

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВАСИЛЕВСЬКА Олександра Петрівна

УДК 004.942:[532.5+533.6]

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ
ГІДРОАЕРОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ У СПЕЦІАЛІЗОВАНОМУ АРМ

05.13.12 – Системи автоматизації проектувальних робіт

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеському національному політехнічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Арсій Олена Олександрівна,
Одеський національний політехнічний
університет, професор кафедри
інформаційних систем.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Безкоровайний Володимир Валентинович,
Харківський національний університет
радіоелектроніки, професор кафедри
системотехніки;

кандидат технічних наук, доцент
Носенко Тетяна Іванівна,
Київський університет ім. Бориса Грінченка,
доцент кафедри інформаційних технологій та
математичних дисциплін.

Захист відбудеться 1 липня 2016 р. о 13:30 на засіданні спеціалізованої вченої ради К 41.052.08 Одеського національного політехнічного університету за адресою: 65044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1, ауд. 400-А.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці Одеського національного політехнічного університету за адресою 65044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1.

Автореферат розісланий __ травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Р. О. Шапорін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В сучасних умовах рівень енергетичної незалежності держави визначається за узагальнюючим показником енергоємності валового внутрішнього продукту (ЕВВП). Згідно зі світовою тенденцією енергозбереження розробляються нові підходи щодо його суттєвого зниження. Пошук таких підходів є особливо актуальним для України тому, що значення національного ЕВВП вдвічі перевищує середньосвітове та вчетверо його значення у США. Проведений аналіз довів, що значне зниження ЕВВП можливо за рахунок енергозбереження в гідроаеродинамічних системах (ГАС), які є основою виробництва технологічно складної продукції металургійних, нафтопереробних, вугледобувних, харчових та інших подібних виробництв, а також споживання у системах вентиляції, тепло-, газо- і водопостачання. Тому вимоги щодо енергозбереження в ГАС повинні враховуватися вже при їх проектуванні.

Однак аналіз сучасних технологій автоматизованого проектування ГАС, які використовуються в машинобудівних АРМ проектувальників, показав, що моделі і методи структурного і параметричного синтезу складових ГАС – генеруючих енергетично активних основних елементів і мережевих енергетично пасивних допоміжних елементів не повною мірою враховують вплив стану реальних гідроаеродинамічних потоків (ГП) при формуванні бази типових проектних рішень (шаблонів) елементів. А існуючі в інженерних АРМ проектувальників моделі і методи структурного синтезу мережевої частини ГАС використовують саме такі шаблони з невиправдано високими значеннями гідроаеродинамічних опорів. Ситуацію ускладнює використання в існуючих інженерних АРМ моделей і методів параметричного синтезу ГАС, які враховують сумарні втрати тиску в допоміжних елементах ГАС в якості основного обмежувального параметра задля вибору основного елемента, спроможного згенерувати тиск для забезпечення заданих витрат робочого тіла в проектованій системі. При цьому значення обмежувального параметра формується на основі завищених гідроаеродинамічних опорів допоміжних елементів, а при остаточному прийнятті рішення з проектування ГАС враховується тільки значення коефіцієнта корисної дії обраного основного елемента. Дослідження показують, що зазначені проблеми призводять до втрат енергії до 40 % в ГАС, що проектуються за допомогою існуючих машинобудівних і інженерних АРМ проектувальників.

Таким чином, виявлено *протиріччя між підвищенням вимог з енергозбереження ГАС, що проектуються, з одного боку, і обмеженістю існуючих моделей і методів структурного і параметричного синтезу проектних рішень щодо ГАС та їх окремих елементів, з іншого*. Тому розв'язання цього протиріччя є актуальною науково-технічною задачею в галузі систем автоматизованого проектування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. В основу дисертації покладено результати досліджень і розробок, одержаних під час виконання науково-дослідних робіт на кафедрах інформаційних систем в менеджменті та інформаційних систем Одеського національного політехнічного

університету: № 700-145 «Моделі, методи та інструментальні засоби підтримки прийняття рішень з підвищення ефективності гідроаеродинамічних процесів в діючому енергетичному обладнанні» (№ ДР 0115U000413); № 448-68 «Дослідження інформаційних сховищ як моделей предметних областей в системах підтримки прийняття рішень» (№ ДР 0104U002401); № 626-68 «Дослідження моделей предметних областей в системах управління якістю інтелектуальної продукції» (№ ДР 0106U013172) при безпосередній участі автора.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є зниження енергоємності гідроаеродинамічного процесу в системах, що проектуються, за рахунок розробки моделей та методів структурно-параметричного синтезу для автоматизованого проектування енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем у спеціалізованому АРМ.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язані такі задачі:

– проаналізовані проблеми енергозбереження в ГАС, які проектуються за допомогою машинобудівних та інженерних АРМ проектувальників, і визначені шляхи їх розв'язання;

– розроблені моделі структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем для формалізації технічних пропозицій при автоматизованому проектуванні у спеціалізованому АРМ;

– розроблені методи структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем та їх допоміжних елементів для формалізації процесу автоматизованого проектування у спеціалізованому АРМ;

– розроблено технологію автоматизованого проектування енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем та їх допоміжних елементів у спеціалізованому АРМ, а також проведено її практичне випробовування із позитивним технічним ефектом.

Об'єкт досліджень – процес структурного та параметричного синтезу гідроаеродинамічних систем в машинобудівних та інженерних АРМ проектувальників.

Предмет досліджень – моделі та методи структурного и параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених у дисертаційній роботі задач використані: системний підхід при аналізі проблем енергозбереження в гідроаеродинамічних системах, що проектуються з використанням АРМ; структурний підхід та теорія графів при побудові моделей і методів структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем; методи розпізнавання образів, статистичного аналізу та нейронних мереж для автоматизації обробки візуальних даних гідродинамічних потоків; методи прийняття рішень при побудові технології проектування енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем; принципи об'єктно-орієнтованого програмування при розробці програмного забезпечення спеціалізованого АРМ проектувальника; методи експериментальних досліджень для апробації АРМ проектувальника при вирішенні практичних задач із забезпечення енергозбереження гідроаеродинамічних систем, що проектуються.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні нових та розвитку існуючих моделей та методів структурно-параметричного синтезу для автоматизованого проектування енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем у спеціалізованому АРМ:

- отримали подальший розвиток структурно-параметричні моделі генеруючої та мережевої частин гідроаеродинамічної системи, який полягає в одночасному врахуванні правил компоновки і параметрів енергетично активного та енергетично пасивних елементів системи, що дозволило формалізувати розробку технічних пропозицій у спеціалізованому АРМ;

- вперше розроблено логіко-чисельну модель генерації технічних пропозицій у вигляді знакового зваженого орграфа, що дозволило врахувати взаємний вплив параметрів удосконалених структурно-параметричних моделей генеруючої і мережевої частин гідроаеродинамічної системи для обґрунтування доцільності використання запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу як характеристики енергозбереження;

- отримав подальший розвиток метод структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем, який полягає у використанні запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу в якості характеристики енергозбереження, що на основі розроблених моделей дозволило автоматизувати раціональний вибір енергозберігаючого проектного рішення у спеціалізованому АРМ;

- отримав подальший розвиток метод структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих фізичних прототипів допоміжних елементів гідроаеродинамічної системи, який полягає у врахуванні оцінок стану гідродинамічних потоків у цих прототипах, що дозволило розробити проектні рішення по зниженню гідравлічних опорів в допоміжних елементах, які проектуються, і автоматизувати створення бази енергозберігаючих допоміжних елементів у спеціалізованому АРМ.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність дисертаційної роботи полягає в створенні технології автоматизованого проектування енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем та їх допоміжних елементів у спеціалізованому АРМ проектувальника на базі розроблених моделей і методів структурно-параметричного синтезу. Запропоновані рішення у складі спеціалізованого АРМ були використанні для проектування:

- фізичних прототипів термостатичного клапану фірми Herz Armaturen та розподільчого колектора аеродинамічної системи енергоблоку № 11 Молдавської ДРЕС, гідравлічний опір яких знижено відповідно в 1,5 та 2 рази; використання розроблених проектних рішень в системах теплопостачання та аеродинамічних системах, що проектуються дозволило знизити енергоємність гідроаеродинамічних процесів в них відповідно на 25-30 % та 14 %;

- системи тепло- та тепловодопостачання на базі котла Е-2,5, енергоємність гідродинамічного процесу якої на 15 % нижче від подібних існуючих; систему спроектовано для українського дитячого центру «Молода гвардія».

Основні положення, висновки і рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, використовувалися при виконанні науково-дослідних робіт, а також в

навчальному процесі Одеського національного політехнічного університету в дисциплінах «Проектування інформаційних систем», «Методи та системи підтримки прийняття рішень» і «Методи і системи штучного інтелекту».

Особистий внесок здобувача. Особистий внесок здобувача полягає в удосконаленні структурно-параметричних моделей генеруючої та мережевої частин гідроаеродинамічної системи [1, 7, 8, 10]; розробці логіко-чисельної моделі генерації технічних пропозицій та обґрунтуванні доцільності використання запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу як характеристики енергозбереження [1, 7, 8, 9, 10, 12]; розробці методу структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем [1, 4, 10, 12]; розробці методу структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих фізичних прототипів допоміжних елементів гідроаеродинамічної системи [2, 3, 4, 5, 6, 11].

Апробація результатів дисертації. Матеріали роботи доповідались та обговорювались на: міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні та електронні технології» (м. Одеса, 2007, 2012); XVI Всеукраїнській науково-методичній конференції «Проблеми економічної кібернетики 2011» (м. Одеса, 2011 р.); XI Всеукраїнській міжнародній конференції з оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів «УкрОбраз'2012» (м. Львів, 2012 р.), а також на розширених наукових семінарах кафедр інформаційних систем ОНПУ та кондиціонування повітря та механіки рідини ОДАБА.

