

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Панамарьова Ольга Борисівна



УДК 62 – 82 (075)

**ПОЛПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОАГРЕГАТІВ ЖИВЛЕННЯ МАЛОЇ
ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ГІДРОСИСТЕМ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ РАЦІОНАЛЬНИХ
ПАРАМЕТРІВ**

Спеціальність 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гідропневмоавтоматики і гідроприводу Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України, м. Харків

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Андренко Павло Миколайович,
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”, м. Харків,
професор кафедри гідропневмоавтоматики і
гідроприводу

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ніколенко Ілля Вікторович,
Національна академія природоохоронного
і курортного будівництва, м. Сімферополь,
завідувач кафедри водопостачання,
водовідведення та санітарної техніки

кандидат технічних наук, доцент
Кулініч Сергій Павлович,
Сумський державний університет, м. Суми,
доцент кафедри прикладної
гідроаеромеханіки

Захист відбудеться “3” квітня 2014 р. о 14³⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.11 в Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21, кафедра турбінобудування, ауд. №1.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий “ 27 ” лютого 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

 Юдін Ю.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним зі стратегічних напрямків розвитку об'ємних гідроагрегатів (ГА) є енергозбереження за рахунок підвищення ККД гідросистеми, оптимізації схемних рішень, компонувань, визначення раціональних параметрів. Це забезпечує створення нових енергоефективних машин із застосування енергозберігаючих технологій. ГА живлення належать до найбільш поширених пристроїв гідросистем, характеристики та функціональні можливості яких, значною мірою, визначають технічний рівень ГА та машини в цілому. Такі ГА живлення малої потужності знайшли широке застосування у гідросистемах будівельно-дорожніх, сільськогосподарських та інших машин, у технологічному обладнанні.

ГА живлення малої потужності для гідросистем мають ряд особливостей, урахування яких при проектуванні дає напрям їх подальшого розвитку та підвищення технічного рівня. Перспективним є удосконалення схемних рішень ГА та компонування його елементів на основі аналізу техніко-економічних характеристик, комплексного урахування при математичному описі робочих процесів у ГА живлення нестационарності гідромеханічних процесів і змінних у часі характеристик робочої рідини (РР); підвищення точності теплового розрахунку, ряд інших важливих факторів, які суттєво впливають на показники якості на всіх етапах життєвого циклу машини. Комплексне врахування цих факторів підвищує точність опису робочого процесу ГА живлення та відкриває можливість більш повного використання сучасних методів моделювання, теорії оптимальних систем і функціонально-вартісного аналізу.

Викладене вище обумовлює актуальність вибраної теми дисертації, спрямованої на підвищення технічного рівня ГА живлення малої потужності шляхом визначення раціональних параметрів, удосконалення методів розрахунку, конструкцій та схемних рішень, дослідження їх динамічних характеристик.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась на кафедрі гідропневмоавтоматики і гідроприводу НТУ “ХП” у рамках держбюджетної науково-дослідної роботи МОН України “Удосконалення гідравлічних і пневматичних силових систем і систем керування промислового призначення” (ДР № 0186U012831) та договору про творче співробітництво “Удосконалення методики проектування ГА живлення гідросистем” із ТОВ “Промгідропривод” (м. Харків), де здобувач брав безпосередню участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає у підвищенні технічного рівня ГА живлення малої потужності за рахунок удосконалення методів розрахунку, конструкцій та схемних рішень, шляхом визначення раціональних параметрів.

Для досягнення поставленої мети сформульовані завдання:

- розробити підходи щодо створення схемного рішення перспективного ГА живлення;
- на основі декомпозиції за морфологічним принципом ГА живлення малої потужності для гідросистем розробити вдосконалені математичні моделі робочих процесів гідроприводів і ГА у цілому з урахуванням нелінійностей, стисливості та газовмісту РР, хвильових процесів тощо;
- провести чисельні дослідження робочих процесів у ГА живлення і встановити взаємозв'язки між його елементами, вихідними характеристиками і вартістю;

– розробити інтегральну методику теплового розрахунку ГА живлення, яка комплексно враховує перемінні в часі параметри РР, її газовміст, пульсацію тиску та розташування гідравлічних елементів;

– експериментальним шляхом установити вплив газовмісту РР і навантаження на виконавчому механізмі на робочі характеристики ГА живлення;

– розробити критеріальні показники технічного рівня ГА живлення малої потужності та на їх основі сформулювати практичні рекомендації по його раціональному проектуванню, включаючи визначення раціональних параметрів.

