

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Соловйов Володимир Михайлович

УДК 62-585.2

**АДАПТАЦІЯ ЗОВНІШНІХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОТРАНСФОР-
МАТОРА З ДОЦЕНТРОВОЮ ТУРБІНОЮ ДО ВИМОГ ТРАНСПОРТНОГО
ЗАСОБУ ШЛЯХОМ ЗМІНИ ЛОПАТКИ КОЛЕСА РЕАКТОРА**

Спеціальність 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2009

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі гідравлічних машин Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Зав'ялов Павло Сергійович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
професор кафедри гідравлічних машин

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гнесин Віталій Ісайович,
Інститут проблем машинобудування
ім. А.М. Підгорного Національної академії наук
України, м. Харків, завідувач відділу нестационарної
газодинаміки та аеронапружності

кандидат технічних наук, доцент
Неня Віктор Григорович
Сумський державний університет,
доцент кафедри інформатики

Захист відбудеться “18” лютого 2010 р. об 14 год. 30 хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.11 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Автореферат розісланий “ ” січня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Юдін Ю.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В останні роки ряд автомобілебудівних корпорацій, прагнучи знизити виробничі витрати, пов'язані з розробкою та проектуванням нових гідротрансформаторів (далі ГТР), інтенсифікували проведення досліджень в області зміни характеристик раніше розроблених ГТР. Проведення подібних науково–дослідних робіт здійснюється із залученням наявних наробітків, застосуванням сучасних програм (у т.ч. CFD), що дозволяє з мінімальними витратами в стислий термін створювати модернізовані ГТР із необхідними зовнішніми характеристиками.

Аналіз сучасних рішень проектування ГТР показує, що адаптація основних параметрів зовнішньої характеристики за рахунок корекції геометрії лише одного лопаткового колеса є перспективним науково-технічним напрямком, котрий істотно скорочує строки та вартість виготовлення в порівнянні з розробкою цілком нового ГТР. Для рішення подібних спеціалізованих задач використовується ряд раніше розроблених теоретичних методик розрахунку потоку в ГТР, які мають ряд припущень. Подальше вдосконалювання цих методик з метою підвищення їхньої точності може здійснюватися завдяки розробці адекватної математичної моделі робочого процесу ГТР, яка враховує додаткові особливості потоку в ГТР, а також за рахунок застосування комп'ютерної техніки при обчисленнях. Розрахунок з достатньою точністю зовнішніх та внутрішніх характеристик на основі геометричних параметрів ГТР дозволить створити методику оптимізації основних параметрів зовнішньої характеристики, здатну визначати кути профілю лопаткової системи колеса реактора на основі завдання необхідних експлуатаційних параметрів.

Комплексне використання та об'єднання перерахованих методик, з додатковим залученням програм розрахунку гідродинамічного потоку (CFD програм) в один метод, дозволить створити досить надійний інструмент, призначений для цілеспрямованої зміни параметрів зовнішньої характеристики ГТР у заданому напрямку.

Таким чином, розробка та вдосконалення методик розрахунку параметрів робочого процесу ГТР з метою подальшого використання при модернізації за рахунок лопаткової системи лише колеса реактора є завданнями, що мають безперечну значущість, рішення яких дозволить на новому рівні модернізувати ГТР для різних галузей машинобудування України. Вирішення вказаних задач визначило напрямок досліджень дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі гідравлічних машин ім. акад. Г.Ф. Проскури НТУ «ХПІ». Здобувач як виконавець брав участь у:

– дослідно-конструкторській роботі за контрактом Міністерства оборони України № 247/2/07-2 «Розробка бронетранспортера БТР-4», (КП ХКБМ ім. О.О. Морозова (м. Харків));

– науково-дослідній роботі по держбюджетній темі МОН України «Розробка комплексу математичних моделей проточних частин гідротурбін та визначення характерних особливостей робочого процесу» (ДР № 0106U001481).

Мета і задачі дослідження. Мета роботи – адаптація параметрів зовнішньої характеристики гідротрансформатора шляхом оптимізації за рахунок модифікації кутів профілю лопатки колеса реактора у випадку змінення головних параметрів зовнішньої характеристики силового блоку транспортного засобу: – максимальної потужності та моменту, діапазону робочих обертів.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

– розробка математичної моделі робочого процесу ГТР на основі модифікованого безрозмірного рівняння балансу гідравлічної енергії з додатковим урахуванням: кінцевого числа лопаток усіх лопаткових коліс ГТР, зміни площі живого перетину потоку, стиснення потоку лопатками коліс ГТР та коефіцієнтів ударних втрат;

– розробка методики оптимізації параметрів зовнішньої характеристики ГТР за рахунок кутів лопаткової системи колеса реактора;

– введення в методику розрахунку осесиметричного потоку урахування кінцевого числа лопаток всіх коліс ГТР та вивід додаткових залежностей, які прискорюють процес обчислень;

– проведення верифікації програмного комплексу Flow Vision та розрахунок кінематичних параметрів потоку в'язкої рідини в решітках лопаток колеса реактора залежно від режиму роботи ГТР (поточного передатного відношення i);

– розробка конструкції, виготовлення та проведення експериментальних досліджень ГТР із колесами реактора до й після модернізації.

Об'єкт дослідження – робочий процес гідротрансформатора у діапазоні тягового режиму.

Предмет дослідження – основні параметри зовнішніх і внутрішніх характеристик гідротрансформатора.

Методи дослідження. Метод математичного моделювання застосовувався при вивченні можливостей математичної моделі робочого процесу ГТР. Методи теорії нелінійного програмування використовувались при оптимізації основних параметрів зовнішньої характеристики ГТР. При розрахунку осесиметричного потоку використовувалася двовимірний метод розрахунку потоку в ГТР. Верифікацію програми Flow Vision здійснено з використанням експериментально-теоретичного методу дослідження. Методи теорії механіки рідини та газу використовувались при підготовці граничних умов для розрахунку решіток декількох варіантів лопаток колеса реактору у програмі ЦКТІ (Раухмана). Профілювання лопаткових систем здійснено з використанням методу конформного відображення. При експериментальному дослідженні використовувався метод, оснований на застосуванні сертифікованих оптичних, тензорезисторних, температурних датчиків, розходомірів та манометрів.

