома вага, % 2019 р.
	млн кВт·г	млн кВт·г	млн кВт·г	%	%
Споживання ел.ен. (брутто)	136220,2	-1648,2	-1,2		
Споживання ел.ен. (нетто)	109735,5	-586,3	-0,5	100	100
у тому числі:					
1.Промисловість	47111,8	-270,8	-0,6	42,9	42,9
у тому числі:					
Паливна	3110,9	-113,4	-3,5	2,9	2,8
Металургійна	26623,0	-379,6	-1,4	24,5	24,3
Хімічна та нафтохімічна	3394,6	555,4	19,6	2,6	3,1
Машинобудівна	3354,0	-314,0	-8,6	3,3	3,1
Будів.матеріалів	2073,4	1,6	0,1	1,9	1,9
Харчова та переробна	4142,4	25,8	0,6	3,7	3,8
Інша	4413,5	-46,6	-1,0	4,0	4,0
2.Сільгоспспоживачі	3429,9	-92,0	-2,6	3,2	3,1
3.Транспорт	5964,7	-313,4	-5,0	5,7	5,4
4.Будівництво	873,5	21,4	2,5	0,8	0,8
5.Ком.-побутові споживачі	13694,2	-201,1	-1,4	12,6	12,5
6.Інші непромисл. споживачі	6680,3	573,4	9,4	5,5	6,1
7.Населення	31981,1	-303,9	-0,9	29,3	29,1

Запаси вугілля на 01.12.2019 р. на складах підвідомчих Міненерговугілля підприємств становили **2595,5 тис. тонн**, що на 863,7 тонн більше, ніж у 2018 році (1731,8 тис. тонн) при номінальній місткості вугільних складів **5080 тис. тонн**.

Топкового мазуту за 11 місяців 2019 р. спожито **34,8 тис. тонн**, що на 98,8 тис. тонн менше, ніж за відповідний період 2018 р. **Запас мазуту** на 01.12.2019 р. на підвідомчих Міністерству підприємствах склав **33,3 тис. тонн**.

Використання природного газу на теплових електростанціях України за 11 місяців 2019 р. становило **3568,8 млн куб.м**, що на 161,3 куб. м більше, ніж за цей період 2018 р.

ТЕС енергогенеруючих компаній спожили **270,6 млн куб.м**, що на 88,7 куб. м більше, ніж за 11 місяців 2018 р.

Станом на 01.12.2019 **в українських підземних сховищах газу** знаходилось **20,76 млрд куб. м** природного газу, що на 4,6 млрд куб. м або на 28,8 % більше запасу газу порівняно з 01.12.2018 р. Відбір газу за 2019 рік склав **6,22 млрд куб. м**.

За 11 місяців 2019 року спостерігається зменшення електроспоживання (брутто), яке склало **136220,2 млн кВт·г**, що на 1648,2 млн кВт·г, або на 1,2% менше, ніж за 11 місяців 2018 року.

Споживання електроенергії (нетто) галузями національної економіки та населенням склало **109735,5 млн кВт·г**, що на 586,4 млн кВт·г менше аналогічного показника 2018 року (110321,9 млн кВт·г).

Зменшення електроспоживання (нетто) відбулося, переважно, за рахунок зменшення обсягу споживання електричної енергії паливною промисловістю (на 3,5%), транспортом (на 4,2%) та комунально-побутовими споживачами (на 1,1%) та населенням (на 0,6%).

Видобуток вугілля. За 11 місяців 2019 року вугледобувними підприємствами України видобуто **28,41 млн тонн** вугілля, що на 2060,6 тис. тонн (або на 6,8%) менше порівняно із січнем-груднем 2018 р.

В цілому видобуток енергетичного вугілля склав **22,8 млн тонн**, він зменшився на 2336,0 тис. тонн (або на 9,3%), коксівного – склав **5,6 млн тонн**, що більше на 275,5 тис. т (або на 5,2%).

Упродовж січня-листопада 2019 року вугледобувними підприємствами, що підпорядковані Міненерговугілля України, видобуто **3,34 млн тонн**, що на 443,6 тис. тонн (або на 11,7%) менше, ніж за цей період 2018 року.

Видобуток енергетичного вугілля зменшився на 728,1 тис. тонн (або на 22,1%) порівняно з відповідним періодом 2018 року і коксівного збільшився на 284,5 тис. тонн (або на 56,9%), а видобуток відповідно склав **2,55 та 0,78 млн тонн**.