Публікації. За темою дисертації викладені у 12 наукових публікаціях, серед них 7 статей у наукових журналах із переліку МОН України, 4 з яких включені до міжнародних наукометричних баз, 5 у працях або тезах доповідей міжнародних та національних конференцій.

Структура дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 178 сторінок, з них додатків 23 сторінки. Дисертація містить 39 рисунків та 9 таблиць, та посилання до 106 наукових джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні задачі дослідження, охарактеризовано об'єкт, предмет та методи дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено данні про особистий внесок здобувача у публікаціях зі співавторами.

У першому розділі виходячи з дійсного становища щодо рівня ЕВВП України, який, на жаль, відповідає рівню розвинених країн світу (США, Канада, Чехія, Польща) середини 1970-х років, а також наявного світового досвіду досягнення прийняттого рівня ЕВВП та перспективних цільових завдань показано, що значне зниження ЕВВП можливо за рахунок енергозбереження в системах підйому, стиснення/розширення і транспортування робочого тіла (рідина, повітря, газу, пару) – *гідроаеродинамічних системах*. Для аналізу енерговитрат в таких системах запропоновано в структурі ГАС виділяти

генеруючу частину, яка створює тиск за рахунок використання потужності в основному енергетично активному елементі (насос, вентилятор димосос) та мережеву частину, яка витрачає створений тиск та складається із енергетично пасивних технологічних (фільтри, пальники, теплообмінники) та допоміжних (повороти, трійники, колектори, засувки) елементів. Враховуючи конструктивні особливості структурних елементів виділених частин ГАС показано, що вимоги щодо енергозбереження в ГАС повинні враховуватися вже при їх проектуванні.

В ході аналізу сучасних технологій автоматизованого проектування ГАС та їх структурних елементів встановлено, що існуючі моделі і методи структурного і параметричного синтезу, які використовуються в машинобудівних АРМ проектувальників не повною мірою враховують вплив стану реальних гідроаеродинамічних потоків на проектне рішення, що приймається задля створення бази даних шаблонів допоміжних елементів ГАС. Саме тому база допоміжних елементів містить шаблони з не виправдано високими значеннями гідроаеродинамічних опорів. Показано, що в ГАС, які проектуються згідно з існуючими моделями та методами структурного та параметричного синтезу за допомогою інженерних АРМ проектувальників, мають місце наступні проблеми:

- при проектуванні мережевої частини ГАС використовуються структурні елементи з не виправдано високими значеннями гідроаеродинамічних опорів, що в свою чергу призводить до підвищеного рівня сумарних втрат тиску в мережевій частині ГАС.

- при проектуванні генеруючої частини ГАС саме значення сумарних втрат тиску є основним обмежувальним параметром, щодо вибору основного елемента, що створює тиск для заданих витрат робочого тіла;

- при остаточному прийнятті рішення з проектування ГАС враховується тільки значення коефіцієнта корисної дії (ККД) обраного основного елемента, яке характеризує ефективність ГАС лише опосередковано, тому що є суто параметром основного елемента.

Наявність зазначених проблем приводить до прийняття таких рішень при проектуванні ГАС та їх елементів у машинобудівних та інженерних АРМ, які не відповідають сучасним вимогам по енергозбереженню.

Для забезпечення енергозбереження в гідроаеродинамічних системах, що проектуються, запропоновано розробити нові моделі та методи структурно-параметричного синтезу для удосконалення спеціалізованих АРМ.

У **другому розділі** отримали подальший розвиток структурно-параметричні моделі мережевої і генеруючої частин ГАС.

При структурно-параметричному синтезі енергозберігаючих проектних рішень у спеціалізованому АРМ для розробки технічних пропозицій запропоновано представити ГАС у вигляді структурно-параметричних моделей її генеруючої *Generation* і мережевої *Network* частин:

$$Sys_{H-A} = \langle Generation, Network \rangle. \quad (1)$$

Для розробки технічних пропозицій щодо вибору, розміщення та об'єднання в мережу енергетично пасивних технологічних *Etechnolog* і

допоміжних E_{minor} елементів розроблено структурно-параметричну модель мережевої частини ГАС:

$$Network = \left\langle \bigcup_{i=1}^n [Rul_i] \bigcup (E_{minor_i}, E_{technolog_i}, E_{minor_{i+1}}), P_{Net}(R_{Net}, Q_{Net}) \right\rangle, \quad (2)$$

де Rul_i – правило компоновання i -х енергетично пасивних елементів $i = \overline{1, n}$; P_{Net} – втрати тиску в мережі, які залежать від суми опорів R_{Net} всіх енергетично пасивних елементів і витрат робочого тіла в мережі Q_{Net} .

У відповідності із структурно-параметричною моделлю мережевої частини (2) для заданих варіантів компоновання та витрат робочого тіла Q_{Net}^* формалізована оцінка значення сумарних втрат тиску P_{Net} у мережевій частині ГАС, що проектується:

$$P_{Net} = R_{Net} Q_{Net}^{*2} = \left(\sum_{i=1}^n R_{E_{minor_i}} + \sum_{j=1}^m R_{E_{technolog_j}} \right) (Q_{Net}^*)^2, \quad (3)$$

де $R_{Net} = \sum_{i=1}^n R_{E_{minor_i}} + \sum_{j=1}^m R_{E_{technolog_j}}$ – сума опорів всіх енергетично

пасивних елементів мережі, що проектується для заданого компоновання; $R_{E_{minor_i}}, R_{E_{technolog_j}}$ – довідкові величини гідроаеродинамічних опорів i -го допоміжного елемента та j -го технологічного елемента відповідно.

З урахуванням (3) для розробки технічних пропозицій щодо вибору, розміщення і об'єднання з мережею основного енергетично активного елемента E_{major} на основі аналізу його експериментальних довідкових характеристик тиску $P_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor})$, витрат потужності $N_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor})$ та ККД $\eta_{E_{major}}(P_{E_{major}}, Q_{E_{major}}, n_{Rotor}, N_{E_{major}})$ і в залежності від витрат робочого тіла $Q_{E_{major}}$ і кількості обертів електродвигуна n_{Rotor} розроблено структурно-параметричну модель генеруючої частини ГАС:

$$Generation = \left\langle \begin{array}{l} [Rul_{E_{major}}] \bigcup (E_{control}, E_{major}), \\ P_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor}), N_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor}), \\ \eta_{E_{major}}(P_{E_{major}}, Q_{E_{major}}, n_{Rotor}, N_{E_{major}}) \end{array} \right\rangle, \quad (4)$$

де $Rul_{E_{major}}$ – правило компоновання основного генеруючого елемента E_{major} і елемента $E_{control}$, що регулює витрати робочого тіла положенням направляючих лопаток, а ККД основного елемента визначається при заданій кількості обертів електродвигуна n_{Rotor} як $\eta_{E_{major}} = P_{E_{major}} Q_{E_{major}} / N_{E_{major}}$.

З урахуванням структурно-параметричних моделей мережевої частини (2) та генеруючої частини (4) ГАС запропоновано для заданих витрат робочого тіла в системі $Q_{E_{major}} = Q_{Net} = Q_{Sys_{H-A}}^*$ та тиску $P_{Net} = P_{major}$ розраховувати показник енергоємності гідроаеродинамічного процесу як характеристику енергозбереження у системі, що проектується:

$$K_{Sys_{H-A}} = \frac{N_{Emajor}^7}{Q_{Sys_{H-A}}} \quad (5)$$

З урахування (1) та (5) структурно-параметрична модель ГАС має вигляд:

$$Sys_{H-A} = \left(Generation, Network, K_{Sys_{H-A}} \right) \quad (6)$$

Таким чином, отримали подальший розвиток структурно-параметричні моделі генеруючої та мережевої частин гідроаеродинамічної системи, який полягає в одночасному врахуванні правил компоновки і параметрів енергетично активного та енергетично пасивних елементів системи, що дозволило формалізувати розробку технічних пропозицій у спеціалізованому АРМ.

Для обґрунтування використання запропонованого показника (5) на основі визначення взаємного впливу параметрів удосконалених структурно-параметричних моделей генеруючої і мережевої частин ГАС розроблено логіко-чисельну модель генерації технічних пропозицій у вигляді знакового зваженого орграфа (рис 1, а), якому відповідає матриця суміжності вагових коефіцієнтів (рис.1, б), які визначено за даними експериментальних довідкових значень параметрів структурно-параметричних моделей ГАС.

На основі розробленого орграфа виконано ітераційне моделювання відносних змін вагових коефіцієнтів параметрів моделей (2) и (4) для двох технічних пропозицій зі збільшення продуктивності ГАС ($Q_{Sys_{H-A}}$) на 44 % за рахунок підвищення тиску в основному елементі P_{Emajor} шляхом збільшення кількості обертів електродвигуна n_{Rotor} (4) на 51 % (рис. 1, в) або зниження витрат тиску P_{Net} у мережевій частині шляхом зниження опорів R (2) на 65,5 % (рис. 1, г). Показано, що обрання першої пропозиції в якості проектного рішення призводить до зростання тиску P_{Emajor} і витрат потужності N_{Emajor} в 2,2 та 3,4 рази відповідно. При цьому ККД основного елемента η_{Emajor} остається незмінним, але суттєво збільшується значення енергоємності гідроаеродинамічного процесу $K_{Sys_{H-A}}$ (у 2,3 рази) (рис. 1, в). З іншого боку, прийняття в якості проектного рішення другої технічної пропозиції призводить до несуттєвого зростання витрат потужності N_{Emajor} на 23,6 %, але забезпечує зниження тиску P_{Emajor} , та енергоємності гідроаеродинамічного процесу $K_{Sys_{H-A}}$ на 23,8 % і 14 % відповідно (рис. 1, г). При цьому ККД основного елемента η_{Emajor} теж несуттєво знижується (4,8 %).

Таким чином, наведені результати моделювання свідчать, що перша технічна пропозиція не є енергозберігаючої тому, що потребує для збільшення продуктивності 44 % зростання витрат потужності в 2,2 рази. Обрання другої технічної пропозиції в якості проектного рішення дозволить забезпечити енергозбереження в ГАС, що проектується відповідно до запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу.