Наукова новизна одержаних результатів:

– запропонована універсальна математична модель робочого процесу ГТР, з додатковим урахуванням: кінцевого числа лопаток усіх коліс ГТР, зміни площі живого перетину потоку, стиснення потоку лопатками коліс ГТР та коефіцієнтів ударних втрат, що дозволило врахувати вплив особливостей робочого процесу на зовнішні характеристики ГТР та з задовільною точністю проводити розрахунок параметрів ГТР;

– вперше сформульована й вирішена оптимізаційна задача, яка дозволяє розраховувати кути входу та виходу лопатки колеса реактора з урахуванням параметричних та функціональних обмежень, що дозволяє спростити та прискорити процес розрахунку нового сполучення кутів колеса реактора;

– одержала подальший розвиток методика розрахунку осесиметричного потоку у ГТР: додатково уведений облік кінцевого числа лопаток усіх лопаткових коліс ГТР і сформульовані залежності, що дозволяють спростити та прискорити процес обчислень;

– вперше здійснене комплексне використання методик розрахунку прямих задач гідродинаміки для рішення проблеми адаптації зовнішніх характеристик ГТР до вимог транспортного засобу; у порівнянні із сучасними методами розроблений підхід дає можливість більш глибоко досліджувати параметри робочого процесу ГТР завдяки комбінованому використанню одно-, дво- та трьовимірних методик розрахунку та рівнянь оптимізаційної задачі; це дозволяє змінювати в необхідному напрямку основні параметри зовнішньої характеристики ГТР за рахунок кутів профілю лопатки тільки однієї лопаткової системи – колеса реактора.

Практичне значення одержаних результатів для машинобудівної галузі полягає у тому, що розроблена математична модель робочого процесу дозволяє, із задовільною точністю, проводити розрахунок зовнішніх та внутрішніх характеристик ГТР на стадії проектування перспективних зразків та модифікації існуючих конструкцій. Результаті застосування методики оптимізації параметрів зовнішньої характеристики ГТР, за рахунок зміни кутів профілю лопатки колеса реактора, дозволили отримати нове сполучення кутів колеса реактора під змінні параметри потужності, моменту та діапазону робочих обертів двигуна транспортного засобу, прискорити розробку та знизити витрати при проектуванні й експериментально-доводочних випробуваннях.

Запропонований метод адаптації зовнішніх характеристик дозволяє замінити проектування нового ГТР, істотно знижуючи вартість і трудомісткість виготовлення на етапі дослідно-доводочних випробувань.

Результати роботи використовуються КП ХКБМ ім. О.О. Морозова (м. Харків) у науково-виробничому процесі та у навчальному процесі кафедри гідравлічних машин НТУ «ХП».

Особистий внесок здобувача. Положення дисертації, які виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Серед них:

– математична модель робочого процесу ГТР з обліком: кінцевого числа лопаток всіх коліс ГТР, стиснення потоку лопатками, зміни меридіональної

швидкості $C_{m_{\min}}$ уздовж проточної порожнини ГТР, коефіцієнтів ударних втрат $\psi_n=f(i)$;

– методика оптимізації основних параметрів зовнішньої характеристики ГТР на основі зміни кутів лопатки колеса реактора;

– доповнена методика розрахунку осесиметричного потоку: введений облік кінцевого числа лопаток коліс ГТР та отримані залежності, які прискорюють процес обчислення;

– спроектовані тривимірні комп'ютерні моделі, отримані та проаналізовані результати чисельного дослідження просторового потоку в решітках колеса реактора ГТР;

– спроектоване та виготовлене модифіковане колесо реактора, яке дозволило змінити параметри ГТР у необхідному напрямку.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації доповідались та обговорювались на XVI, XVII Міжнародних науково-практичних конференціях "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, здоров'я", (м. Харків, 2008, 2009р.р.); V Всеукраїнській науково-технічній конференції "Проблеми енергозбереження України та шляхи їхнього рішення. Енергетичні та теплотехнічні процеси та устаткування", (м. Харків, 2009р.); науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників і аспірантів НТУ «ХП» (м. Харків, 2004-2009р.р.).

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 6 наукових праць, серед яких 4 статті у фахових наукових виданнях ВАК України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації становить 180 сторінок, серед них: 71 рисунок по тексту, 4 таблиці по тексту, 9 додатків на 12 сторінках, 122 найменування літературних джерел на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** показано суть та стан досліджуваної проблеми, обґрунтована актуальність роботи та сформульовані основні завдання дослідження, визначена мета роботи, її наукова новизна і шляхи практичного використання отриманих результатів.

У **першому розділі** проведено аналітичний огляд наукової літератури, присвячений можливості зміни основних параметрів зовнішньої характеристики ГТР.

Фундаментальні роботи Д.Я. Алексапольського, А.Я. Кочкарева, В.М. Прокоф'єва, І.Ф. Семичастнова, А.П. Кудрявцева та ін. заклали теоретичні і практичні основи розрахунку і проектування гідродинамічних передач, які дозволяють вирішувати різні завдання, у т.ч. пов'язані з вивченням впливу геометричних параметрів ГТР на його зовнішні і внутрішні характеристики.

Використовуючи існуючі методики, Г.М. Хуршудян теоретично вивчав вплив кутів лопаток коліс ГТР, закладених при проектуванні, на його

зовнішню характеристику. Роботи А.М. Нарбути, С.П. Стесіна і О.А. Яковенко, С.М. Трусова, В.П. Часовського та ін. присвячені визначенню оптимального сполучення кутів виходу з лопаткових коліс із метою забезпечення високих енергетичних показників ГТР. В.І. Лapidус розробив методик, яка дозволяє проводити вибір оптимального (по гiдрaвлiчному ККД) сполучення кутів пар решіток ГТР: насосне колесо – турбiнне колесо, турбiнне колесо – колесо реактора, колесо реактора – насосне колесо.

Методи, присвячені зміні основних параметрів зовнішньої характеристики ГТР, використовуючи тільки одне з лопаткових коліс ГТР, розробляли Л.П. Грянко, Ю.М. Лаптев, S.B. Ainley, A.G. Hansen, G.-W. Kim, F. Kluge, B. Lakshminarayana, H.M. Bahr, R.D. Flack, R.R. By, J.J. Zhang, B.V. Marathe, Y. Kunisaki, S. Shin та ін.