**АНАЛІЗ СПЛАТИ ЗА СПОЖИТУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ
ЗА СІЧЕНЬ-ЛИСТОПАД 2019 РОКУ**
(оперативні дані)

ФОРМА РОЗПОДІЛУ (про надходження коштів з оплати послуг за розподіл електроенергії)	Обсяги розподілу електричної енергії тис. кВт·год	Нараховано за послуги розподілу електроенергії тис. грн	Надходження коштів з оплати послуг за розподіл електроенергії	
			Всього тис. грн	%
Разом	101 065 318,8	46 534 212,9	49 533 155,1	106,4
АТ «Вінницяобленерго»	2 569 907,1	1 794 328,2	1 739 379,6	96,9
ПрАТ «Волиньобленерго»	1 420 093,1	1 003 361,8	995 873,2	99,3
АТ «ДТЕК Дніпровські електромережі»	15 553 954,6	4 001 251,8	4 945 072,3	123,6
АТ «ДТЕК Донецькі електромережі»	2 661 390,4	1 989 376,2	2 314 962,9	116,4
АТ «Житомиробленерго»	2 132 390,0	1 609 027,0	1 669 211,1	103,7
ПрАТ «Закарпаттяобленерго»	1 589 891,2	1 453 261,4	1 438 333,1	99,0
ПАТ «Запоріжжяобленерго»	7 079 012,3	2 174 875,2	2 128 474,4	97,9
АТ «Прикарпаттяобленерго»	2 129 082,8	1 462 227,5	1 478 759,4	101,1
ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі»	8 327 710,3	2 057 352,6	2 947 019,1	143,2
ПрАТ «Київобленерго»	5 411 890,9	2 925 131,4	3 191 627,9	109,1
ПрАТ «Кіровоградобленерго»	1 697 218,0	1 325 406,0	1 417 232,0	106,9
ТОВ «Луганське енергетичне об'єднання»	1 059 041,6	1 084 734,9	1 124 958,6	103,7
ПрАТ «Львівобленерго»	3 717 354,9	2 421 678,6	2 511 142,4	103,7
АТ «Миколаївобленерго»	2 343 830,0	1 321 680,4	1 349 080,5	102,1
АТ «Одесаобленерго»	5 164 023,5	3 319 338,1	3 306 004,3	99,6
ПАТ «Полтаваобленерго»	4 539 799,3	1 739 232,6	2 145 640,8	123,4
ПрАТ «Рівнеобленерго»	1 953 361,9	1 087 855,1	1 116 451,7	102,6
ПАТ «Сумиобленерго»	1 763 184,3	1 328 166,7	1 326 923,2	99,9
ВАТ «Тернопільобленерго»	1 163 561,5	1 025 431,3	1 070 002,1	104,3
АТ «Харківобленерго»	5 460 013,3	2 942 182,9	2 879 889,3	97,9
АТ «Херсонобленерго»	2 097 068,2	1 374 498,1	1 435 091,3	104,4
АТ «Хмельницькобленерго»	1 931 375,8	1 445 897,0	1 443 876,3	99,9
ПАТ «Черкасиобленерго»	2 629 212,1	1 326 050,5	1 324 582,3	99,9
АТ «Чернівціобленерго»	1 187 680,7	864 418,2	885 184,3	102,4
ПАТ «Чернігівобленерго»	1 556 052,7	1 253 715,0	1 233 553,7	98,4
ПрАТ «ДТЕК ПЕМ-Енерговугілля»	388 762,2	81 154,7	71 134,0	87,7
ДП «Регіональні електричні мережі»	1 188 878,1	308 481,3	188 156,5	61,0
ТОВ «ДТЕК Високовольтні мережі»	5 797 251,0	262 162,1	294 227,6	112,2
ПрАТ «ПЕЕМ «Центральна енергетична компанія»	649 394,0	323 828,1	341 183,4	105,4
ДПЕМ ПрАТ «Атомсервіс»	675 677,0	41 016,6	40 822,4	99,5
АТ «Укрзалізниця»	5 194 650,7	1 166 921,2	1 160 830,4	99,5
КП «Міські електричні мережі»	32 605,4	20 170,4	18 475,0	91,6

* Відповідно до Постанови НКРЕКП від 17.09.2019 №1978 ПП «Гарант Енерго М» анульовано ліцензію на право провадження господарської діяльності з розподілу електричної енергії