Об'єкт дослідження – гідродинамічні процеси в ГА живлення малої потужності для гідросистем.

Предметом досліджень є взаємозв'язок схемних рішень та компоновань, конструктивних і гідродинамічних параметрів робочого процесу ГА живлення малої потужності для гідросистем із його вихідними характеристиками.

Методи досліджень. Теоретичні аспекти дисертації базуються на положеннях теорії гідромеханіки, механіки рідини та газу, за допомогою яких проведено оцінку стисливості та газовмісту РР, хвильових процесів у ГА, визначено вихідні його характеристики. Основним методом досліджень для декомпозиції ГА живлення малої потужності на основні вузли, з урахуванням взаємозв'язків між ними, став системний аналіз.

Методи теорії автоматичного керування та математичного моделювання використані для визначення динамічних характеристик ГА живлення та його структурних елементів; теорії оптимальних систем, для визначення раціональних параметрів ГА живлення малої потужності; методи функціонально-вартісного аналізу.

Експериментальні дослідження проводили на стенді випробувань у лабораторії кафедри гідропневмоавтоматики і гідроприводу НТУ “ХПІ”, використовуючи теорію планування експерименту та математичну статистику.

Наукова новизна отриманих результатів:

– уперше розроблена ієрархічна модель ГА живлення малої потужності для гідросистем, на основі якої запропоновано концепцію визначення раціональних конструктивних і робочих параметрів, яка базується на функціонально-вартісному аналізі, відображає характеристики його складових елементів та собівартість, що дозволяє спроектувати ГА високого технічного рівня;

– розроблено узагальнену математичну модель робочого процесу ГА живлення малої потужності, яка базується на декомпозиції на елементи за морфологічним принципом; урахуванні нелінійних сил тертя, гідродинамічних сил, нестационарних гідромеханічних процесів; змінних у часі параметрів газовмісту РР, що дозволяє проектувати перспективне схемне рішення ГА живлення;

– виявлені особливості та закономірності робочих процесів, що відбуваються в ГА живлення, а саме: вплив на робочі характеристики газовмісту РР; компоновання гідравлічних елементів; втрати тиску в диспергаторі, які підвищують точність математичних моделей робочого процесу натурному зразку;

– уперше експериментальним шляхом встановлено вплив параметрів газовмісту РР на виході з ГА живлення малої потужності на робочі характеристики ГА обертання; отримано аналітичну залежність для розрахунку частоти обертання вихідного вала аксіально-поршневого гідромотора у залежності від навантаження на ньому, газовмісту РР і тиску в гідросистемі.

Практичне значення одержаних результатів для машинобудування полягає у розробці методики проектування, визначенні раціональних конструктивних і робочих параметрів та аналізі робочих характеристик ГА живлення малої потужності для гідросистем, використання якої дозволяє спроектувати ГА на базі стандартних гідроелементів, із високим технічним рівнем і мінімальною вартістю.

Розроблене нове схемне рішення ГА живлення малої потужності, яке захищене патентом України на корисну модель і передано для впровадження в ТОВ “Промгідропривод” (м. Харків).

Результати дисертаційної роботи використовуються в практиці інженерних розрахунків ТОВ “Промгідропривод” (м. Харків) при розробці та модернізації ГА.

Основні результати досліджень використовуються в навчальному процесі кафедри гідропневмоавтоматики і гідроприводу НТУ “ХП” у дисциплінах “Механотроніка в гідропневмоавтоматиці”, “Експлуатація та надійність гідромашин та гідроприводів”, в дипломному й курсовому проектуванні.

Особистий внесок здобувача. Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: розробка схеми ГА живлення малої потужності для гідросистем, його ієрархічної, узагальненої та нелінійної математичної моделі робочого процесу; розробка методики проектування, визначення раціональних конструктивних і робочих параметрів; обґрунтування планів і проведення експериментальних досліджень, обробка та узагальнення результатів, участь у впровадженні. Постановка завдань досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів виконувалися здобувачем спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації доповідались й обговорювались на: Міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я” (м. Харків, 2006 – 2013 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції “Гідроаеромеханіка в інженерній практиці” (м. Луганськ, 2007 р., м. Чернівці, 2009 р., м. Київ, 2010 р., 2013 р., м. Вінниця, 2011 р., м. Черкаси, 2012 р.); Міжнародній науково-технічній конференції Асоціації фахівців промислової гідравліки і пневматики (м. Кременчук, 2008 р., м. Донецьк, 2011 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Наукові основи створення високоефективних землерийно-транспортних машин” (м. Харків, 2007 р.). У повному об’ємі дисертаційна робота доповідалась та схвалена на засіданні XIII Міжнародної науково-технічної конференції Асоціації фахівців промислової гідравліки і пневматики (м. Чернігів, 2012 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 21 наукову роботу, з яких: 13 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у збірнику наукових праць Польської академії наук, 1 деклараційний патент України на корисну модель, 6 – у матеріалах конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел інформації. Загальний обсяг роботи складає 217 сторінок, з них 62 рисунка за текстом, 29 рисунків на 18 окремих сторінках, 18 таблиць за текстом, 12 таблиць на 9 окремих сторінках, 4 додатки на 17 сторінках, список використаних джерел інформації зі 151 найменування на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано її мету та задачі, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну та практичну значимість роботи.