Рис. 1 – Переріз гiдротрансформатора коробки передач 7G-TRONIC зi скоректованими кутами лопаток насосного та турбiнного коліс, Германія, Mercedes-Benz AG (www.mercedes-benz.de), 2003р.: 1 – насосне колесо, 2 – турбiнне колесо, 3 – колесо реактора, 4 – блокуючий фрикціон, 5 – демпфер, 6 – коробка передач.

Проведений аналіз показав, що зміна параметрів ГТР за рахунок кутів лопаткових систем є раціональним напрямком, здатним замінити в ряді випадків проектування нового ГТР, та який останнім часом одержав подальший розвиток (рис. 1).

Також можна відзначити, що застосовувані у теперішній час одно- та двовимірні методики розрахунку потоку в ГТР, які використовуються для проведення моделювання зовнішніх та внутрішніх параметрів, все частіше доповнюються даними, отриманими з використанням програм 3D обчислювальної гiдродинаміки. Результат подібного об'єднання дозволяє вирішувати як пряму, так і зворотну задачі гiдродинаміки, розробляти сучасні високоефективні ГТР.

Відмічено, що недоліками розглянутих методів є:

- відсутність попередньої оцінки потенційної можливості ГТР по зміні основних параметрів його зовнішньої характеристики;
- відсутність методики оптимізації з одночасним урахуванням декількох критеріїв – параметрів зовнішньої характеристики.

На основі проведеного огляду визначені мета та намічені цільові завдання, послідовне рішення яких обумовило створення комплексного підходу по зміні зовнішньої характеристики ГТР на основі модернізації лопатки колеса реактора – методу адаптації.

Структура методу адаптації:

Математична модель робочого процесу ГТР	Завдання геометричних (рис.2) ($r_{mn}, b_{mn}, \beta_{mn}$) і режимних (ω_1, i) параметрів, густини робочої рідини ρ , експериментальних даних (β_{2n}, ψ_n)= $f(i)$ первісного ГТР.
	Розрахунок внутрішніх ($\varphi_{mn}, U_{mn}, Cm_{mn}, Cu_{mn}, Q, \Gamma_{mn}, \Delta \Gamma_n, h_{уд n}, h_{Г}, H_1, H_2$) параметрів та параметрів зовнішньої характеристики ($M_1, M_2, K, \eta_{Г}, M_{10}, \Pi$) первісного ГТР.
	Оцінка потенційної можливості по зміні основних параметрів зовнішньої характеристики первісного ГТР шляхом побудови графіків $\eta_{Г max}, K_0, \Pi, M_{10}$ у залежності від кутів β_{mn} .



Оптимізація	Розрахунок поверхонь: $dK_0/d\beta_{13}=f(\beta_{13};\beta_{23})$ та $dK_0/d\beta_{23}=f(\beta_{13};\beta_{23})$.
	Введення першого, другого та третього обмежень (відповідно $\eta_{Г max}, M_{10}, \Pi$) цільової функції.
	Перевірка отриманого результату з побудовою поверхонь $K_0, \eta_{Г max}, M_{10}, \Pi$ у залежності від кутів входу β_{13} і виходу β_{23} лопатки колеса реактора.
	Результат – сполучення кутів β_{13} і β_{23} уздовж середньої лінії току, яке забезпечить після модернізації необхідні параметри зовнішньої характеристики: $K_0, \eta_{Г max}, M_{10}, \Pi$.



Методика розрахунку осесиметричного потоку	Завдання первинного рівношвидкісного меридіонального потоку на розрахунковому режимі i^* для ГТР з колесами реакторів до та після модернізації.
	Розрахунок першого та другого наближень з наступною перевіркою сумарної витрати ΣQ між лініями току. Уточнення Cm_{2n} і положення ліній току. Остаточний розрахунок Cm_{2n} та Cu_{2n} .
	Підготовка вихідних даних для моделювання обтікання тривимірним потоком в'язкої рідини решіток коліс реакторів ГТР до та після модернізації – Cm_{13} и Cu_{13} по висоті вхідної кромки лопаток коліс реакторів.



Чисельне та експериментальне моделювання	Профільювання лопатки колеса реактора після модернізації з урахуванням результатів розрахунку меридіонального потоку; розрахунок вихідних умов і контрольних величин на вході St_{13} і St_{13} та виході St_{23} і St_{23} решіток реакторів до та після модернізації для тягового режиму роботи ГТР ($i=0...1$).
	Чисельне моделювання в Flow Vision і аналіз результату. Розрахунок гідравлічних втрат енергії за програмою ЦКТИ (Раухмана). Експериментальні дослідження. При необхідності проведення коректування профілю лопатки з наступним повторним чисельним (експериментальним) моделюванням.

У другому розділі на основі виконаного аналізу існуючих методик одномірного розрахунку параметрів ГТР визначені риси, якими повинна володіти методика розрахунку робочого процесу ГТР.

Рис. 2 – Порядок розташування радіусів та ширин каналу уздовж середньої лінії току в проточній частині ГТР: 1 – насосне колесо, 2 – турбінне колесо, 3 – колесо реактора.

У результаті розроблене модифіковане рівняння балансу гідравлічної енергії на базі рівняння у формі проф. Д.Я. Алексапольського, у якому додатково введене урахування: кінцевого числа лопаток всіх коліс ГТР, зміни меридіональної швидкості St_{mn} уздовж проточної порожнини, стиснення потоку лопатковими системами ГТР, включена можливість урахування прозорості решіток ГТР $\beta_{mn \text{ потоку}}=f(i)$ та коефіцієнтів ударних втрат $\psi_n=f(i)$ при наявності відповідних експериментальних даних.