Електропостачальники (Універсальна послуга)	Відпущено енергії за звітний період	Оплачено за спожиту енергію за звітний період	
		Всього	
	тис. грн	тис. грн	% від варт. відпущ енергії
Разом	72 824 874	69 157 476	95,0
ТОВ «Енера Вінниця»	2 360 356	2 311 140	97,9
ТОВ «Волиньелектрозбут»	1 621 701	1 514 982	93,4
ТОВ «Дніпровські енергетичні послуги»	6 419 415	6 272 373	97,7
ТОВ «Донецькі енергетичні послуги»	2 944 588	2 755 027	93,6
ТОВ «Житомирська обласна енергопостачальна компанія»	1 994 318	1 919 721	96,3
ТОВ «Закарпаттяенергозбут»	2 347 667	2 304 491	98,2
ТОВ «Запоріжжяелектропостачання»	3 522 116	3 328 874	94,5
ТОВ «Прикарпатенерготрейд»	2 002 829	1 857 925	92,8
ТОВ «Київські енергетичні послуги»	6 849 712	6 735 573	98,3
ТОВ «Київська обласна енергопостачальна компанія»	5 449 597	4 995 041	91,7
ТОВ «Кіровоградська обласна енергопостачальна компанія»	1 658 624	1 552 055	93,6
ТОВ «Енера Схід»	1 065 352	1 056 943	99,2
ТОВ «Львівенергозбут»	4 107 398	3 813 588	92,8
ТОВ «Миколаївська електропостачальна компанія»	1 983 284	1 869 718	94,3
ТОВ «Одеська обласна енергопостачальна компанія»	5 958 789	5 537 217	92,9
ТОВ «Полтаваенергозбут»	2 444 013	2 539 453	103,9
ТОВ «Рівненська обласна енергопостачальна компанія»	1 792 666	1 651 731	92,1
ТОВ «Енера Суми»	1 690 670	1 593 293	94,2
ТОВ «Тернопільелектропостач»	1 509 439	1 388 060	92,0
ПрАТ «Харківенергозбут»	4 845 850	4 486 794	92,6
ТОВ «Херсонська обласна енергопостачальна компанія»	3 009 480	2 842 683	94,5
ТОВ «Хмельницькенергозбут»	2 083 240	1 939 082	93,1
ТОВ «Черкасиенергозбут»	1 963 438	1 872 548	95,4
ТОВ «Чернівецька обласна енергопостачальна компанія»	1 542 607	1 501 128	97,3
ТОВ «Енера Чернігів»	1 657 727	1 518 037	91,6

Постачальник «останньої надії»	Відпущено енергії за звітний період	Оплачено за спожиту енергію за звітний період	
		Всього	
	тис. грн	тис. грн	% від вартості відпущеної енергії
ДПЗД «Укрінтеренерго»	3 000 902	1 626 197	54,2

Електропостачальники (Вільні ціни)	Відпущено енергії за звітний період тис. грн	Оплачено за спожиту енергію за звітний період	
		Всього	
		тис. грн	% від вартості відпущеної енергії
Разом	36 752 510	38 101 190	103,7
ТОВ «Енера Вінниця»	1 111 849	1 085 026	97,6
ТОВ «Волиньелектрозбут»	425 735	414 454	97,4
ТОВ «Дніпровські енергетичні послуги»	5 727 936	6 243 314	109,0
ТОВ «Донецькі енергетичні послуги»	2 519 959	2 483 299	98,5
ТОВ «Житомирська обласна енергопостачальна компанія»	916 588	933 869	101,9
ТОВ «Закарпаттяенергозбут»	429 348	449 693	104,7
ТОВ «Запоріжжяелектропостачання»	820 869	859 396	104,7
ТОВ «Прикарпатенерготрейд»	1 058 694	1 014 198	95,8
ТОВ «Київські енергетичні послуги»	7 558 059	8 349 245	110,5
ТОВ «Київська обласна енергопостачальна компанія»	Інформація не була надана		
ТОВ «Кіровоградська обласна енергопостачальна компанія»	Інформація не була надана		
ТОВ «Енера Схід»	930 890	945 872	101,6
ТОВ «Львівенергозбут»	2 954 038	2 832 088	95,9
ТОВ «Миколаївська електропостачальна компанія»	1 075 819	1 060 380	98,6
ТОВ «Одеська обласна енергопостачальна компанія»	Інформація не була надана		
ТОВ «Полтаваенергозбут»	2 201 596	2 417 349	109,8
ТОВ «Рівненська обласна енергопостачальна компанія»	Інформація не була надана		
ТОВ «Енера Суми»	1 578 365	1 551 187	98,3
ТОВ «Тернопільелектропостач»	675 214	647 472	95,9
ПрАТ «Харківенергозбут»	2 587 066	2 625 723	101,5
ТОВ «Херсонська обласна енергопостачальна компанія»	870 449	843 972	97,0
ТОВ «Хмельницькенергозбут»	842 239	815 106	96,8
ТОВ «Черкасиенергозбут»	999 907	1 041 910	104,2
ТОВ «Чернівецька обласна енергопостачальна компанія»	517 684	540 448	104,4
ТОВ «Енера Чернігів»	880 182	859 103	97,6
ДПЗД «Укрінтеренерго»	70 026	88 087	125,8