З урахуванням розроблених структурно-параметричних моделей мережевої *Network* (1) і генеруючої *Generation* (3) частин ГАС, а також логіко-чисельної моделі генерації технічних пропозицій для вибору енергозберігаючого проектного рішення запропоновано оцінювати

енергоємність гідроаеродинамічного процесу наступним чином:

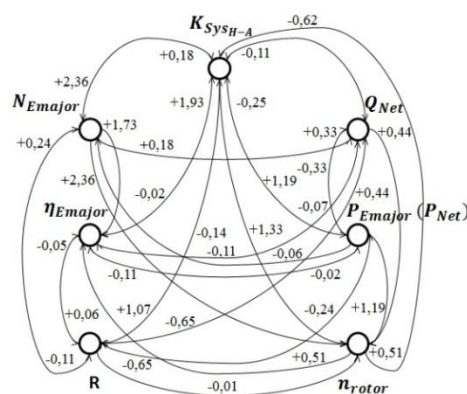
$$K_{SysH-A} = \frac{N_{Emajor}(Q_{Emajor}, n_{Rotor})}{Q_{SysH-A}} \xrightarrow{R} \min \quad (6)$$

за таких умов:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{Emajor}(Q_{Emajor}, n_{Rotor}) = \\ = P_{Net} \left(\sum_i^n (R_{Eminor_i} + R_{Etechnolog_i} + R_{Eminor_{i+1}}), Q_{Net} \right), \\ Q_{Emajor} = Q_{Net} = 1,1Q_{SysH-A}^* \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (a) \\ (b) \end{array} \quad (7)$$

	K_{SysH-A}	N_{Emajor}	Q_{Net}	P_{Emajor} (P_{Net})	η_{Emajor}	R	n_{rotor}
K_{SysH-A}	0,51	-0,01	1,33	0,44	2,36	1,19	0,00
N_{Emajor}	0,00	-0,66	-0,14	0,44	0,24	-0,24	-0,05
Q_{Net}	0,51	1,07	2,37	0,00	2,36	1,19	-0,02
P_{Emajor} (P_{Net})	0,00	-0,65	-0,11	0,33	0,18	-0,33	-0,11
η_{Emajor}	0,00	-0,11	0,18	0,00	0,18	-0,06	0,00
R	0,00	-0,65	-0,25	0,33	0,00	-0,33	-0,11
n_{rotor}	0,51	0,06	1,93	-0,07	1,73	-0,02	-0,46

а



б

	Вхідні дані		Моделювання за ітераціями								Вихідні дані
			1	2	3	4	5	6	7	Разом	
K_{SysH-A}	1,22	0	67,04	33,33	17,49	8,47	4,30	2,80	-0,13	133,29	1,05
N_{Emajor}	55	0	119,16	59,13	29,82	15,36	8,02	4,66	0,21	236,36	68
Q_{Net}	45	0	23,17	12,09	6,19	3,57	1,72	1,65	-3,94	44,44	65
P_{Emajor} (P_{Net})	420	0	60,02	29,89	15,03	8,43	4,46	2,61	-1,39	119,05	320
η_{Emajor}	84	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80
R	0,22	0	-0,23	0,60	0,19	0,69	0,68	0,89	-3,84	-1,02	0,08
n_{rotor}	980	51	25,95	13,23	6,79	3,24	2,49	1,17	-1,84	51,02	980

в

	Вхідні дані		Моделювання за ітераціями								Вихідні дані
			1	2	3	4	5	6	7	Разом	
K_{SysH-A}	1,22	0	-6,90	-3,00	-1,43	-0,50	0,47	0,46	-3,35	-14,25	2,85
N_{Emajor}	55	0	11,85	6,43	3,86	2,47	1,47	1,32	-3,77	23,64	185
Q_{Net}	45	0	22,69	11,49	6,31	2,81	2,12	1,41	-2,38	44,44	65
P_{Emajor} (P_{Net})	420	0	-11,06	-5,02	-2,88	-1,49	-0,17	-0,06	-3,14	-23,81	920
η_{Emajor}	84	0	-1,79	-0,26	-0,38	0,45	-0,05	0,78	-3,50	-4,76	84
R	0,22	-65,5	-32,65	-16,20	-7,47	-3,27	-1,20	-0,19	-4,58	-65,57	0,22
n_{rotor}	980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1480

г

Рисунок 1 – Результати моделювання двох технічних пропозицій щодо підвищення продуктивності ГАС за логіко-чисельною моделлю (а – орграф, б – матриця суміжності параметрів, в, г – результати моделювання за першою і другою пропозицією відповідно)

Таким чином, вперше розроблено логіко-чисельну модель генерації технічних пропозицій у вигляді знакового зваженого орграфа, що дозволило врахувати взаємний вплив параметрів удосконалених структурно-параметричних моделей генеруючої і мережевої частин гідроаеродинамічної системи для обґрунтування доцільності використання запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу як характеристики енергозбереження.

У третьому розділі на базі запропонованих моделей отримав подальший розвиток *метод структурно-параметричного синтезу* (МСПС) енергозберігаючих ГАС.

Процес проектування енергозберігаючих ГАС згідно з МСПС складається зі чотирьох кроків.

Крок 1. *Структурно-параметричний синтез технічних пропозицій з проектування мережевої частини Network ГАС.* Відповідно до розробленої структурно-параметричної моделі (1) з урахуванням зовнішніх умов і обмежень з бази даних енергетично пасивних елементів вибираються необхідні технологічні $E_{technology_i}$ та допоміжні E_{minor_i} елементи, які розміщуються і об'єднуються відповідно до правил компонування R_{ul_i} . Для заданих витрат робочого тіла Q_{Net}^* відповідно до (2) оцінюються сумарні втрати тиску P_{Net} у мережевій частині ГАС, яка проектується.

Крок 2. *Структурно-параметричний синтез технічних пропозицій з проектування ГАС.* Відповідно до розробленої структурно-параметричної моделі (3) з урахуванням зовнішніх умов і обмежень та оцінки сумарних втрат тиску P_{Net} з бази даних енергетично активних елементів вибирається необхідний основний елемент E_{major} , який розміщується, об'єднується з мережею і з регулюючим елементом $E_{control}$ відповідно до правила $R_{ul_{E_{major}}}$. Графічна інтерпретація поля (простору) експериментальних довідкових характеристик тиску $P_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor})$, ККД $\eta_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor})$ і витрат потужності $N_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor})$ у залежності від витрат робочого тіла $Q_{E_{major}}$ і кількості обертів електродвигуна n_{Rotor} обраного елемента E_{major} для різних положень направляючих лопаток регулюючого елемента $E_{control}$ показана на рисунку 3, а. Розробка цієї частини технічної пропозиції закінчується побудовою в просторі експериментальних довідкових характеристик обраного елемента E_{major} функціональної залежності сумарних втрат тиску в мережевій частині $P_{Net}(R_{Net}, Q_{Net}^2)$ (рис 2, а), які оцінювались на кроці 1.

Крок 3. *Моделювання стану ГП в ГАС, що проектується.* Для кількісної оцінки енергоефективності кожної технічної пропозиції для заданих витрат робочого тіла $Q_{E_{major}} = Q_{Net} = Q_{SysH-A}^*$ і за умови $P_{Net}(R_{Net}, Q_{Net}^2) = P_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor})$ визначаються так звані робочі точки А0 і В (рис. 3), в яких ККД $\eta_{E_{major}}(Q_{E_{major}}, n_{Rotor}) \xrightarrow{P_{E_{major}}} \max$. На основі розробленого орграфа (рис. 1) виконується моделювання технічних пропозицій щодо зниження сумарних втрат тиску P_{Net} шляхом зниження сумарних опорів R_{Net} (2) у мережевій частині *Network* ГАС, яка проектується. Відповідно до (1) і (2)

зниження сумарних опорів R_{Net} відбувається за заміни окремих допоміжних елементів E_{minor_i} з опорами $R_{E_{minor_i}}$ на нові технічні рішення по допоміжним елементам $E_{minor_i}^R$ зі зниженими значеннями опорів $R_{E_{minor_i}^R}$ у мережевій частині *Network* ГАС, що проектується.