Модифіковане рівняння балансу

$$A \cdot \varphi_{21}^2 + B \cdot \varphi_{21} + C = 0, \quad (1)$$

де:

$$A = \frac{-(1-\eta_z^*)}{(\varphi^*)^2} \cdot \left(K_{z_n} - \varphi^* \cdot \left(\text{ctg}\beta_{21} + \frac{\text{ctg}\beta_{23} \cdot \sigma_{z_p} \cdot \tau_{23}}{B_{23}} \right) \right) - \frac{\psi_1}{2} \cdot \left[\frac{\text{ctg}\beta_{11} \cdot \tau_{11}}{\rho_{11} \cdot B_{11}} + \frac{\text{ctg}\beta_{23} \cdot \sigma_{z_p} \cdot \tau_{23}}{\rho_{11} \cdot B_{23}} \right]^2 - \frac{\psi_2}{2} \cdot \left[\frac{\text{ctg}\beta_{12} \cdot \tau_{12}}{\rho_{12} \cdot B_{12}} - \frac{\text{ctg}\beta_{21}}{\rho_{12}} \right]^2 - \frac{\psi_3}{2} \cdot \left[\frac{\text{ctg}\beta_{13} \cdot \tau_{13}}{\rho_{13} \cdot B_{13}} + \frac{\text{ctg}\beta_{22} \cdot \tau_{22}}{\rho_{13} \cdot B_{22}} \right]^2 ; \quad (2)$$

$$B = -\text{ctg}\beta_{21} - \frac{\text{ctg}\beta_{23} \cdot \sigma_{z_p} \cdot \tau_{23}}{B_{23}} + i \cdot \left(\text{ctg}\beta_{21} - \frac{\text{ctg}\beta_{22} \cdot \tau_{22}}{B_{22}} \right) + \psi_1 \cdot \left(\frac{\text{ctg}\beta_{11} \cdot \tau_{11}}{B_{11}} + \frac{\text{ctg}\beta_{23} \cdot \sigma_{z_p} \cdot \tau_{23}}{B_{23}} \right) - \psi_2 \cdot (K_{z_n} - i) \cdot \left(\frac{\text{ctg}\beta_{12} \cdot \tau_{12}}{\rho_{12} \cdot B_{12}} - \frac{\text{ctg}\beta_{21}}{\rho_{12}} \right) + \psi_3 \cdot \frac{\rho_{22}^2}{\rho_{13}} \cdot i \cdot K_{z_m} \cdot \left(\frac{\text{ctg}\beta_{13} \cdot \tau_{13}}{\rho_{13} \cdot B_{13}} + \frac{\text{ctg}\beta_{22} \cdot \tau_{22}}{\rho_{13} \cdot B_{22}} \right) ; \quad (3)$$

$$C = K_{z_n} \cdot (1-i) + \rho_{22}^2 \cdot i^2 \cdot K_{z_m} - \frac{\psi_1}{2} \cdot \rho_{11}^2 - \frac{\psi_2}{2} \cdot [K_{z_n} - i]^2 - \frac{\psi_3}{2} \cdot \frac{\rho_{22}^4}{\rho_{13}^2} \cdot i^2 \cdot K_{z_m}^2 . \quad (4)$$

Тут $B_{mn}=b_{mn}/b_{21}$ – відносна ширина проточної частини гідротрансформатора у меридіональному перетині; β_{mn} – кут лопаткової системи гідротрансформатора, °; $\rho_{mn}=r_{mn}/r_{21}$ – відносний радіус положення кромки лопаткової системи гідротрансформатора на середній лінії току; K_{z_n} , K_{z_t} , σ_{z_p} – коефіцієнти урахування кінцевого числа лопаток насосного, турбінного і реакторного коліс відповідно; m – позначення входу або виходу із лопаткової системи гідротрансформатора: 1 – вхід, 2 – вихід; n – позначення лопаткової системи: 1 – насосне колесо, 2 – турбінне колесо, 3 – колесо реактора.

Рис. 3 – Порівняння теоретичних зовнішніх характеристик ГТР, отриманих за математичною моделлю (безперервні лінії), з експериментальними (нанесені у виді крапок): середня розбіжність для $M_1=-0,52\%$ та $M_2=-3,31\%$; розбіжність значень гідравлічного ККД η_r та коефіцієнта трансформації K склала 2,7%.

Рівняння балансу та рівняння для розрахунку внутрішніх параметрів і зовнішніх характеристик ГТР були об'єднані у математичну модель робочого процесу ГТР. Проведене порівняння результатів розрахунків по математичній моделі з експериментальними даними дало задовільний результат (рис. 3).

Також, як можливий альтернативний варіант корекції зовнішньої характеристики, розглянуте маловивчене питання впливу густини робочої рідини на параметри ГТР. Отримані результати свідчать про практичну цінність розглянутого способу: при зміні густини від 838 до 900 кг/м³ відбувається збільшення розмірних значень моментів M_1 і M_2 на 6,9%.

У **третьому розділі** на основі проведеного аналізу можливостей перетворення основних параметрів зовнішньої характеристики ГТР, викладених у розділах 1 та 2, зроблений висновок, що зміна геометричних параметрів колеса реактора, а саме кутів входу β_{13} і виходу β_{23} , забезпечить необхідний діапазон зміни величин основних параметрів зовнішньої характеристики ГТР. Також зроблено висновок про доцільність розрахунку кутів β_{13} та β_{23} на основі рішення оптимізаційної задачі, з використанням у якості цільової функції коефіцієнта трансформації на пусковому режимі K_0

$$K_0 = -\frac{\overline{\Delta\Gamma_{20}}}{\Delta\Gamma_{10}} = \frac{Kz_n - \varphi_0 \cdot \left(\text{ctg}\beta_{21} - \frac{\text{ctg}\beta_{22}}{B_{22}} \right)}{Kz_n - \varphi_0 \cdot \left(\rho_{21} \text{ctg}\beta_{21} + \frac{\text{ctg}\beta_{23} \cdot \sigma_{zP}}{B_{23}} \right)}, \quad (5)$$

де $\varphi_0 = \varphi_{21}$ при $i=i_0$.

Рівняння для розрахунку коефіцієнта трансформації на пусковому режимі K_0 у явному виді є функцією коефіцієнта швидкості φ_0 , та кута β_{23}

$$K_0 = f(\varphi_0(\beta_{13}, \beta_{23}), \beta_{23}). \quad (6)$$

Після диференціювання:

$$\begin{cases} \frac{dK_0}{d\beta_{13}} = \frac{\partial K_0}{\partial \varphi_0} \cdot \frac{d\varphi_0}{d\beta_{13}} \\ \frac{dK_0}{d\beta_{23}} = \frac{\partial K_0}{\partial \varphi_0} \cdot \frac{d\varphi_0}{d\beta_{23}} + \frac{\partial K_0}{\partial \beta_{23}} \end{cases}, \quad (7)$$

Призначення об'єктом цільової функції коефіцієнта трансформації на пусковому режимі K_0 (рис. 4) обумовлено встановленим впливом даного параметру на розгін транспортного засобу. В якості обмежувальних призначені функції $\eta_{r \max}$, M_{10} та Π .