Оператори систем розподілу Про оплату заборгованості споживачів за спожити до 01.01.2019 електроенергію	Борг за спожити енергію станом на 01.01.2019	Оплата за спожити до 01.01.2019 електроен	Борг за спожити електро- енергію станом на 01.12.2019
	тис. грн	Всього тис. грн	тис. грн
Всього по Україні:	33 107 433,3	4 875 331,8	28 020 319,8
АТ «Вінницяобленерго»	255 102,0	199 210,0	58 517,0
ПрАТ «Волиньобленерго»	140 419,0	125 876,0	13 356,0
АТ «ДТЕК Дніпровські електромережі»	655 829,1	-521 718,0	1 167 944,8
АТ «ДТЕК Донецькі електромережі»	946 400,0	238 472,0	734 717,0
АТ «Житомиробленерго»	161 395,0	129 316,0	27 798,0
ПрАТ «Закарпаттяобленерго»	148 912,0	122 131,0	22 167,0
ПАТ «Запоріжжяобленерго»	2 080 834,0	414 233,0	1 673 385,0
АТ «Прикарпаттяобленерго»	225 418,0	211 858,0	13 560,0
ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі»	271 461,0	-51 124,9	288 959,7
ПрАТ «Київобленерго»	540 854,0	442 006,7	98 847,3
ПрАТ «Кіровоградобленерго»	152 902,0	129 630,0	18 754,0
ПАТ ДТЕК «Крименерго»	506 048,2	0,0	506 048,2
ВАТ «Луганськобленерго»	851 586,6	0,0	851 586,6
ТОВ «Луганське енергетичне об'єднання»	2 051 086,0	58 138,0	1 991 967,0
ПрАТ «Львівобленерго»	356 448,0	333 346,0	19 698,0
АТ «Миколаївобленерго»	212 302,0	134 963,8	86 582,2
АТ «Одесаобленерго»	612 429,0	478 459,2	133 969,8
АТ «Полтаваобленерго»	280 223,0	138 298,0	141 925,0
ПрАТ «Рівнеобленерго»	130 327,0	117 889,6	12 092,4
ПАТ ЕК «Севастопольенерго»	65 224,0	0,0	65 224,0
ПАТ «Сумиобленерго»	436 655,0	152 236,0	284 354,0
ВАТ «Тернопільобленерго»	118 844,0	103 198,0	17 840,0
АТ «Харківобленерго»	2 583 486,0	655 390,0	1 575 596,0
АТ «Херсонобленерго»	299 818,0	200 180,0	94 594,0
АТ «Хмельницькобленерго»	148 155,0	131 465,0	16 690,0
ПАТ «Черкасиобленерго»	2 035 222,0	340 470,0	1 695 715,0
АТ «Чернівціобленерго»	275 787,0	234 268,0	153 047,0
АТ «Чернігівобленерго»	171 955,0	138 598,0	25 530,0
ПрАТ «ДТЕК ПЕМ-Енерговугілля»	2 313 967,0	67 340,0	2 302 678,0
ДП «Регіональні електричні мережі»	13 698 650,7	12 982,9	13 685 702,5
ТОВ «ДТЕК Високовольтні мережі»	379 693,7	138 219,4	241 474,3

Видобуток нафти та газу. З початку 2019 року в Україні видобуто **1,818 млн тонн** нафти з газовим конденсатом і **18,9 млрд куб. м.** газу. У минулому році, відповідно, ці показники становили – 1,724 млн тонн нафти з газовим конденсатом та 19,1 млрд куб. м газу. Підприємства НАК "Нафтогаз України" видобули за січень-листопад 2019 року **1,818 млн тонн** нафти з конденсатом (у 2018 році – 1,724 млн тонн) і **14,8 млрд куб. м** газу (у 2018 р. – 15,1 млрд куб. м). Інші підприємства за 11 місяців 2019 року видобули **0,094 млн тонн** нафти з газовим конденсатом (у 2018 році 0,180 млн тонн) і **4,1 млрд куб. м** газу (у 2018 році – 4,0 млрд куб. м).