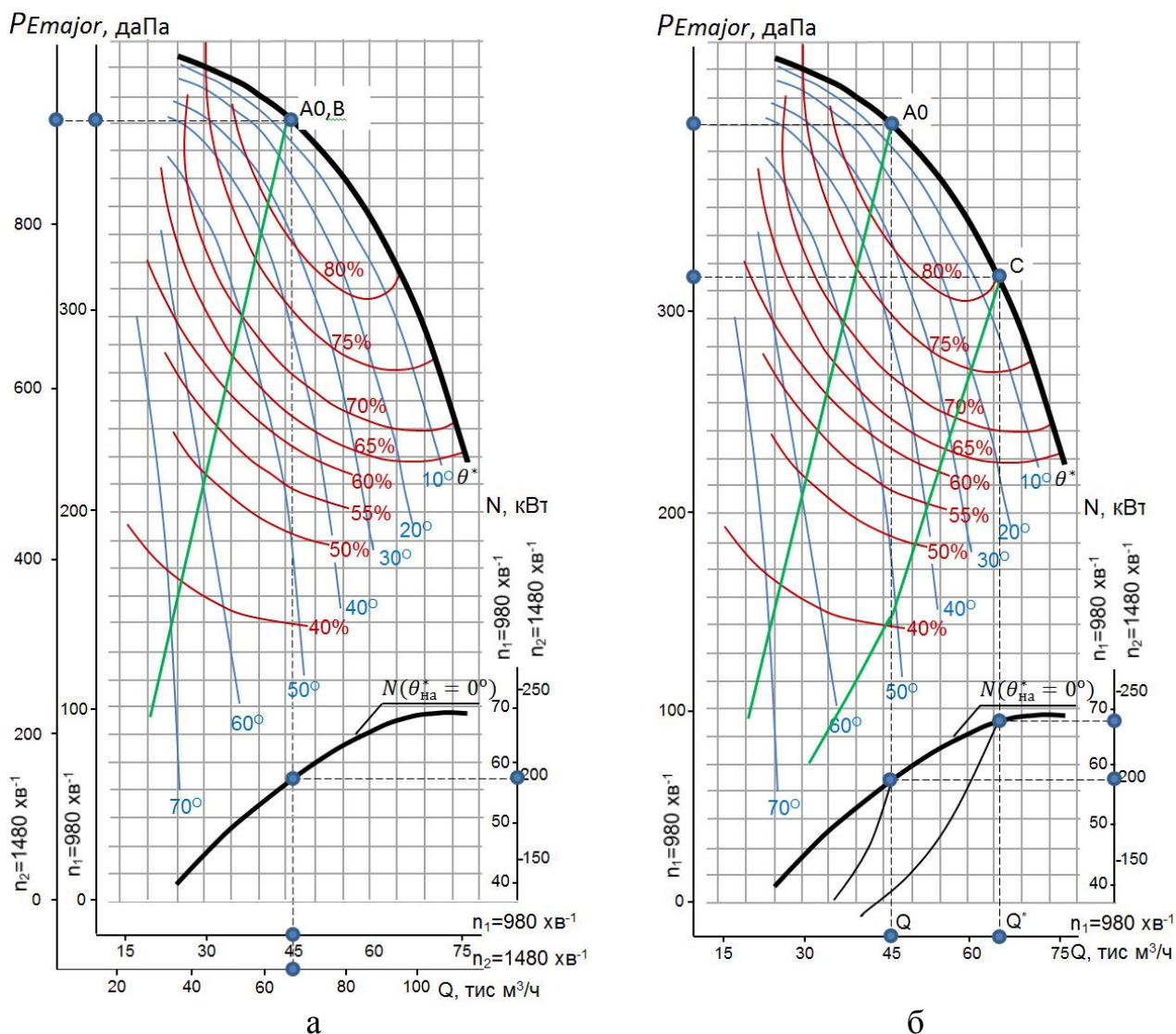


Рисунок 2 – Графічна інтерпретація простору параметрів структурно-параметричних моделей типового (а) і енергозберігаючого (б) технічного рішення при проектуванні аеродинамічної системи на базі основного елемента ВДН-25

Технічні рішення по допоміжним елементам $E_{minor_i}^R$ синтезуються у спеціалізованому АРМ за допомогою розробленого методу структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих прототипів допоміжних елементів з урахуванням стану гідроаеродинамічних потоків в цих елементах. Отримання кількісної та якісної оцінок стану ГП дозволяє визначити причини високих опорів в допоміжних елементах і автоматизувати синтез технічних рішень щодо їх зниження.

З урахуванням синтезованих нових технічних рішень по допоміжним елементам $E_{minor_i}^R$ зі зниженими значеннями опорів $R_{E_{minor_i}^R}$ розробляються

енергозберігаючі технічні пропозиції по мережевій частині ГАС, для яких нові сумарні втрати тиску P_{Net^R} з урахуванням (2) оцінюються як :

$$P_{Net^R} = R_{Net} Q_{Net}^{*2} = \left(\sum_{i=1}^{n-q} R_{Eminori} + \sum_{j=1}^m R_{Etechnologj} + \sum_{l=1}^q R_{Eminori^R} \right) (Q_{Net}^*)^2. \quad (8)$$

Крок 4. *Оцінка стану ГП в технічних пропозиціях щодо проектування ГАС задля прийняття енергозберігаючого проектного рішення.* На основі запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу (5) у системі для заданих витрат робочого тіла (6-б) з урахуванням оцінки нових сумарних втрат тиску P_{Net^R} і умови (6-а) обґрунтовано вибирається енергозберігаюче проектне рішення. Йому відповідає робоча точка С на рис.2-б, що утворена перетином характеристик тиску в основному елементі P_{Emajor} і інтегральних втрат тиску в мережі P_{Net^R} (6-а) для заданого значення витрат робочого тіла $1,1Q_{SysH-A}^*$ в системі (6-б) з урахуванням сформульованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу (5). При цьому, зниження опорів R (2), (7) енергетично пасивних елементів призводить до розташування характеристики тиску мережі P_{Net^R} правіше її початкового аналога P_{Net} , а значення енергоємності K_{SysH-A} знижується з 1,22 до 1,077 (11,4 %) для розглянутого приклада ГАС, що проектується.

Таким чином, отримав подальший розвиток метод структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем, який полягає у використанні запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу в якості характеристики енергозбереження, що на основі розроблених моделей дозволило автоматизувати раціональний вибір енергозберігаючого проектного рішення у спеціалізованому АРМ.

При створенні бази шаблонів енергозберігаючих допоміжних елементів ГАС у спеціалізованому АРМ отримав подальший розвиток МСПС енергозберігаючих фізичних прототипів допоміжних елементів з урахуванням кількісної і якісних оцінок стану ГП в них (рис. 3).

Для отримання *кількісної оцінки стану ГП* в допоміжному елементі $Eminori$ на основі його геометричної моделі з бази шаблонів з урахуванням коефіцієнта масштабування $scale$ виготовляється фізично подібний прототип $Eminori \cong GEminori$. На експериментальному стенді в умовах подібності за числом Рейнольдса $10^4 \leq Re \leq 10^6$ турбулентних ГП проводиться симуляція функціонування прототипу $GEminori$ як допоміжного елементу мережевої частини ГАС. Для заданих витрат робочого тіла Q_{GNet}^* вимірюються втрати тиску P_{GNet} і відповідно до (7) обчислюється значення гідроаеродинамічного опору $R_{GEminori} = P_{GNet}/Q_{GNet}^{*2}$, яке потім порівнюється з нормативним опором $R_{Eminori}$ аналізованого допоміжного елементу $Eminori$. Для визначення причин високих нормативних значень опорів $R_{Eminori}$ за допомогою методу візуалізації дискретних структур потоку, що належить до класу поляризаційно-оптичних методів візуалізації прозорих робочих тіл, отримують штучні поверхні розподілу інтенсивності (кольоровості) світла, які однозначно характеризують поле градієнтів швидкостей (тисків) ГП у прототипі $GEminori$ аналізованого

допоміжного елемента E_{minor_i} . Штучні поверхні фотореєструються, утворюючи множину значень інтенсивностей точок зображення $Data_{VE} = \{B_{ij}\}$ з координатами ($i = \overline{1, Dw}, j = \overline{1, Dh}$). Отримані таким чином візуальні дані ГП (рис. 4, а) разом з їх параметрами фотореєстрації записуються в базу даних ГП в аналізованих допоміжних елементах E_{minor_i} (рис. 3).

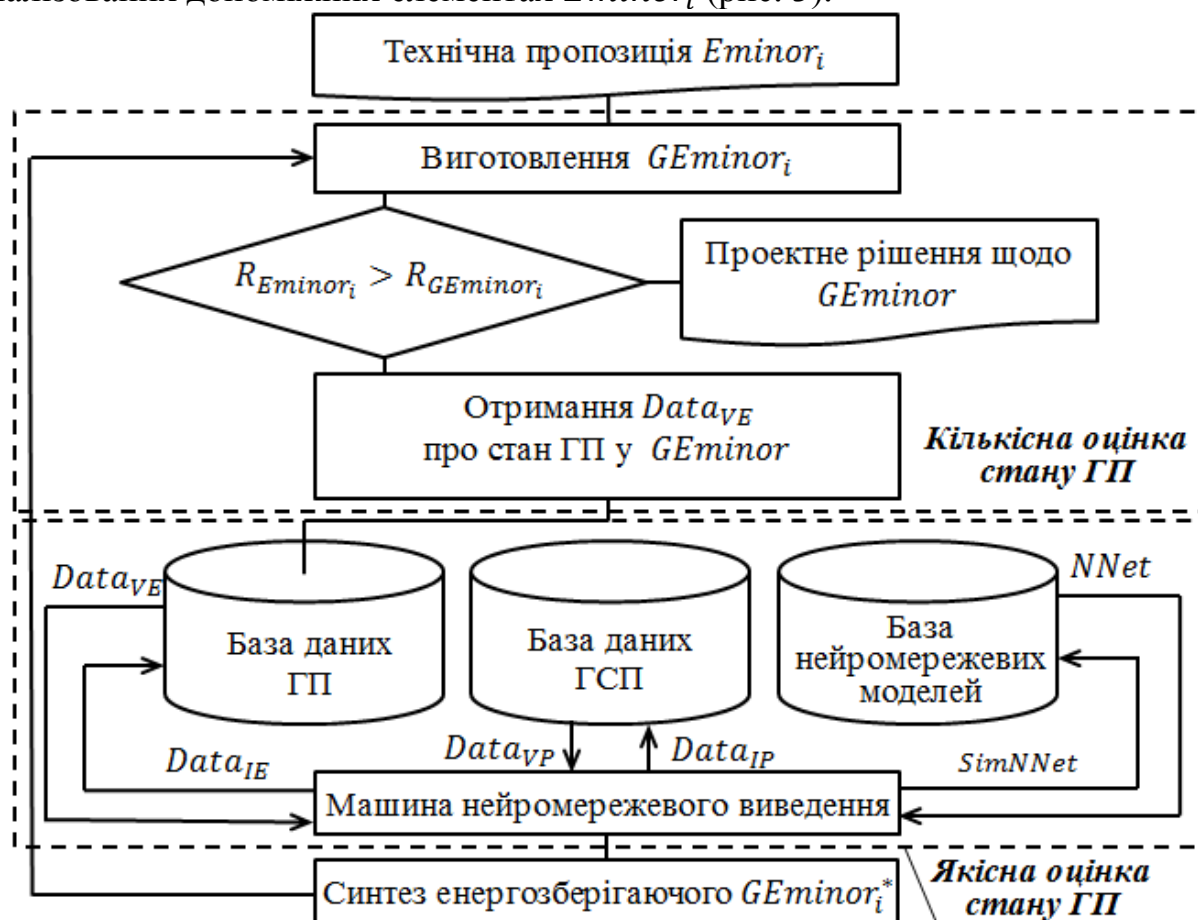


Рисунок 3 – Схема створення проектного рішення щодо енергозберігаючого фізичного прототипу допоміжного елемента відповідно до МСПС

Для отримання *якісної оцінки стану ГП* у вигляді інтелектуальних даних $Data_{IE}$ (рис. 4, г) у фізичному прототипі GE_{minor_i} аналізованого допоміжного елемента E_{minor_i} використовують машину нейромережового виведення (рис. 3).