Введення обмежень цільової функції здійснено методом виключення областей. Пошук рішення проведений методом послідовного перебору. У результаті оптимізації визначені кути входу β_{13} та виходу β_{23} лопатки колеса реактора, які після модернізації забезпечать необхідні параметри зовнішньої характеристики ГТР.

(а) (б)

Рис. 4 – Поверхні: (а) – $dK_0/d\beta_{13}=f(\beta_{13};\beta_{23})$, (б) – $dK_0/d\beta_{23}=f(\beta_{13};\beta_{23})$.

(а) (б)

(в) (г)

Рис. 5 – Поверхні: (а) – $K_0=f(\beta_{13};\beta_{23})$, (б) – $\eta_{\Gamma \max}=f(\beta_{13};\beta_{23})$,
 (в) – $M_{10}=f(\beta_{13};\beta_{23})$, (г) – $\Pi=f(\beta_{13};\beta_{23})$.

Перевірка результату здійснена з використанням отриманих поверхонь зміни параметрів $K_0=f(\beta_{13}, \beta_{23})$, $\eta_{\Gamma \max}=f(\beta_{13}, \beta_{23})$, $M_{10}=f(\beta_{13}, \beta_{23})$, $\Pi=f(\beta_{13}, \beta_{23})$, розрахованих методом послідовного перебору (рис. 5).

У четвертому розділі проведено аналіз існуючих методик двовимірного розрахунку потоку у гідравлічних машинах.

На основі методики Шерстюка-Трусова проводиться уточнення рівнянь розрахунку прямої осесиметричної задачі із введенням у розрахунок коефіцієнтів кінцевого числа лопаток, що дозволило зняти одне з допущень: $Z_n=\infty$. Методика розрахунку також була доповнена залежностями, які дозволяють спростити програмування рівнянь обчислення градієнтів і зміни меридіональних швидкостей:

$$\begin{cases} A_1 \cdot \frac{\partial Cm_{21}}{\partial h_1} + B_1 \cdot \frac{\partial Cm_{23}}{\partial h_3} + C_1 = 0 & ; \\ A_2 \cdot \frac{\partial Cm_{22}}{\partial h_2} + B_2 \cdot \frac{\partial Cm_{21}}{\partial h_1} + C_2 = 0 & ; \\ A_3 \cdot \frac{\partial Cm_{23}}{\partial h_3} + B_3 \cdot \frac{\partial Cm_{22}}{\partial h_2} + C_3 = 0 & , \end{cases} \quad (8)$$

зазор 1 (насосне колесо - турбінне колесо):

$$A_1 = Cm_{21} - ctg\beta_{21} \cdot (Cu_{21} - U_{21}); \quad (9)$$

$$B_1 = -\frac{h_3}{h_1} [Cm_{23} + ctg\beta_{23} \cdot \sigma_{zp} \cdot (Cu_{23} - U_{11})]; \quad (10)$$

$$C_1 = \frac{Cm_{21}^2}{r_{m21}} - \frac{Cu_{21}^2 \cdot \cos \gamma_1}{r_{21}} - (Cu_{21} - U_{21}) \cdot \omega_1 \cdot \cos \gamma_1 \cdot K_{zn} + Cu_{21} \cdot \omega_1 \cdot \cos \gamma_1 - \frac{h_3}{h_1} \cdot \left[\frac{Cm_{23}^2}{r_{m23}} - \frac{Cu_{23}^2 \cdot \cos \gamma_3}{r_{23}} + Cu_{23} \cdot \omega_1 \cdot \cos \gamma_3 \right]; \quad (11)$$

зазор 2 (турбінне колесо – колесо реактора):

$$A_2 = \frac{h_2}{h_1} \cdot [Cm_{22} - ctg\beta_{22} \cdot (Cu_{22} - U_{22})]; \quad (12)$$

$$B_2 = -Cm_{21} + ctg\beta_{21} \cdot (Cu_{21} - U_{21} \cdot i); \quad (13)$$

$$C_2 = \frac{h_2}{h_1} \left[\frac{Cm_{22}^2}{r_{m22}} - \frac{Cu_{22}^2 \cdot \cos \gamma_2}{r_{22}} - (Cu_{22} - U_{22}) \cdot \omega_1 \cdot i \cdot \cos \gamma_2 \cdot K_{zm} + \right. \\ \left. + Cu_{22} \cdot \omega_1 \cdot i \cdot \cos \gamma_2 \right] - \frac{Cm_{21}^2}{r_{m21}} + \frac{Cu_{21}^2 \cdot \cos \gamma_1}{r_{21}} + \\ + \omega_1 \cdot \cos \gamma_1 \cdot K_{zn} \cdot (Cu_{21} - U_{21} \cdot i) - i \cdot Cu_{21} \cdot \omega_1 \cdot \cos \gamma_1; \quad (14)$$

зазор 3 (колесо реактора - насосне колесо):

$$A_3 = Cm_{23} + ctg\beta_{23} \cdot \sigma_{zp} \cdot Cu_{23}; \quad (15)$$

$$B_3 = -\frac{h_2}{h_3} \cdot [Cm_{22} - ctg\beta_{22} \cdot Cu_{22}]; \quad (16)$$

$$C_3 = \frac{Cm_{23}^2}{r_{m23}} - \frac{Cu_{23}^2 \cdot \cos \gamma_3}{r_{23}} - \frac{h_2}{h_3} \cdot \left[\frac{Cm_{22}^2}{r_{m22}} - \frac{Cu_{22}^2 \cdot \cos \gamma_2}{r_{22}} - Cu_{22} \cdot \omega_1 \cdot i \cdot \cos \gamma_2 \cdot K_{zm} \right]. \quad (17)$$

Звідки:

$$\frac{\partial Cm_{21}}{\partial h_1} = \frac{\left(\frac{A_3 \cdot C_1}{B_1} + \frac{B_3 \cdot C_2}{A_2} - C_3 \right)}{-\left(\frac{A_1 \cdot A_3}{B_1} + \frac{B_2 \cdot B_3}{A_2} \right)}; \quad (18)$$

$$\frac{\partial Cm_{22}}{\partial h_2} = \frac{-C_2 - B_2 \cdot \frac{\partial Cm_{21}}{\partial h_1}}{A_2}; \quad (19)$$

$$\frac{\partial Cm_{23}}{\partial h_3} = \frac{-C_1 - A_1 \cdot \frac{\partial Cm_{21}}{\partial h_1}}{B_1}. \quad (20)$$

Рис. 6 – Результат розрахунку кінематики меридіонального потоку у ГТР після здійснення другого наближення.