Поставка та переробка нафти. У січні-листопаді 2019 р. на Дрогобицький нафтопереробний завод (НПЗ) та Шебелинський газопереробний завод (ГПЗ) поставлено **795,9 тис. тонн нафтової сировини** українських родовищ (нафта з газовим конденсатом). Обсяг переробки газового конденсату з нафтою Шебелинським ГПЗ у січні-листопаді 2019 р. склав **429,0 тис. тонн**, що на 0,2% більше обсягу переробки за 11 місяців 2018 р.

У січні-листопаді 2019 р. не здійснювали роботу з переробки нафтової сировини - Лисичанський, Одеський, Дрогобицький та Надвірнянський нафтопереробні підприємства. Загальні потужності з первинної переробки газового конденсату з нафтою на Шебелинському ГПЗ у січні-листопаді 2019 р. було завантажено на 46,8% (у 2018 році на 44,1%).

Транспортування нафти. У січні-листопаді 2019 р. обсяг транспортування нафти підприємствами магістральних нафтопроводів збільшився порівняно з 2018 р. на 185,0 тис. тонн (або на 0,9%) і склав **14081,0 тис. тонн**. При цьому транзитом до країн Західної Європи (Словаччини, Угорщини, Румунії, Польщі, Молдови) протранспортовано **11967,0 тис. тонн**, що 1,1% (або на 138,5 тис. т) менше порівняно із аналогічним показником 2018 р., а для потреб України – **2114,0 тис. тонн**, що на 14,3% (або на 264,3 тис. т) більше у порівнянні з відповідним періодом 2018 р. За січень-листопад 2019 року транзитні обсяги перекачки у загальному обсязі складають **84,4%**, а на нафтопереробні підприємства України – **15,6%**.

Довідка про перерахування коштів за електричну енергію виробникам та іншим учасникам ОРЕ за січень-червень 2019 р. Всього сплата по виробникам та НЕК склала **100,63 млрд грн** при товарній продукції **104,23 млрд грн**, або **96,5%**. За 6 місяців 2019 року сплачено НАЕК "Енергоатом" – 102,3% (28477,0 млн грн), "Центренерго" – 91,5% (7894,1 млн грн), "Дніпроенерго" – 94,6% (8315,4 млн грн), "Донбасенерго" – 96,1% (3019,8 млн грн), "Західенерго" – 92,0% (14007,4 млн грн), "Східенерго" – 93,3% (7756,4 млн грн), Харківська ТЕЦ-5 – 119,8% (1236,9 млн грн), Київтеплоенерго КП – 98,6% (2998,7 млн грн), ПрАТ "Укргідроенерго" – 101,6% (3550,0 млн грн), Закарпаттяобленерго ГЕС – 964,4 тис. грн, Нижньодністровська ГЕС – 53,5 тис. грн, **інші електростанції** – 94,4% (19808,0 млн грн), у тому числі:

теплоелектроцентралі – 102,3% (7447,3 млн грн), виробники альтернативної е/е – 90,2% (12269,2 млн грн), Укргазвидобування – 96,0% (52736,6 тис. грн), НЕК «Укренерго» - 95,1% (3574,0 млн грн).

Всього виробникам е/е та НЕК плата склала **100,63 млрд грн при товарній продукції 104,2 млрд грн або 96,5%**.

Газопостачання, споживання та транзит природного газу. Ресурси природного газу за січень-листопад 2019 р. склали 121,4 млрд куб. м (за відповідний період 2018 року – 106,6 млрд куб.м). За зовнішньоекономічними контрактами до України надійшло **95,5 млрд куб. м** природного газу (за відповід. період 2018 р.– 81,2 млрд куб.м). Споживачі України за цей період 2019 р. використали **22,7 млрд куб.м** природного газу (за відповідний період 2018 р. – 24,0 млрд куб.м). Завпаси газу в ПСГ на 01.12.2019 становлять **20,8 млрд куб.м**, що на 4,6 млрд.куб м більше ніж у відповідний період минулого року. Відбір природного газу з ПСГ за цей період склав **6,22 млрд куб.м** (за відповідний період 2018 року – 8,32 млрд куб.м). За січень-листопад 2019 р., за оперативними даними, протранспортовано через територію України (транзит) природного газу всього **81,4 млрд куб.м**, що на 2,3 млрд куб.м (або на 2,9%) більше ніж за відповідний період 2018 року. Імпорт газу за січень-листопад 2019 р. склав **14000 млн куб.м**.