За допомогою *машини нейромережового виведення* на основі об'єктів $NNet$ бази нейромережових моделей створюються проекти нейронних мереж $SimNNet$, для навчання та/або самонавчання яких, використані візуальні дані ГП $Data_{VE}$ з бази даних ГП і їх елементарні непохідні фрагменти – візуальні дані $Data_{VP}$ (рис. 4, б) гідродинамічних структурних примітивів (ГСП) з бази даних ГСП. При цьому візуальні дані ГСП визначені як $Data_{VP} = \{B_{ij}\}$ з координатами ($i = \overline{1, Dw}, j = \overline{1, Dh}$), а база нейромережових моделей містить процедури для створення основних архітектур нейронних мереж таких як: прямого поширення сигналу (найпростіші і багат шарові перцептрони, лінійні мережі), мереж зустрічного і зворотного поширення сигналу, радіально-базисних мереж, шарів і карт Кохонена, що самоорганізуються та мереж векторного квантування.

Результатом виконання проектів *SimNNet* в машині нейромережевого виведення є визначення номера K класу ГСП, який відображається псевдокольором Bk при формуванні інтелектуальних даних ГСП $Data_{IP} = \{Bk_{ij}\}$ з координатами $(i = \overline{1, Dw}, j = \overline{1, Dh})$ і запису їх до бази даних ГСП (рис. 4, в) або отримання правил R_{IE} , які задають представлення

інтелектуальних даних $Data_{IE} = [R_{IE}] \bigcup_{i=1}^X \bigcup_{j=1}^Y Data_{IPi,j}$, де $X = Dw \cdot R_S/d_W$,

$Y = Dh \cdot R_S/d_H$, R_S – просторова роздільна здатність у точках на дюйм (ppi)) (рис. 4, г) в різних просторах обробки. Інтелектуальні дані є формалізованим описом стану ГП щодо візуалізації причин підвищених значень гідроаеродинамічних опорів в фізичному прототипі $GEminor_i$ та зберігаються у базі даних ГП.

На рисунку 4 показані результати роботи машини нейромережевого виведення з синтезу енергозберігаючого фізичного прототипу допоміжного елемента «поворот потоку на 180° » шляхом заміщення зв'язаних оптично активних неупорядкованих областей ГСП дисипативного $Data_{IP}^D$ і однорідного $Data_{IP}^U$ класів (рис. 4, в) в інтелектуальних даних ГП $Data_{IE}$ (рис. 4, г) зв'язаними областями, створеними оптично неактивними ГСП $Data_{IP}^S$ класу стінка. При цьому області заміщення позначено номерами 1, 2 та 3.

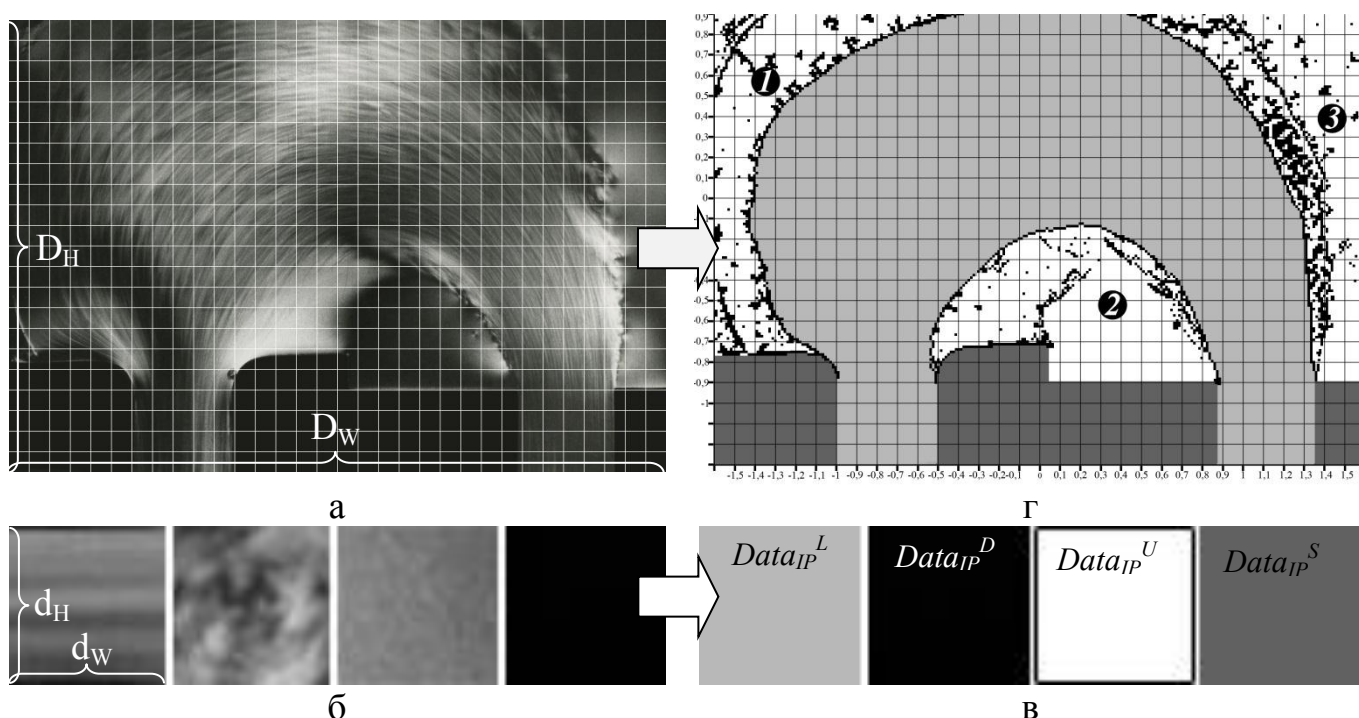
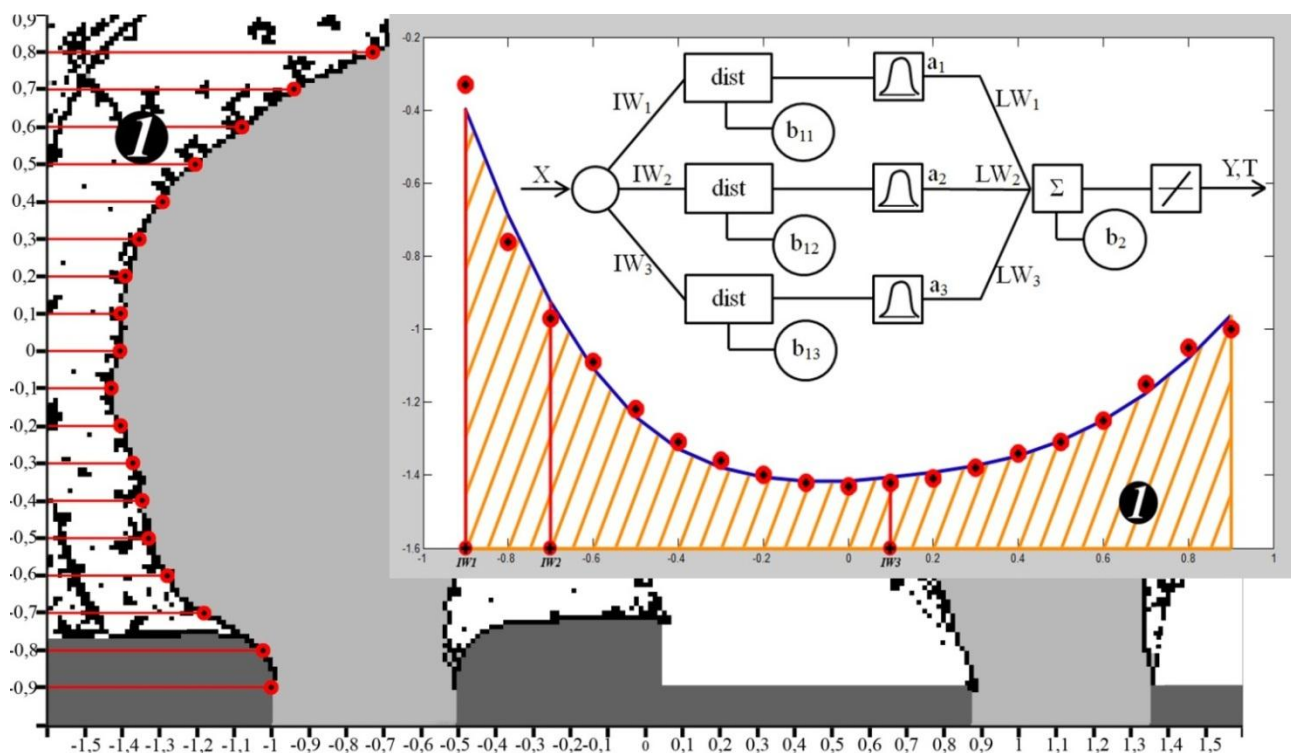


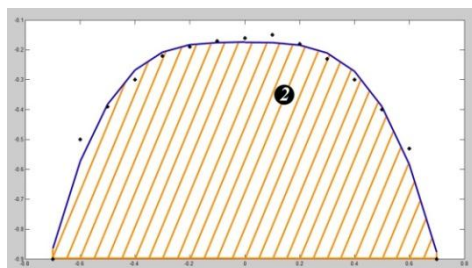
Рисунок 4 – Приклад оцінки стану ГП в фізичному прототипі допоміжного елемента «поворот потоку на 180° » (а – візуальні дані ГП, б, в – візуальні та інтелектуальні дані ГСП, г – інтелектуальні дані ГП)

Для локальної апроксимації функцій огинаючих інтелектуальних даних, що утворено оптично активними зв'язаними областями ГСП $Data_{IP}^D$ і $Data_{IP}^U$ класів у фізичному прототипі допоміжного елемента «поворот потоку на 180° »

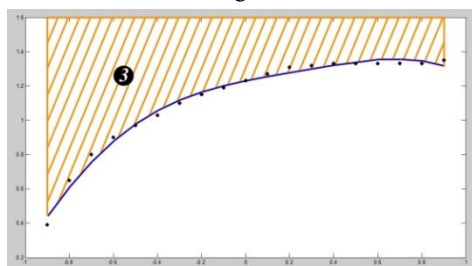
використані три проекти радіально-базисних нейронних мереж $SimNNet_i = SimNrb_i$ ($i = 1,2,3$) з бази нейромережових моделей (рис. 5).