З використанням отриманих рівнянь виконано розрахунок поля меридіональних швидкостей у першому та другому наближеннях для розрахункового режиму ГТР з реакторами до (реактор 1) та після (реактор 2)

модернізації (рис. 6): отриманий результат демонструє практично ідентичні показники для обох варіантів реакторів – таким чином, на розрахункових режимах роботи ГТР з кожним реактором (до та після модернізації) окремо будуть мати схожі або ідентичні основні параметри зовнішньої характеристики.

Відзначено достатню точність отриманих результатів вже після першого наближення. Отримані дані добре корелюються з допущенням струминної теорії руху рідини в ГТР про осередненість параметрів потоку вздовж середньої лінії току у меридіональному перетині.

У п'ятому розділі, як інструмент для проведення розрахунків обтікання потоком в'язкої нестисливої рідини обрана академічна версія програми компанії "Tecnic" – Flow Vision.

Рис. 7 – Розрахунок кутів потоку β_{23} потоку залежно від кутів атаки γ у решітці А-1 (експериментальні дані отримані П.С. Зав'яловим на аеростенді кафедри гідравлічних машин НТУ «ХП»).

Попереднє дослідження можливостей даної програми, проведене на основі розрахунку одного з кінематичних параметрів потоку в решітках профілів – кута потоку на виході з решітки β_{23} потоку в залежності від кута атаки γ , показало достатню точність при порівнянні розрахункових і експериментальних даних (рис. 7).

З урахуванням проведеного у попередньому розділі розрахунку поля меридіональних швидкостей у міжколісних зазорах, були спрофільовані три варіанти пар (для тора та чаші) профілів реактора 2, з подальшим проведенням моделювання їх 3D обтікання в Flow Vision і програмі ЦКТИ з метою перевірки забезпечення решітками необхідних кінематичних і енергетичних параметрів.

Аналіз отриманих результатів показав, що із трьох варіантів реактора 2 найбільш раціональним варіантом є «Параболічний профіль» (рис. 8).

Рис. 8 – Порівняння осереднених результатів, отриманих за допомогою Flow Vision з результатом розрахунку за математичною моделлю.

Шостий розділ присвячено проведенню експериментальних досліджень з метою зняття зовнішніх характеристик ГТР до й після модернізації колеса реактора (рис. 9).

Рис. 9 – Результати експериментальних випробувань по зняттю зовнішніх характеристик ГТР з реактором до (реактор 1) та після (реактор 2) модернізації.

Здійснюється опис загальних характеристик стендової установки та конструкції досліджуваного ГТР, зміст методики проведення випробувань по зняттю зовнішніх характеристик ГТР.

У результаті проведення експериментальних досліджень підтверджена можливість цілеспрямованої зміни основних параметрів зовнішньої характеристики ГТР за рахунок лопатки колеса реактора. Для розглянутого ГТР здійснене заплановане коректування форми кривої моменту насосного колеса M_1 : отримане заплановане зниження коефіцієнта прозорості з $P=1,97$ до $P=1,82$ зі збереженням високого показника повного ККД на розрахунковому режимі $\eta_{\max}=0,91$.

ВИСНОВКИ

У представленій дисертаційній роботі вирішено ряд науково-практичних задач, направлених на розробку та удосконалення методик розрахунку параметрів робочого процесу ГТР, які дозволяють проводити адаптацію зовнішніх характеристик гідротрансформатора з доцентровою турбіною до нових вимог транспортного засобу шляхом зміни лопатки колеса реактора.

1. На базі одномірної струминної теорії руху робочої рідини у ГТР, використовуючи модифіковане рівняння балансу гідравлічної енергії, розроблена математична модель робочого процесу ГТР. Можливості розробленої математичної моделі дозволяють проводити оцінку впливу геометричних параметрів ГТР на його зовнішні та внутрішні характеристики у тяговому діапазоні передатного відношення ($i=0..1$). Дана функція дозволила провести оцінку потенційних можливостей модернізованого ГТР по зміні його зовнішньої характеристики.

Точність математичної моделі підтверджено проведеними експериментальними дослідженнями зі зняття зовнішніх характеристик модернізованого ГТР. Відхилення даних математичної моделі від експериментальних склали: по $M_1=-0,52\%$ та $M_2=-3,31\%$; для параметрів K та η_r розбіжність склали $2,7\%$.

Теоретичний розрахунок з використанням математичної моделі дозволяє виконати оцінку впливу кожного з кутів та радіусів лопаткових систем ГТР на основні параметри зовнішньої характеристики, досліджувати вплив на розмірні параметри ГТР густини робочої рідини (отримано діапазон варіювання значень моментів у межах $6,9\%$ при зміні густини в діапазоні $838-900 \text{ кг/м}^3$).

2. Розроблена методика оптимізації параметрів зовнішньої характеристики ГТР за рахунок кутів лопаткової системи колеса реактора дозволяє виконувати оцінку впливу на основні параметри зовнішньої характеристики одночасної зміни вхідного та вихідного кутів колеса реактора, та визначати найкращий варіант відповідно до заданих обмежень.

Результати оптимізації, отримані розрахунком по методу виключення областей, додатково перевіряються методом послідовного перебору рівнянь

цільової та обмежувальних функцій $K_0 = f(\beta_{13}; \beta_{23})$, $\eta_{\text{гмак}} = f(\beta_{13}; \beta_{23})$, $M_{10} = f(\beta_{13}; \beta_{23})$, $\Pi = f(\beta_{13}; \beta_{23})$.

У результаті використання методики оптимізації параметрів зовнішньої характеристики розраховане нове сполучення кутів колеса реактора ($\beta_{13}=65^\circ$, $\beta_{23}=32^\circ$), яке повинне забезпечити $K_0=1.92$, $\eta_{\text{гмак}}=0.922$, $M_{10}=1319.6$ Н·м при $n_{\text{дв}}=2000$ об/хв, $M_{1\text{м}}=996$ Н·м при $n_{\text{дв}}=2380$ об/хв, $\Pi=1.87$.