Розвиток галузей ПЕК та технічний стан підприємств

Підприємствами галузей ПЕК за рахунок усіх джерел фінансування в галузі ПЕК освоєно **19770,5 тис. грн** капітальних вкладень за січень-листопад 2019 року, що в порівнянні з відповідним періодом минулого року більше на 1833,5 млн грн.

Продовжуються роботи з будівництва Дністровської ГАЕС, реконструкції енергоблоків ТЕС, каскаду Дніпровських ГЕС, будівництва магістральних електромереж для видачі потужності блоків атомних електростанцій.

За січень-листопад 2019 року в електроенергетичній галузі профінансовано всього 20386,5 млн грн.

В електроенергетичній галузі за січень-вересень введено в дію основних фондів – **5213,1 млн грн:**

- 242,84 км ліній електропередачі всіх напруг;
- 39,59 мВА трансформаторної потужності;
- 9,58 км волоконно-оптичних мереж зв'язку.

У вугільній галузі за січень-листопад освоєно **45,3 млн грн** капітальних вкладень, у тому числі за джерелами:

- за рахунок коштів державного бюджету - 45,0 млн грн: у тому числі за структурою: будівельно-монтажні роботи – 43,2 млн грн; інші витрати – 1,8 тис. грн;

- за рахунок власних коштів підприємств – 9,6 млн гривень.

У зв'язку з реорганізацією Міністерства енергетики та вугільної промисловості шляхом приєднання до Міністерства енергетики та захисту довкілля відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 02.09.2019 № 829 «Деякі питання оптимізації системи центральних органів виконавчої влади» фінансування шахти №10 «Нововолинська» за бюджетною програмою КПКВК 2401480 «Державна підтримка будівництва шахти № 10 «Нововолинська» не здійснювалося.

З початку року профінансовано:

- за рахунок коштів державного бюджету – 45,0 млн грн;
- за рахунок власних коштів підприємств – 0,2 млн гривень.

Підсумки роботи підприємств ядерної енергетики та атомної промисловості за листопад та з початку 2019 року у порівнянні з аналогічним періодом 2018 року

Атомні електростанції. У листопаді 2019 року ДП «НАЕК «Енергоатом» ви-роблено **7618,6 млн кВт•г**, щона 355,8 млн кВт•г менше порівняно з відповідним періодом 2018 року. Коефіцієнт використання встановленої потужності у листопаді 2019 р. становив **76,3 %**, що на 3,6% менше показника минулого року, з початку 2019 року КВВП становив 67,3 % (за відповідний період 2018 р. 68,8 %).

Частка АЕС у виробництві електроенергії в Україні у січні-листопаді 2019 р. становила 53,0%. До Енергоринку за 11 місяців 2019 р. відпущено 70340,0 млн кВтг електроенергії, що на 1624,0 млн кВтг менше у порівнянні з відповідним періодом минулого року.

У листопад 2019 року відбулося 1 порушення у роботі АЕС – на ЮУАЕС № 3. З початку 2019 року зафіксовано 11 порушень у роботі енергоблоків АЕС (на РАЕС-3 (5), на ЗАЕС №1 (2), №6, №3, №5, ХАЕС №1). **Зазначені порушення не обліковуються за шкалою ІНЕС рівня 1.**

Паливна програма. У 2019 році заплановано здійснити: 15 поставок свіжого ядерного палива на енергоблоки українських АЕС, у тому числі 9 поставок – від АТ «ТВЕЛ» і 6 поставок – від компанії «Вестінгауз»; забезпечити 5 рейсів з вивезення відпрацьованого ядерного палива. У звітний період відбулася 1 поставка свіжого ядерного палива від компанії «Вестінгауз» і 2 поставки від АТ «ТВЕЛ», 1 вивезення відпрацьованого ядерного палива.

З початку 2019 р. відбулось 14 поставок свіжого ядерного палива – 8 від АТ «ТВЕЛ» і 6 від «Вестінгауз», 1 рейс з вивезення відпрацьованого ядерного палива.