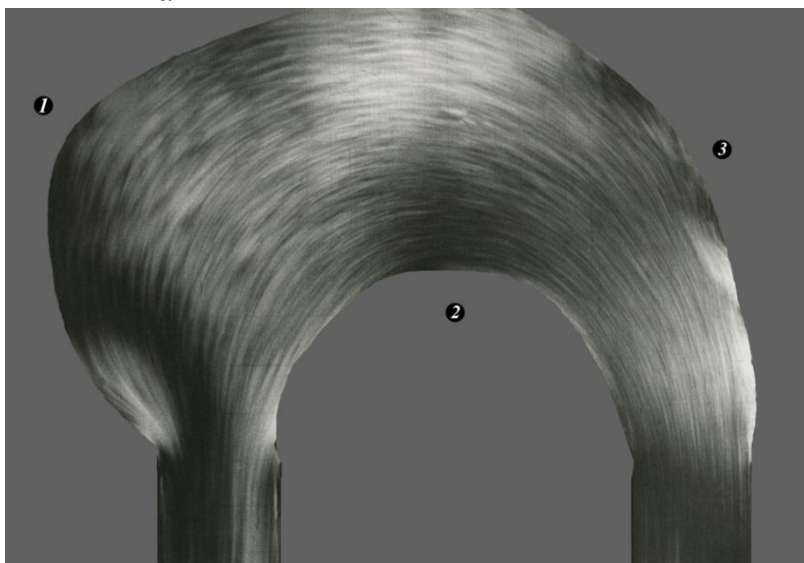
а



б



в



г

Рисунок 5 – Результати етапів МСПС фізичного прототипу енергозберігаючого допоміжного елемента «повороту потоку на 180°» (а – приклад входних і вихідних аргументів проекту $SimNrb_1$, б, в – результати виконання проектів $SimNrb_2$ і $SimNrb_3$ відповідно, г – вид модифікованого енергозберігаючого фізичного прототипу $GEminor_i^*$)

Вхідними аргументами $SimNrb_i$ є масиви вхідних X і цільових T векторів (рис. 5, а), а також значення середньоквадратичної помилки мережі і рівня перекриття радіальних базисних функцій, які визначаються експериментально. Вихідними аргументами $SimNrb_i$ є масиви вагових коефіцієнтів IW і зсувів b^1

прихованого радіально-базисного шару і вихідного лінійного шару LW і b^2 відповідно (рис. 5, б, в).

Значення середньоквадратичної помилки мережі визначається як:

$$MSE = \left(\sum_{j=1}^N (T_j - Y_j)^2 \right) / N, \text{ де } N - \text{кількість прикладів навчальної вибірки. Вектор}$$

вихідних значень мережі Y визначається як: $Y_j = \text{purelin} \left(\sum_{l=1}^M (LW_l A_l + b_l^2) \right)$,

$\text{purelin}(n) = n$, M – кількість радіально-базисних нейронів, а вектор вихідних значень A прихованого радіально-базисного шару визначається як: $A_l = \text{radbas}(\|IW_l - X_j\|) b_l^1$, $\text{radbas}(n) = e^{-n^2}$.

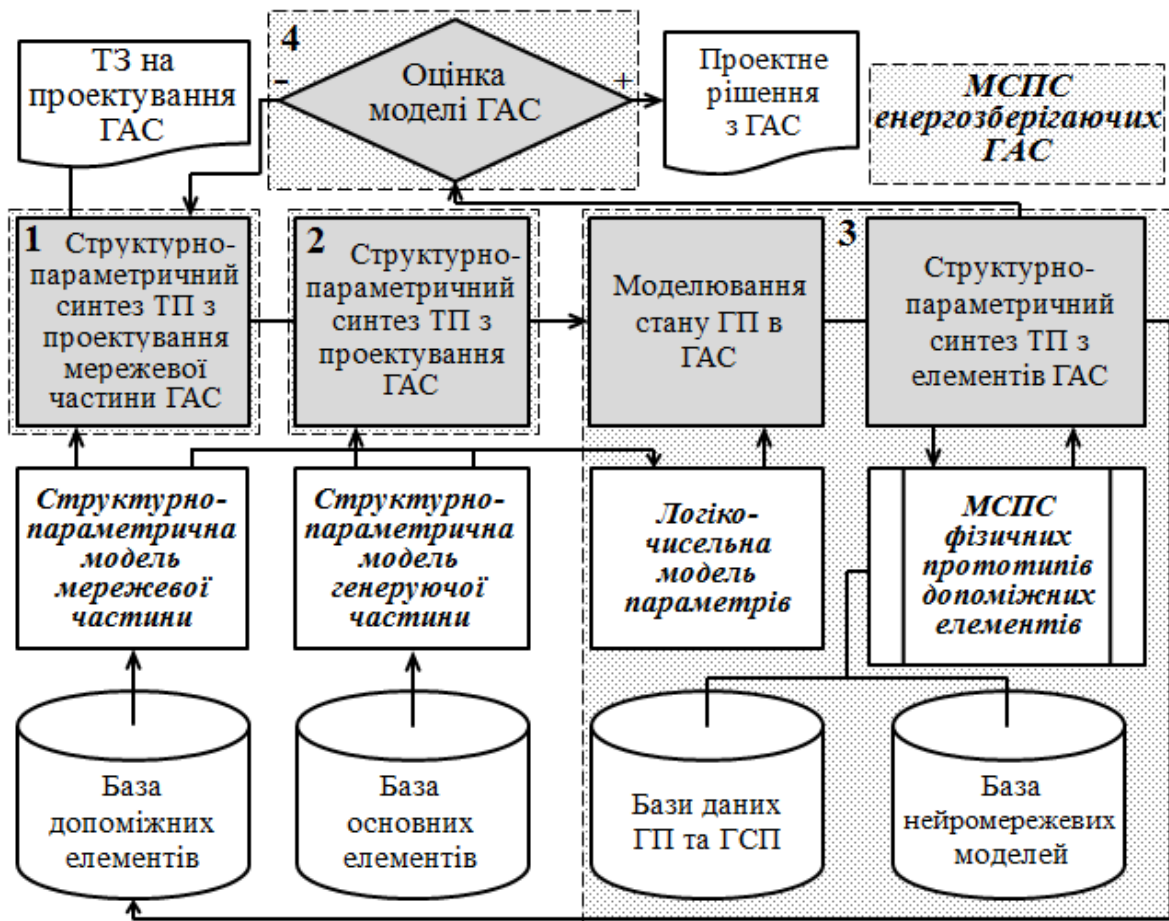
Таким чином, на основі якісної оцінки стану ГП у вигляді інтелектуальних даних ГП $Data_{IE}$ в фізичному прототипі $GEminor_i$ аналізованого допоміжного елемента $Eminor_i$ за допомогою моделей радіально-базисних нейронних мереж $SimNrb_i$ синтезовано модифікований фізичний прототип $GEminor_i^*$ (рис. 5, г). Отримання кількісної оцінки стану ГП в синтезованому $GEminor_i^*$ на експериментальному стенді у вигляді значення параметра гідраеродинамічного опору $R_{GEminor_i^*}$ і порівняння його з нормативним значенням R_{Eminor_i} показало, що практичне використання запропонованого МСПС дозволяє автоматизувати розробку проектного рішення для елемента «поворот потоку на 180°» зі зниженням в 2,6 рази (з 0,040 до 0,015) значенням гідраеродинамічного опору.

Експериментальні дослідження запропонованого МСПС при розробці бази шаблонів енергозберігаючих допоміжних елементів ГАС показали, що врахування оцінок стану ГП дозволяє розробити проектні рішення по зниженню опорів в 1,5 – 5 разів залежно від типу енергозберігаючого допоміжного елемента, що проектується.

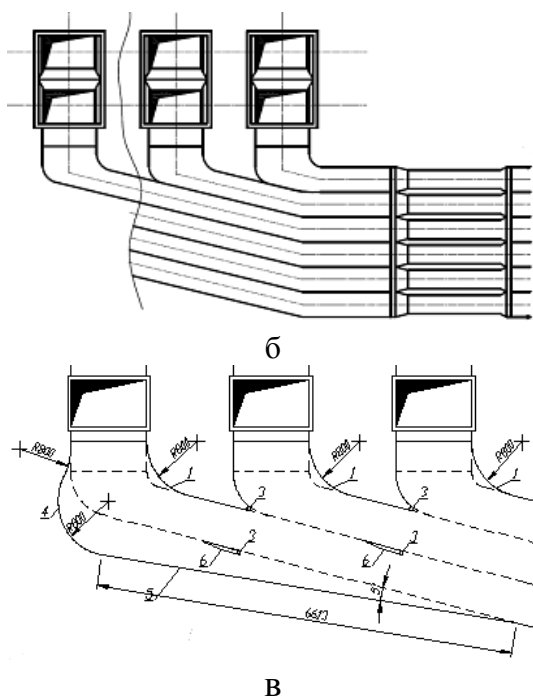
Таким чином, отримав подальший розвиток метод структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих фізичних прототипів допоміжних елементів гідраеродинамічної системи, який полягає у врахуванні оцінок стану гідродинамічних потоків у цих прототипах, що дозволило розробити проектні рішення по зниженню гідравлічних опорів в допоміжних елементах, які проектуються, і автоматизувати створення бази енергозберігаючих допоміжних елементів у спеціалізованому АРМ.