3. Для визначення розподілу векторів абсолютної швидкості в області тора і чаші колеса реактора, яке необхідно при виконанні профілювання лопаток двоякої кривизни реактора 2 (після модернізації), проведений розрахунок поля швидкостей осесиметричного потоку в зазорах ГТР.

Використовуючи рівняння методики Шерстюка-Трусова, проведено урахування коефіцієнтів кінцевого числа лопаток для всіх коліс ГТР, що дозволило зняти одне з допущень методики – про нескінченно велику кількість безкінечно тонких лопаток коліс ГТР. Також методика розрахунку була доповнена залежностями, які дозволяють прискорити програмування рівнянь і обчислювальний процес. Отримано розподіли швидкості на вході та виході з колеса реактора ГТР, які надалі використовувалися при виконанні профілювання декількох варіантів лопаток модифікованого колеса реактора.

4. Попередня верифікація можливостей програмного комплексу Flow Vision з розрахунку тривимірного в'язкого потоку показала задовільний кількісний збіг результатів розрахунку з наявними експериментальними даними для решіток колеса реактора ГТР з густотою не менш 1,5.

5. За результатами оптимізації та розрахунку поля меридіональних швидкостей, спрофільовані три варіанти пар (для тора і чаші) профілів лопатки модифікованого колеса реактора, які використовувалися при побудові розрахункових моделей для програмного комплексу Flow Vision. Проведений розрахунок кінематичних параметрів потоку в решітках варіантів реакторів 1 та 2 показав, що з трьох варіантів реактора 2 найменшу розбіжність з результатом математичної моделі забезпечив «Параболічний варіант» реактора 2. Додатково зроблено оцінку енергетичних показників розроблених варіантів решіток з використанням програми ЦКТІ з розрахунку квазі 3D обтікання спроектованих лопаток. На основі отриманих результатів визначений раціональний варіант реактора 2 – «Параболічний варіант», сконструйована тривимірна комп'ютерна модель, розроблено конструкцію збірного колеса реактора ГТР.

6. Отримано експериментальні зовнішні характеристики ГТР. Порівняння розрахунково-теоретичних зовнішніх характеристик (на основі використання математичної моделі робочого процесу) та отриманими дослідними шляхом зовнішніми характеристиками ГТР дало задовільний збіг (у дужках зазначені результати експерименту):

параметри ГТР до модернізації: $\Pi=2,09$ (1,97), $\eta_{\text{гмак}}=0,921$ ($\eta_{\text{мак}}=0,91$);

параметри ГТР після модернізації: $\Pi=1,87$ (1,82), $\eta_{\text{гмак}}=0,922$ ($\eta_{\text{мак}}=0,91$).

7. Порівняння теоретичних і експериментальних даних до (реактор 1) та після (реактор 2) модернізації ГТР підтверджують можливість повноцінної

цілеспрямованої зміни параметрів зовнішньої характеристики ГТР за допомогою кутів лопатки колеса реактора, тобто здійснення адаптації зовнішньої характеристики ГТР до вимог транспортного засобу.

8. Результати роботи впроваджені КП ХКБМ ім. О.О. Морозова (м. Харків) у науково-виробничий процес та у навчальний процес кафедри гідравлічних машин НТУ «ХП».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Соловьев В.М. Влияние коэффициента трансформации гидротрансформатора на динамику разгона транспортной машины с автоматической коробкой передач / В. М. Соловьев // Вісник Національного технічного університету «ХП». – Харків: НТУ «ХП». – 2005. – № 43. – С. 29-33.

Здобувачем проведене вивчення впливу коефіцієнта трансформації на пусковому режимі гідротрансформатора K_0 на розгінні якості транспортної машини. У графічному вигляді приведені результати розрахунків.

2. Соловьев В.М. Методика увеличения коэффициента трансформации на пусковом режиме гидротрансформатора / В.М. Соловьев, П.С. Завьялов, Ю.А. Подвойский // Східно – Європейський журнал передових технологій. – Харків. – 2006. – №6/3 (24). – С. 62-65.

Здобувачем розроблено методика збільшення коефіцієнта трансформації на пусковому режимі гідротрансформатора (з використанням модифікованого рівняння балансу гідравлічної енергії гідротрансформатора) за рахунок зміни кутів профілю лопатки колеса реактора β_{13} та β_{23} . Приводяться основні рівняння та результати.

3. Соловьев В.М. Введение дополнительных ограничений при оптимизации реактора гидротрансформатора / В.М. Соловьев // Східно – Європейський журнал передових технологій. – Харків. – 2007. – №3/3 (27). – С. 18-22.

Здобувачем отримані додаткові рівняння до методики оптимізації параметрів зовнішньої характеристики ГТР за рахунок кутів колеса реактора гідротрансформатора. Приведені результати розрахунків.

4. Соловьев В.М. К вопросу создания гидротрансформатора для экономичной автоматической коробки передач / В.М. Соловьев, В.А. Кошман // Східно – Європейський журнал передових технологій. – Харків. – 2008. – №6/5(36). – С. 7-10.

Здобувачем розроблено модернізоване колесо реактора гідротрансформатора, яке забезпечує необхідні параметри зовнішньої характеристики, призначеного для економічної автоматичній коробки передач. Проведено розрахунок зовнішніх характеристик гідротрансформатора з реакторами до та після модернізації. Отримано спільні характеристики двигуна внутрішнього згорання та гідротрансформатора з колесами реактора до та після модернізації.

5. Соловйов В.М. Оптимізація реактора гідротрансформатора / В.М. Соловйов / Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Матеріали XVI

Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології», (м. Харків, Україна, 4-6 червня, 2008р.). – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – Частина I, С.249.

6. Соловйов В.М. Розрахунок потоку у реакторі гідротрансформатора / В.М. Соловйов, П.С. Зав'ялов, Ю.А. Подвойський // Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології», (м. Харків, Україна, 20-22 травня, 2009р.). – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – Частина I, С.313.

АНОТАЦІЇ

Соловйов В.М. Адаптація зовнішніх характеристик гідротрансформатора з доцентровою турбіною до вимог транспортного засобу шляхом зміни лопатки колеса реактора. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2009.