У першому розділі виконано аналіз конструкцій та робочих параметрів ГА живлення, який представляє собою сукупність гідроприсроїв і елементів керування, призначених для подачі під тиском РР у гідравлічну систему. Установлено, що на сьогодні значний інтерес представляє розробка концепції компонування універсального перспективного ГА живлення малої потужності, який би використовувався в значній кількості сучасних гідрофікованих машин, виконував функції регулювання параметрами гідросистеми та задовольняв вимогам високої надійності, енергозбереження, мав гарні віброакустичні характеристики та малу ціну.

Основи методів розрахунку та проектування ГА живлення покладені в фундаментальні наукові дослідження Є.І. Абрамова, Г.А. Авруніна, П.М. Андренка, Т.М. Башти, В.П. Бочарова, М.С. Гаминіна, О.П. Губарева, Ю.А. Данілова, Г.Й. Зайончковського, Б.Л. Коробочкіна, О.Ф. Луговського, З.Я. Лур'є, К.Л. Навроцького, Г.А. Нікітіна, І.В. Ніколенка, А.І. Панченка, Д.М. Попова, В.М. Прокоф'єва, О.М. Скляревського, В.Б. Струтинського, З.Л. Фінкельштейна, Е.М. Хаймовича, Ю.І. Чупракова, О.М. Яхно, W. Mednisa та ін.

Аналітичний огляд тенденцій розвитку, технічного рівня та принципів проектування ГА живлення для гідросистем будівельно-дорожніх, сільськогосподарських та інших мобільних і технологічних машин показав, що найбільш перспективними є компактні ГА живлення невеликої одиничної потужності, які виконані у вигляді окремого функціонального блоку. Проведений аналіз складу ГА живлення малої потужності для таких машин дозволив сформулювати вимоги до його перспективного схемного рішення та компонування, встановити номенклатуру базових показників якості.

Установлено, що універсальний підхід для прогнозування та оцінювання технічного рівня та економічного обґрунтування доцільності виробництва ГА живлення відсутній. Найбільш інформативна попередня оцінка технічного рівня виконувалася за одиничними та питомими показниками: енергоємності, питомій масі, металоємності, вартості тощо. Існує потреба в комплексному оцінюванні технічного рівня ГА живлення з урахуванням раціональної кількості показників, які несуть різносторонню, максимальну інформативність стосовно його технічних параметрів, умов експлуатації, ремонту тощо. Визначено параметри РР, урахування яких дозволить підвищити точність розрахунку нестационарних гідродинамічних процесів, що відбуваються у ГА. Встановлено, що існуючі методики теплового розрахунку ГА живлення комплексно не враховують поелементний розподіл теплової енергії, циклічність та режим його роботи, тип РР зі змінними в часі її параметрами, пульсацію тиску.

Визначено ряд особливостей, без урахування яких неможливо отримати повної математичної моделі робочого процесу ГА живлення, яка дозволить обґрунтовано провести вибір раціональних робочих та конструктивних параметрів, підвищити технічний рівень, а саме: нестационарні гідродинамічні процеси, що відбуваються в ГА

живлення, змінні в часі параметри РР; нелінійність сил тертя рухомих елементів гідроапаратів і виконавчих механізмів; уточнення методики теплового розрахунку ГА живлення та вибір раціональної форми одного з його основних складників – гідравлічного баку; необхідність багатокритеріального підходу до проблеми поліпшення характеристик ГА живлення.

У другому розділі систематизовано підходи щодо побудови схемних рішень та компоновань ГА живлення високого технічного рівня. Запропонована ієрархічна модель ГА живлення (рис. 1), яка отримана шляхом декомпозиції за морфологічним принципом та дозволяє встановити внутрішні і міжрівневі зв'язки гідравлічних елементів на основі базових показників технічного рівня або критеріїв працездатності, які є визначними для даних зв'язків.