Ремонтна кампанія. Графіком ремонтів енергоблоків АЕС України у 2019 році заплановано виконати:

- закінчити 3 середні ремонти – ЗАЕС №3, 6; ХАЕС №1 та 1 кап. – РАЕС №1;
- виконати 6 середніх ремонтів – РАЕС №3, 4; ЗАЕС №4, 5; ЮУАЕС – №1, 3 та 4 капітальні ремонти – РАЕС №2; ЗАЕС №1, 2; ЮУАЕС №2;
- розпочати 3 середні ремонти – ЗАЕС №6; ХАЕС №2, 6; РАЕС №1; та 1 капітальний ремонт – ЗАЕС №3.

З початку 2019 року, станом на 10.12.2019 виконано:

- 13 планово-попереджувальних ремонтів – СПР: на ЗАЕС № 3, 6, 4, 5, на ЮУАЕС № 2, 1, на РАЕС № 3; КПр: на РАЕС №1, 2, 4, на ЗАЕС №2, на ЮУАЕС №3;
- 1 плановий поточний ремонт на ЮУАЕС №1;
- 5 позапланові поточні ремонти – РАЕС №3 (3) та ЗАЕС №1, 3.

Станом на 10.12.2019 виконуються:

- 1 середній ремонт – ХАЕС №1 (з 25.11.18 до 27.01.20);
- 1 капітальний ремонт – ЗАЕС №1 (з 26.09.19 до 23.12.19).

Підприємства атомно-промислового комплексу, які перебувають у складі ДК «Ядерне паливо»

ДП «СхідГЗК». У листопаді 2019 р. вироблено **58,4 тонн уранового оксидного концентрату на суму 123,5 млн грн.** У порівнянні з відповідним періодом 2018 р. продукції вироблено на 52,4 тонн менше. З початку 2019 р. вироблено 800,3 тонн УОК на суму 1871,5 млн грн, що на 179,0 тонн менше порівняно з показниками 2018 р. Заборгованість із заробітної плати станом на 08.10.2019 на підприємстві відсутня.

ДП «Смоли». У листопаді 2019 р. ДП «Смоли» вироблено 42,0 тонн основної продукції (іонообмінні смоли) на суму 13,6 млн грн. З початку 2019 року вироблено 86,0 тонн іонообмінних смол на суму 25,1 млн грн, що на 14,3 тонн більше показника 2018 року. Станом на 07.12.2019 заборгованість із виплати заробітної плати становить близько 1,85 млн грн. У порівнянні з показником на 07.11.2019 заборгованість із заробітної плати зменшилась на 0,3 млн грн.

Ремонтна кампанія ТЕС, ТЕЦ і ГЕС, ГАЕС у 2019 році

Для забезпечення проходження осінньо-зимового максимуму 2019-2020 рр. станом на 10.12.2019 відповідно до затвердженого графіка відремонтовано:

На теплових електростанціях енергогенеруючих компаній (ТЕС) відремонтовано всіма видами ремонтів 47 (11149 МВт) енергоблоків, а саме:

- поточним ремонтом 36 (8449 МВт) енергоблоки;
- середнім ремонтом 6 (1515 МВт) енергоблоків;

- капітальним ремонтом 5 (1185 МВт) енергоблоків.

На **теплових електроцентралях (ТЕЦ)** відремонтовано 9 (1670 МВт) енергоблоків, 15 (3217 т/год) парових котлів та 7 (326,8 МВт) турбоагрегатів.

На **гідроелектростанціях** виконано капітальний ремонт і реконструкцію 18 (816,88 МВт) гідроагрегатів.

В реконструкції і капітальному ремонті знаходиться 11 (537,5 МВт) гідроагрегатів.

Питомі витрати умовного палива на відпуск електроенергії по тепловим електростанціям, які звітують Міненерговугілля

Питомі витрати умовного палива на відпуск електроенергії по тепловим електростанціям генкомпаній України за 2 місяця 2019 р. складають **401,7 г/кВт·г**, що на **2,2 г/кВт·г** більше ніж за відповідний період 2018 р. (403,2 г/кВт·г).

Питомі витрати умовного палива на відпуск електроенергії по ТЕС України (ТЕС ГК та ТЕЦ) складають за два місяця 2019 р. **373,4 г/кВт·г**, що менше в порівнянні з відповідним періодом минулого року на **6,8 г/кВт·г**.