Дисертаційна робота спрямована на розв'язання питань, пов'язаних з перетворенням основних параметрів зовнішньої характеристики існуючого гідротрансформатора у заданому напрямку, за рахунок модернізації його геометричних параметрів, зокрема, кутів лопатки колеса реактора.

На основі розрахунку параметрів потоку в проточній частині гідротрансформатора із використанням математичної моделі розроблена методика оптимізації параметрів зовнішньої характеристики ГТР. За результатами розрахунку осесиметричного потоку проведено профілювання лопаткових систем колеса реактора гідротрансформатора та виконане подальше чисельне просторове моделювання потоку. Здійснено експериментальне зняття зовнішніх характеристик гідротрансформаторів з реакторами до та після модернізації. Отримано хороший збіг математичних та експериментальних даних (розходження менш 4 %).

Розроблений метод адаптації зовнішньої характеристики дозволяє замінити проектування нового ГТР і в такий спосіб прискорити процес проектування та виготовлення, при цьому істотно знижуючи вартість та трудомісткість виготовлення на етапі дослідно-доводочних випробувань.

Ключові слова: гідравлічні машини, гідротрансформатор, робочий процес, колесо реактора, обчислювальна гідродинаміка, експериментальні дослідження.

Соловьёв В.М. Адаптация внешних характеристик гидротрансформатора с центростремительной турбиной к требованиям транспортного средства путем изменения лопатки колеса реактора. – Рукопись.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.17 – гидравлические машины и гидропневмоагрегаты.

– Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, 2009.

Диссертационная работа направлена на решение вопросов, связанных с преобразованием основных параметров внешней характеристики существующего гидротрансформатора в заданном направлении, за счет модернизации его геометрических параметров, в частности, углов лопатки колеса реактора.

Уравнение баланса гидравлической энергии в ГТР, являющееся основой разработанной математической модели рабочего процесса, получено путем преобразования модифицированного уравнения баланса гидравлической энергии в форме проф. Д.Я. Алексапольского, в которое дополнительно был введен учет конечного числа лопаток для всех лопаточных колес, проведен учет влияния изменения площади живого сечения потока на значение меридиональной проекции C_m абсолютной скорости, учтено стеснение потока лопатками. При определении ударных потерь добавлена возможность дифференцированного задания коэффициента ударных потерь ψ_m для каждого лопаточного колеса, добавлена возможность их прямого учета при наличии экспериментальных данных $\psi_m=f(i)$. Модифицированное уравнение баланса энергии также содержит углы лопаточных систем в явном виде, что позволяет определять параметры ГТР по его геометрическим данным.

Математическая модель рабочего процесса ГТР с использованием модифицированного уравнения баланса гидравлической энергии позволяет, с достаточной для инженерных расчетов точностью, проводить расчет внешних характеристик ГТР, что подтверждено сравнением теоретических данных с проведенными экспериментальными исследованиями по снятию внешних характеристик ГТР.

На основе расчета параметров потока в проточной части гидротрансформатора, с использованием математической модели, разработана методика оптимизации параметров внешней характеристики ГТР за счет изменения углов профиля лопатки колеса реактора. Применение указанной методики позволяет изменять характеристики имеющегося ГТР под необходимые параметры транспортного средства, ускорять разработку и снижать затраты на проектирование и экспериментально-доводочные испытания.

Получившая дальнейшее развитие методика расчета осесимметричного потока в ГТР снимает допущение о бесконечно большом количестве тонких лопаток колес ГТР и содержит дополнительные зависимости, ускоряющие процесс вычислений.

По результатам расчета осесимметричного потока проведено профилирование нескольких вариантов лопаточных систем колеса реактора гидротрансформатора с использованием двух наиболее распространенных в практике проектирования гидродинамических передач методов: метод парабол и метод лемнискат. Выполненное дальнейшее численное пространственное моделирование потока вязкой жидкости позволило обоснованно выделить наиболее удачный вариант профиля лопатки с точки

зрения обеспечения необходимых параметров потока в широком диапазоне углов атаки (на тяговом режиме работы ГТР).

Спроектировано и изготовлено новое модернизированное колесо реактора, осуществлено экспериментальное определение внешних характеристик гидротрансформаторов с реакторами до и после модернизации. Получено хорошее совпадение математических и экспериментальных данных (расхождение менее 4 %). Подтверждена возможность полноценного целенаправленного изменения основных параметров внешней характеристики ГТР за счет лопаточной системы колеса реактора.

Разработанный метод адаптации внешней характеристики позволяет заменить проектирование нового гидротрансформатора и таким способом ускорить процесс проектирования и изготовления, при этом существенно снижая стоимость и трудоемкость изготовления на этапе опытно- доводочных испытаний.

Ключевые слова: гидравлические машины, гидротрансформатор, рабочий процесс, колесо реактора, вычислительная гидродинамика, экспериментальные исследования.

Solovyov V.M. Adaptation of torque converter external characteristics with the centripetal turbine to requirements of a vehicle by change the reactor wheel blade. – Manuscript.

Thesis for a candidate of technical science degree on specialty 05.05.17 – hydraulic machines and hydropneumatic devices. – National Technical University “Kharkov polytechnical institute”, Kharkov, 2009.

Dissertation work is directed on solution the questions, linked with transforming the main parameters of external characteristic the torque converter in the necessary direction, by modernizing of its geometrical parameters – blade angles of reactor (stator) wheel.

Being based on the calculation of flow parameters, the methodic optimizations of external characteristic parameters is designed with using the mathematical model of torque converter. As a result of calculation the axe symmetric flow between blades systems of torque converter, profiles of reactor blades are designed and computational flow modeling in reactor is obtained. Experimental investigations of torque converters with reactor before and after modernization are done. Good coincidence of mathematical and experimental data (difference less than 4%) is achieved.

The developed adaptation method of the external characteristic allows to use it instead of designing the new torque converter, thus essentially reducing cost and complexity of manufacture on the stage of experimental-developmental tests.

Key words: hydraulic machines, torque converter, working process, reactor (stator) wheel, computational fluid dynamics, experimental researches.

Підписано до друку 26. 12. 2009 р. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк.0,9. Наклад 120 прим. Замовлення № 319852.

Надруковано у СПДФО Ізраїлев Є.М.
Свідоцтво № 2480017000004042 від 21.03.2001 р.
61024, м. Харків, вул. Фрунзе, 16.