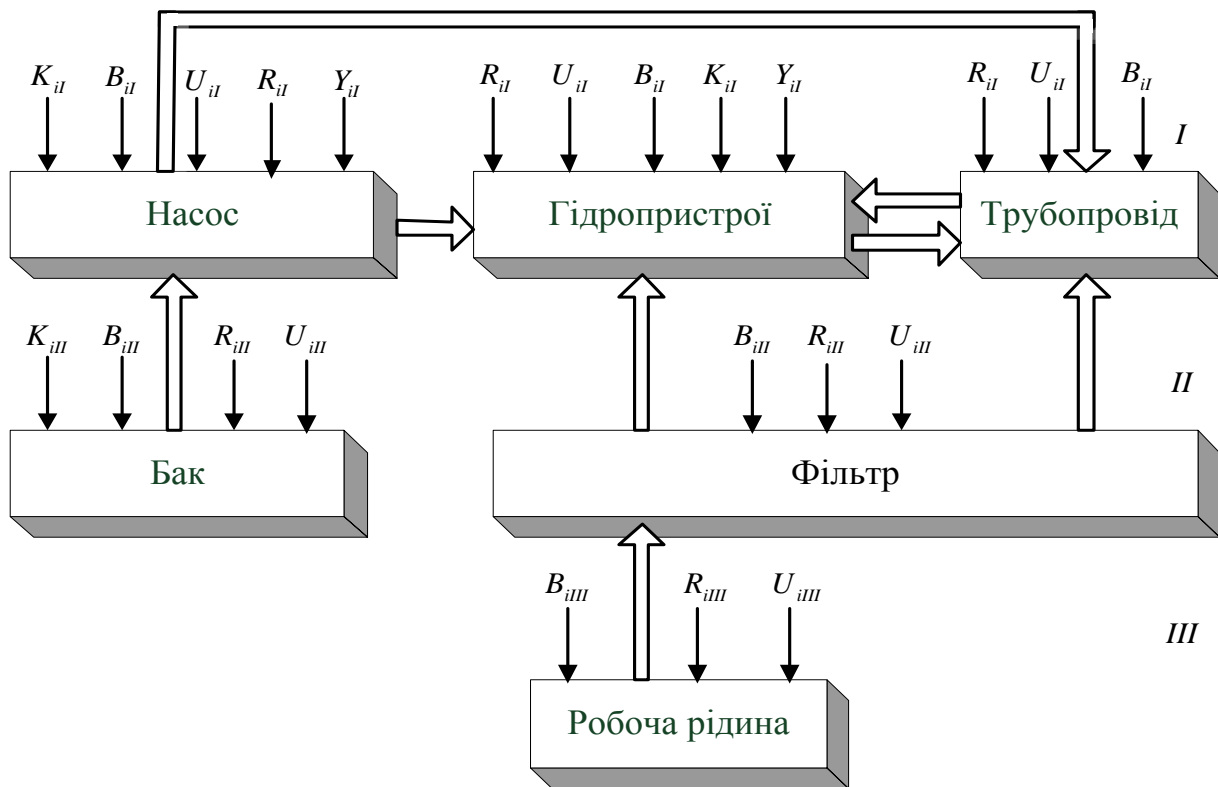


Рисунок 1 – Багаторівнева ієрархічна модель ГА живлення: R_{iI} , R_{iII} , R_{iIII} – множина робочих параметрів ГА живлення та його елементів (тиск, витрата РР, потужність ГА, ймовірність безвідмовної роботи, рівень звуку, параметри РР, тощо); K_{iI} , K_{iII} – множина конструктивних параметрів ГА живлення та його складових (діаметр умовного проходу, довжина трубопроводу, об'єм гідравлічного баку, тонкість фільтрації, габаритні розміри тощо); Y_{iI} – принципи, покладені в концепцію розробки ГА живлення (типи гідропристроїв, що входять до складу ГА живлення; компоновання ГА); U_{iI} , U_{iII} , U_{iIII} – множина величин вартості ГА живлення та його елементів; B_{iI} , B_{iII} , B_{iIII} – множина додаткових умов (обмеження за масою і габаритами; відсутність кавітації та гідравлічного удару тощо); I , II , III – індекс рівня в ієрархічній моделі

Розроблено гідросхему перспективного ГА живлення малої потужності. Відмінною особливістю такого ГА живлення є те, що за рахунок використання

удосконаленого запобіжного клапана збільшується точність підтримання тиску в гідравлічній системі. Гідравлічний гаситель пульсацій тиску резонансного типу зменшує пульсації витрати в гідравлічній системі, які виникають в наслідок нерівномірності подачі об'ємного насоса. Застосування диспергуючого пристрою зменшує розмір механічних домішок у РР та підвищує активність присадок, що дозволяє збільшити термін її роботи.