Середньомісячна заробітна плата. На січень-жовтень 2019 року розмір заробітної плати штатного працівника на підприємствах, що належать до сфери управління Мінекоенерго, у розрізі галузей становить (01.11.2019): електроенергетика – 14055 грн (*збільшення до відповідного показника 2018 р. становить 2951 грн*); атомно-промисловий комплекс – 23070 грн (*більше на 6107 грн*); нафтогазовий комплекс – 10549 грн (*більше на 982 грн до показників держпідприємств нафтогазового комплексу, що належать до сфери управління Міненерговугілля*); вугільна галузь – 11440 грн.

Заборгованість з виплати заробітної плати станом на 01.12.2019 року на підприємствах, що належать до сфери управління Мінекоенерго, становила **294,9 млн грн** і збільшилась з початку року на **57,9 млн грн (або на 24,5%)**:

- електроенергетична галузь – зменшилась на 14,5 млн грн;
- атомно-промисловий комплекс – збільшилась на 3,6 млн грн;
- вугільна галузь – збільшилась на 68,2 млн грн;
- нафтогазовий комплекс – збільшилась на 1,7 млн грн;
- інші (ДП «Держекоінвест») – заборгованість 2248,5 тис. грн.

Технологічні витрати електроенергії в електричних мережах

За 10 місяців 2019 року загальні технологічні витрати електроенергії на її транспортування електричними мережами Міненерговугілля всіх класів напруг склали на рівні **12,9 млрд кВтг** або **11,1 %** від загального відпуску електроенергії в мережу. У порівнянні із аналогічним періодом 2018 року відбулося їх зменшення на **0,2 млрд кВтг**, або зменшення на **0,1 в.п.** (13,1 млрд кВтг або 11,2% у минулому році).

Нормативна (технічна) складова технологічних витрат електроенергії по Міненерговугілля за 10 місяців 2019 року складала **14,8 млрд**

кВтг або **12,7 %** від загального відпуску електроенергії в мережу, у порівнянні з минулим роком зменшилась на **0,3 млрд кВтг** або на **2,0 %** у порівнянні з минулим роком (15,1 млрд кВтг або 13,0 % у минулому році).

Понаднормативна (нетехнічна) складова технологічних витрат електроенергії за 10 місяців 2019 року по Міненерговугілля склала **-1,8 млрд кВтг** або **-1,6%** від загального відпуску електроенергії в мережу.

За рахунок виконання організаційно-технічних заходів зі зниження технологічних витрат електроенергії в електричних мережах 0,38-800 кВ Міненерговугілля за 10 місяців 2019 року заощаджено **146,6 млн кВтг** електричної енергії (**150,3 млн кВтг** за відповідний період минулого року).

Експорт електроенергії, вугілля, нафтопродуктів

За 11 місяців 2019 року **експорт електроенергії становить 5755,5 млн кВт·г**, що на 115,9 млн кВт·г більше ніж за 11 місяців 2018 року, у тому числі в країни СНД (в Молдову) 596,9 млн кВт·г, в країни Східної Європи – 4574,0 млн кВт·г, експорт «Бурштинського острова»-1027 млн кВт·г. Імпорт електроенергії за 11 місяців 2019 року склав 2199,0 млн кВт·г. За листопад 2019 року експорт електроенергії склав **629 млн кВт·г**, а імпорт **661 млн кВт·г**.

За січень-листопад 2019 року територією України протранспортовано (транзитом) **81,4 млрд куб. м природного газу** (за цей період 2018 року – 79,1 млрд куб. м).

Станом на 01.12.2019 року в українських підземних сховищах знаходилось **20,7 млрд куб. м природного газу**, що на 4,6 млрд куб. м або на 28,8% більше порівняно з показником на цей час 2018 року.

Протягом січня-листопада 2019 року обсяг транспортування нафти підприємствами магістральних нафтопроводів склав **14081,0 тис. тонн** і порівняно із аналогічним періодом 2018 р. збільшився на 125,8 тис. тонн (або на 0,9 %), а транзитом до країн Європи (Словаччини, Угорщини, Румунії, Польщі, Молдови) склав **11967,0 тис. т**, що на 148,5 тис. т (або на 1,1%) менше порівняно із аналогічним показником 2018 р., а для потреб України – більше на 264,3 тис. т (або на 14,3%) і склало **2114,0 тис. тонн**.

За січень-листопад 2019 року частка транзитного обсягу перекачки нафти в загальному обсязі нафтоперекачування становила 84,4%, а частка нафтоперекачування на нафтопереробні підприємства України відповідно – 15,6%.

Підготовлено за даними
Міненерговугілля України
і Робочою групою ГО «НТСЕУ»