У четвертому розділі створено технологію автоматизованого проектування енергозберігаючих гідраеродинамічних систем та їх допоміжних елементів (ТАП ЕГАС(Е)) у спеціалізованому АРМ проектувальника на базі розроблених моделей і методів структурно-параметричного синтезу (рис. 6, а). На основі створеної ТАП ЕГАС(Е) розроблено прикладне програмне забезпечення спеціалізованого АРМ проектувальника.

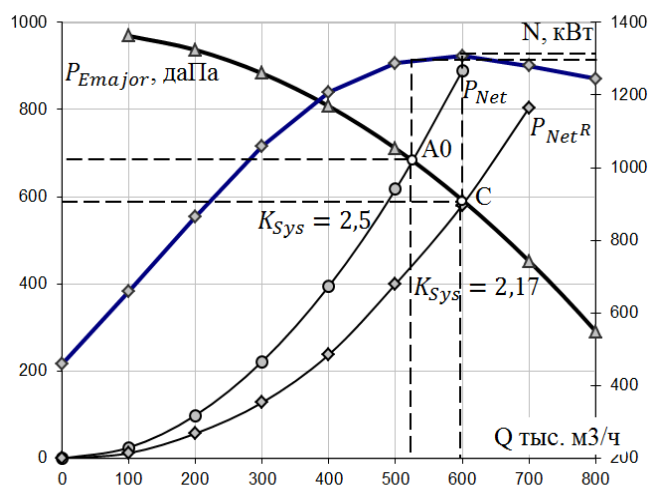
Використання програмного забезпечення дає можливість автоматизувати виконання наступних завдань: структурно-параметричний енергозберігаючих фізичних прототипів допоміжних елементів ГАС з врахуванням результатів



а



в



г

Рисунок 6 – Схема і результати використання ТАП ЕГАС(Е) (а – структурна схема технології ТАП ЕГАС(Е), б, в – вхідне та енергозберігаюче проектні рішення щодо допоміжного елемента типу колектор, г – інтерпретація простору параметрів аеродинамічної системи енергоблоку до і після зниження гідравлічного опору в допоміжного елемента типу колектор

моделювання стану реальних гідроаеродинамічних потоків в цих прототипах задля усунення причин високих гідравлічних опорів; створення проектних рішень (шаблонів) щодо енергозберігаючих допоміжних елементів на основі синтезованих прототипів (рис. 6, б, в); зберігання створених шаблонів зі зниженим гідравлічним опором в базі даних допоміжних елементів і використання їх задля структурно-параметричного синтезу проектного рішення мережевої частини ГАС зі зниженими втратами тиску P_{NetR} та P_{Net} (рис. 6, г); обґрунтований вибір генеруючого елемента з бази даних основних елементів з врахуванням енергоємності ГП (рис. 6, г) (точки A0 і C) в ГАС задля структурно-параметричного синтезу енергозберігаючого проектного рішення.

Практичне використання створеного АРМ для автоматизації проектування фізичних прототипів термостатичного клапану фірми Herz Armaturen та розподільчого колектора аеродинамічної системи енергоблоку №11 Молдавської ДРЕС, дозволило знизити гідравлічний опір цих допоміжних елементів відповідно в 1,5 та 2 рази. Використання розроблених енергозберігаючих проектних рішень щодо допоміжних елементів в системах тепlopостачання та аеродинамічних системах, що проектуються дозволило знизити енергоємність гідроаеродинамічних процесів в них відповідно на 25-30 % та 14 %. Запропоновані рішення у складі спеціалізованого АРМ також були використанні для проектування системи тепло- та тепловодопостачання на базі котла Е-2,5, енергоємність гідродинамічного процесу якої на 15 % нижче від подібних існуючих. Одержані позитивні результати впровадження спеціалізованого АРМ задля автоматизації проектування енергозберігаючих ГАС та їх допоміжних елементів підтверджено відповідними актами підприємств.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна містить раніше не захищені наукові положення та одержані автором нові науково-обґрунтовані результати, які полягають в розробці і дослідженні моделей і методів автоматизованого проектування енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем та їх допоміжних елементів у спеціалізованому АРМ.

1. В результаті аналізу проблем енергозбереження в гідроаеродинамічних системах, які проектуються в машинобудівних та інженерних АРМ існуючими методами структурного і параметричного синтезу встановлено, що ці методи не повною мірою враховують стан реальних гідроаеродинамічних потоків при прийнятті проектних рішень, що призводить до додаткових (біля 40 %) втрат енергії на підйом, стиснення або транспортування робочих тіл.

2. У відповідності із удосконаленою структурно-параметричною моделлю мережевої частини гідроаеродинамічних систем, що проектуються для заданих варіантів компонування та витрат робочого тіла, формалізовано оцінку значення сумарних втрат тиску задля вибору, розміщення і об'єднання з мережею основного енергетично активного елемента. При удосконаленні структурно-параметричної моделі генеруючої частини гідроаеродинамічних систем, що проектуються, окрім правила компонування і параметрів основного елемента запропоновано враховувати показник енергоємності гідроаеродинамічного процесу як характеристику енергозбереження у системі, що

проектується.

3. Ітераційне моделювання відносних змін параметрів структурно-параметричних моделей мережевої та генеруючої частин гідроаеродинамічної системи, щодо технічної пропозиції зі збільшення продуктивності системи на 44 % шляхом зниження гідравлічних опорів на 65,5 %, яку сгенеровано за допомогою логіко-чисельної моделі, показало, що значення енергоємності гідроаеродинамічного процесу знижується на 14 %, в той час, як значення коефіцієнту корисної дії основного елемента теж знижується на 4,8 %. Отримані результати моделювання на основі визначення взаємного впливу параметрів розробленої логіко-чисельної моделі підтвердили доцільність використання запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу як характеристики енергозбереження в гідроаеродинамічних систем, що проектуються.

4. Для формалізації процесу автоматизованого проектування у спеціалізованому АРМ розроблено метод структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем, який дозволяє на основі запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу автоматизувати раціональний вибір енергозберігаючого проектного рішення із низки технічних пропозицій, які генеруються з використанням розробленої логіко-чисельної моделі.

5. Для формалізації процесу створення бази енергозберігаючих допоміжних елементів при автоматизованому проектуванні у спеціалізованому АРМ розроблено метод структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих фізичних прототипів допоміжних елементів гідроаеродинамічних систем з урахуванням кількісної і якісних оцінок стану гідродинамічних потоків у них. Симуляція створеного фізично-подібного прототипу допоміжного елемента на подібному за числом Рейнольдса експериментальному стенді показала, що врахування стану гідродинамічних потоків у вигляді інтелектуальних даних обробки візуальних поверхонь, які однозначно характеризують поле градієнтів швидкостей (тисків) потоку у прототипі, дозволяє синтезувати проектні рішення по зниженню опорів в 1,5 – 5 разів, залежно від типу енергозберігаючого допоміжного елемента.

6. Запропоновані рішення у складі спеціалізованого АРМ використанні для автоматизації проектування фізичних прототипів термостатичного клапану фірми Herz Armaturen та розподільчого колектора аеродинамічної системи енергоблоку № 11 Молдавської ДРЕС та дозволили знизити гідравлічний опір цих допоміжних елементів, відповідно, в 1,5 та 2 рази. Використання розроблених енергозберігаючих проектних рішень щодо допоміжних елементів в системах теплопостачання та аеродинамічних системах, що проектуються дозволило знизити енергоємність гідроаеродинамічних процесів в них відповідно на 25-30 % та 14 %. Запропоновані рішення у складі спеціалізованого АРМ були використанні в УДЦ «Молода гвардія» для проектування системи тепло- та тепловодопостачання на базі котла Е-2,5, енергоємність гідродинамічного процесу якої на 15 % нижче від подібних існуючих.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Арсирий, Е. А. Анализ изображений гидродинамических потоков с помощью оценки параметров вихревых волновых структур / Е. А. Арсирий, В. А. Арсирий, А. П. Василевская // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса, 2005. – Вып. 1(23). – С. 107 – 112.

2. Арсирий, Е. А. Исследование эффективности искусственных нейронных сетей различных архитектур для распознавания образов / Е. А. Арсирий, А. П. Василевская, Е. Д. Петрова // Холодильна техніка і технологія / Одеська державна академія холоду. – Одеса, 2005. – № 6(98). – С. 117 – 124.

3. Арсирий, Е. А. Интеллектуальный классификатор структурных примитивов гидродинамических потоков / Е. А. Арсирий, А. П. Василевская, Т. В. Павличенко // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса, 2008. – Вып. 2(30). – С. 160 – 166.

Стаття опублікована у виданні України, яке включене до міжнародних наукометричних баз ULRICHSWEB, FreeFullPDF, eLIBRARY

4. Арсірій, О. О. Аналіз зображень гідродинамічних потоків на основі саморганізованих карт Кохонена / О. О. Арсірій, С. Г. Антошук, О. П. Василевська // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – К. : Техніка , 2012. – № 03(78). – С.132 – 136.

Стаття опублікована у виданні України, яке включене до міжнародних наукометричних баз eLIBRARY, ULRICHSWEB, FreeFullPDF.

5. Маникаева, О. С. Машинное обучение самоорганизующегося слоя Кохонена в системах нейросетевого распознавания образов по статистической информации / О. С. Маникаева, Е. А. Арсирий, А. П. Василевская // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Вип. 5 (100). – Дніпропетровськ, 2015. С. 93 – 105.

6. Арсирий, Е.А. Разработка подсистемы поддержки принятия решений в системах нейросетевого распознавания образов по статистической информации / Е. А. Арсирий, О. С. Маникаева, А. П. Василевская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015 – №6/4(78). – С. 4 – 12.