Запропоновані аналітичні залежності для розрахунку параметрів РР:

– модуль об'ємної пружності газорідинної суміші

$$E_{cm}(t) = E_p \frac{p(t)^2 [V_p^* + V_r^*(t)p_0/p(t)]}{V_p^* p(t)^2 + V_r^*(t)E_p p_0}; \quad (1)$$

– середня густина РР з урахуванням газомісткості

$$\rho_c(t) = \rho_{pp0} [1 - z(t)] [1 + (p(t) - p_0)/E_{cm}(t)] + \rho_{r0} z(t) p(t)/p_0. \quad (2)$$

У формулах (1) – (2): t – час; $V_{r\Sigma}$ – сумарний об'єм розчиненого та нерозчиненого повітря в РР; E_p – модуль об'ємної пружності РР; $p(t)$ і p_0 – відповідно абсолютні значення змінного в часі та початкового тиску в ГА живлення; V_p^* – відношення об'єму РР V_p до сумарного об'єму газу газорідинної суміші $V_{\text{ад}\Sigma}$, $V_{\text{ад}\Sigma} = V_p + V_a$; $V_a^*(t)$ – об'єм нерозчиненого повітря, приведений до нормальних умов, $V_r^*(t) = V_r(t)p(t)T^*/(p^*T)$, тут $V_r(t)$ і T – відповідно, об'єм і температура повітря при робочих умовах, * – позначено параметри при нормальних умовах; ρ_{pp0} та ρ_r – густина РР та газу в усталеному режимі відповідно; $z(t)$ – доля об'єму рідинно-газової суміші (середовища), зайнятої газом, $z(t) = V_r^*(t)/(V_p + V_r^*(t))$.

Шляхом моделювання робочих процесів у ГА живлення механізму зміни вильоту стрілового крана встановлено, що інтегральна оцінка зміни величини модуля об'ємної пружності РР складає 9,5% при перехідному процесі та 5,5% – при усталеному. Інтегральна оцінка величини густини РР залежно від змінного в часі тиску складає 10,4% при перехідному процесі та 9,6% при усталеному.

За допомогою декомпозиції за морфологічним принципом ГА живлення для гідросистем отримано узагальнену математичну модель робочого процесу. При цьому вводилася система припущень: діаметри каналів та трубопроводів однакові; товщина стінок трубопроводів і каналів достатньо велика, їх пружні властивості враховуються приведеним об'ємним модулем пружності РР; нехтували початковими ділянками трубопроводів та з'єднувальних каналів, вважали, що довжина каналів і трубопроводів значно перевищує їх діаметр; кавітація, резонанс і гідравлічний удар відсутні; відсутній розрив РР, швидкість звуку значно більша за швидкість руху РР.

Прийнято, що розподіл швидкості течії РР на вході в трубопровід рівномірний, втрати обумовлені опорами, які знаходяться на кінцях трубопроводів та не впливають один на одного, течію РР в трубопроводах та каналах ГА живлення описували у зосереджених параметрах, наприклад за Т-подібною схемою (рис. 2).

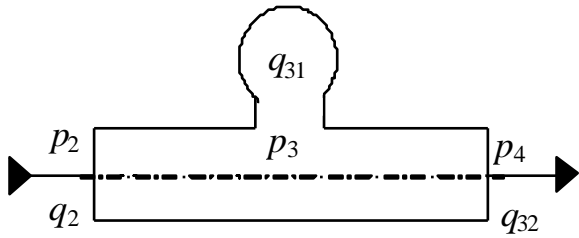


Рисунок 2 – Розрахункова
Т-подібна схема трубопроводу

$$\left. \begin{aligned} \frac{d q_2(t)}{dt} &= \frac{1}{L_3(t)} [p_2(t) - p_3(t)] - \frac{R_3(t)}{L_3(t)} q_2(t) \\ \frac{d p_3(t)}{dt} &= \frac{1}{C_3(t)} q_{31}(t) = \frac{1}{C_3(t)} [q_2(t) - q_{32}(t)] \\ \frac{d q_{32}(t)}{dt} &= \frac{1}{L_3(t)} [p_3(t) - p_4(t)] - \frac{R_3(t)}{L_3(t)} q_{32}(t) \end{aligned} \right\} (3)$$

де $q_2(t)$ – витрата на вході до трубопроводу; $q_{31}(t)$ – витрата, обумовлена стисканням РР у трубопроводі; $q_{32}(t)$ – витрата на виході з трубопроводу; $L_i(t)$, $R_i(t)$ і $C_i(t)$ – відповідно індуктивний, кг/м⁴, активний опори *i*-го трубопроводу (каналу), кг/(с·м⁴), і їх ємність, с²·м⁴/кг.