Стаття опублікована у виданні України, яке включене до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, РИНЦ, ULRICHSWEB, DRIVER, BASE, WorldCat, eLIBRARY, DOAJ, EBSCO, ReserrchBib, American Chemical Society, CrossRef.

7. Василевська, А. П. Модели и метод энергосберегающего функционального проектирования гидроаэродинамических систем / А. П. Василевская // Электротехнические и компьютерные системы. – Одесса, 2016. – № 21(97). – С. 35 – 38.

Стаття опублікована у виданні України, яке включене до міжнародних наукометричних баз eLIBRARY, ULRICHSWEB, FreeFullPDF.

Наукові праці апробаційного характеру

8. Арсирій, Е. А. Построение нейронных классификаторов для распознавания вихревых волновых структур гидродинамических потоков / Е. А. Арсирій, А. П. Василевская // Труды 8-й международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ-2007)». – Одесса: ОНПУ, 2007. – С. 80.

9. Арсирій, Е. А. Самоорганизующиеся одно- и двумерные карты Кохонена для кластеризации неструктурированных данных / Е. А. Арсирій, А. П. Василевская // Матеріали XVI Всеукраїнської науково-методичної конференції «Проблеми економічної кібернетики 2011». – Одеса: ОНПУ, 2011. – Том 2. – С. 56 – 57.

10. Арсирій, О. О. Комплексне моделювання і інтелектуальний аналіз візуальних даних в САПР елементів систем транспортування / О. О. Арсирій, С. Г. Антошук, О. П. Василевська // Матеріали XI Всеукраїнської міжнародної конференції з оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів «УкрОбраз'2012». – Львів: НУ «Львівська політехніка». – С. 91 – 95.

11. Арсирій, Е. А. Самоорганизующиеся одно- и двумерные карты Кохонена для кластеризации неструктурированных данных / Е. А. Арсирій, А. П. Василевская // Труды XIII международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ-2012)». – Одесса: ОНПУ, 2012. – С. 122.

12. Арсирій, Е. А. Информационная поддержка проектирования элементов систем транспортирования / Е. А. Арсирій, С. Г. Антошук, А. П. Василевская // Материалы международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии (ИСТ-2012)». – Харьков: ХНУРЭ, 2012. – С. 106.

АНОТАЦІЯ

Василевська А.П. Моделі і методи проектування енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем у спеціалізованому АРМ. - На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – Системи автоматизації проектувальних робіт. – Одеський національний політехнічний університет Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2016.

Метою дисертаційного дослідження є зниження енергоємності гідроаеродинамічного процесу в системах, що проектуються, за рахунок розробки моделей та методів структурно-параметричного синтезу для автоматизованого проектування енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем у спеціалізованому АРМ.

Отримали подальший розвиток структурно-параметричні моделі генеруючої та мережевої частин гідроаеродинамічної системи, який полягає в одночасному врахуванні правил компоновки і параметрів енергетично активного та енергетично пасивних елементів системи, що дозволило формалізувати розробку технічних пропозицій у спеціалізованому АРМ. Вперше розроблено логіко-чисельну модель генерації технічних пропозицій у

вигляді знакового зваженого орграфа, що дозволило врахувати взаємний вплив параметрів удосконалених структурно-параметричних моделей генеруючої і мережевої частин гідроаеродинамічної системи для обґрунтування доцільності використання запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу як характеристики енергозбереження. Отримав подальший розвиток метод структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих гідроаеродинамічних систем, який полягає у використанні запропонованого показника енергоємності гідроаеродинамічного процесу в якості характеристики енергозбереження, що на основі розроблених моделей дозволило автоматизувати раціональний вибір енергозберігаючого проектного рішення у спеціалізованому АРМ. Отримав подальший розвиток метод структурно-параметричного синтезу енергозберігаючих фізичних прототипів допоміжних елементів гідроаеродинамічної системи, який полягає у врахуванні оцінок стану гідродинамічних потоків у цих прототипах, що дозволило розробити проектні рішення по зниженню гідравлічних опорів в допоміжних елементах, які проектуються, і автоматизувати створення бази енергозберігаючих допоміжних елементів у спеціалізованому АРМ.

Ключові слова: автоматизація проектування, АРМ інженерів-проектувальників, енергозбереження, енергоефективність, гідроаеродинамічні системи.

ANNOTATION

Vasylevska O. Models and methods for design energy efficient systems hydro-aerodynamic in a specialized workstation. - The manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.12 – Automation systems of design work . – Odessa National Polytechnic University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2016.

The purpose of the research is to provide energy savings in hydro-aerodynamic systems, which are projected on the basis of a specialized workstation, which is based on developing and improving of models and methods of computer-aided design.

The improved structural-parametric models of generating and network units of hydro-aero-dynamic system, that take into account the layout rules and parameters of energetically active and passive elements of system to formalize the development of technical proposals with structural-parametric synthesis of energy-efficient project solutions in a specialized workstation.

The improved structural-parametric models of generating and network units of hydro-aero-dynamic system, that simultaneously take into account the layout rules and parameters of energetically active and passive elements of system to formalize the development of technical proposals in a specialized workstation. For the first time developed, a logical-numerical model of generating technical proposals as a sign weighted orgraph, which allowed consideration of the mutual influence of parameters of improved structural-parametric models of the generating and network units of hydro-aero-dynamic system for to justify the feasibility of using the proposed energy intensity index of hydro-aero-dynamic process, as energy-saving characteristics. Was further developed method of structural-parametric synthesis of energy saving hydro-

aero-dynamic systems, which is using the proposed index of energy intensity of hydro-aero-dynamic process, as the characteristics of energy saving, which allowed, being based on the proposed models, to automate the rational choice of energy saving project decision in a specialized workstation. Was further developed the method of structural-parametric synthesis of energy-saving physical prototypes of auxiliary elements of hydro-aero-dynamic system, which consists in the consideration of quantitative and qualitative assessments of the state of hydrodynamic flows in them, which allowed the development of project solutions to reduce the hydraulic resistance in the auxiliary elements that are being designed, and automate the creation of a base of energy-saving auxiliary elements in a specialized workstation.

Keywords: automation design, ARM design engineers, energy conservation, energy efficiency, hidro-aero-dynamic system.

АННОТАЦИЯ

Василевская А.П. Модели и методы проектирования энергосберегающих гидроаэродинамических систем в специализированном АРМ. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектировочных работ. – Одесский национальный политехнический университет Министерства образования и науки Украины, Одесса, 2016.

Целью диссертационного исследования является снижение энергоемкости гидроаэродинамического процесса в проектируемых системах за счет разработки моделей и методов структурно-параметрического синтеза для автоматизированного проектирования энергосберегающих гидроаэродинамических систем в специализированном АРМ.

Проанализированы проблемы энергосбережения в гидроаэродинамических системах, проектируемых с помощью машиностроительных и инженерных АРМ проектировщиков. Учитывая конструктивные особенности структурных элементов сетевой и генерирующей частей существующих гидроаэродинамических систем, показано, что модели и методы структурного и параметрического синтеза, которые используются в машиностроительных АРМ, не в полной мере учитывают влияние состояния реальных гидроаэродинамических потоков при формировании базы типовых проектных решений. Использование в инженерных АРМ при структурном синтезе сетевой части типовых проектных решений приводят к дополнительным потерям энергии до 40% в проектируемых гидроаэродинамических системах. Для определения путей решения указанных проблем автоматизированного проектирования энергосберегающих гидроаэродинамических систем рассмотрены возможности методов структурно-параметрического синтеза, визуализации движения жидкостей и газов и интеллектуального анализа визуальных данных для получения оценок состояния гидроаэродинамических потоков в проектируемых элементах и системах.

Научная новизна полученных результатов заключается в создании новых и развитии существующих моделей и методов структурно-параметрического синтеза для автоматизированного проектирования энергосберегающих

гидроаэродинамических систем в специализированном АРМ.

Получили дальнейшее развитие структурно-параметрические модели генерирующей и сетевой частей гидроаэродинамической системы, заключающееся в одновременном учете правил компоновки и параметров энергетически активного и энергетически пассивных элементов системы, что позволило формализовать разработку технических предложений в специализированном АРМ.

Впервые разработана логико-численная модель генерации технических предложений в виде знакового взвешенного орграфа, что позволило учесть взаимное влияние параметров усовершенствованных структурно-параметрических моделей генерирующей и сетевой частей гидроаэродинамической системы для обоснования целесообразности использования предложенного показателя энергоемкости гидроаэродинамического процесса в качестве характеристики энергосбережения.

Получил дальнейшее развитие метод структурно-параметрического синтеза энергосберегающих гидроаэродинамических систем, который заключается в использовании предложенного показателя энергоемкости гидроаэродинамического процесса в качестве характеристики энергосбережения, что, на основе предложенных моделей, позволило автоматизировать рациональный выбор энергосберегающего проектного решения в специализированном АРМ.

Получил дальнейшее развитие метод структурно-параметрического синтеза энергосберегающих физических прототипов вспомогательных элементов гидроаэродинамической системы, который заключается в учете оценок состояния гидродинамических потоков в этих прототипах, что позволило разработать проектные решения по снижению гидравлических сопротивлений в проектируемых вспомогательных элементах и автоматизировать создание базы энергосберегающих вспомогательных элементов в специализированном АРМ.

Предлагаемые решения в составе специализированного АРМ использованы для автоматизации проектирования физических прототипов термостатического клапана системы теплоснабжения и распределительного коллектора аэродинамической системы и позволили снизить гидравлическое сопротивление этих вспомогательных элементов в 1,5 и 2 раза соответственно. Использование разработанных энергосберегающих проектных решений по вспомогательным элементам в проектируемых системах теплоснабжения и аэродинамических системах, позволило снизить энергоемкость гидроаэродинамических процессов в них на 25-30 % и 14 % соответственно

Ключевые слова: автоматизация проектирования, АРМ инженеров-проектировщиков, энергосбережение, энергоэффективность, гидроаэродинамические системы.