Проведений аналітичний огляд математичного опису робочих процесів об'ємних ГА дозволив узагальнити математичні моделі робочих процесів, які доповнювали змінними в часі параметрами РР, формулами (1) і (2), рівняннями, що описують течію РР в трубопроводах та каналах, як приклад формула (3) та використовували їх для моделювання реальної форми пульсацій тиску в ГА живлення залежно від опору гідравлічної системи.

У роботі наведені математичні моделі шестеренного, пластинчастого і аксіально-поршневого насосів, уточнені математичні моделі окремих елементів, які можуть входити до складу ГА живлення: гідрозамка, зворотного клапана, гідророзподільника, дільника потоку, гідромотора, гідроциліндра, однокамерного гасителя пульсацій тиску і фільтра. Моделі складаються з рівнянь руху запірно-регулюючого елемента (ЗРЕ) та обмежень переміщення рухомих елементів, рівняння нерозривності, стану РР. Наприклад, математичну модель роботи запобіжного клапана з осциляцією представлено рівняннями:

– руху ЗРЕ запобіжного клапана з осциляцією

$$m_{зк} \ddot{x}_{зрзк}(t) = F_{керзк}(t) - F_{пр\sigma зк}(t) - F_{гдзк}(t) - F_{трзк}(t) + F_{осцзк}(t); \quad (4)$$

– нерозривності

$$q_n(t) = q_{керзк}(t) + q_{щзк}(t) + q_{витзк}(t) + q_{перзк}(t) + q_{стзк}(t) + q_{осцзк}(t); \quad (5)$$

– обмеження переміщення ЗРЕ запобіжного клапана

$$0 < x_{зрзк}(t) \leq x_{зрзк \max}; \quad (6)$$

де $x_{зрзк \max}$ – максимальне переміщення ЗРЕ запобіжного клапана;

– зміни стану РР

$$T_a = const, \quad p(t) \geq p_{пар}, \quad \rho_c(t) = f(t, p, z), \quad (7)$$

де T_a – температура РР; $p_{пар}$ – тиск насичених парів РР; $\rho_c(t)$ – густина РР; z – газовміст РР.

У рівнянні (4) приведену масу ЗРЕ запобіжного клапана розраховували згідно залежності $m_{зк} = m_{зрзк} + 1/m_{пр} + m_{п}$, де $m_{зрзк}$ і $m_{пр}$ – маси ЗРЕ та пружини запобіжного клапана; $m_{п}$ – приведена до ЗРЕ клапана маса РР обумовлена його осциляцією, яку розраховували з умови рівності кінетичної енергії.

До рівнянь (4) і (5) входять: $F_{\text{керзк}}(t)$ – сила керування; $F_{\text{пр}\Sigma\text{зк}}$ – сила пружини запобіжного клапана; $F_{\text{гдзк}}(t)$ – гідродинамічна сила; $F_{\text{терзк}}(t)$ – сила тертя на осцилюючому ЗРЕ, яка визначається сумою сил контактної і рідинної тертя; $F_{\text{осцзк}}(t)$ – сила, під дією якої відбувається осциляція ЗРЕ; $q_{\text{керзк}}(t)$ – витрата керування запобіжним клапаном; $q_{\text{шзк}}(t)$ – витрата РР через дроселюючу щілину клапана; $q_{\text{витзк}}(t)$ – витрата витоків; $q_{\text{перзк}}(t)$ – витрата перетікань; $q_{\text{стзк}}(t)$ – витрата стиску РР; $q_{\text{осцзк}}(t)$ – витрата осциляції.

Розроблено математичні моделі робочого процесу ГА живлення механізму зміни вильоту стрілового крана з автоматичним регулятором швидкості та без нього. За математичною моделлю в зосереджених параметрах, в середовищі Mathcad, провели дослідження робочих процесів у ГА живлення механізму зміни вильоту стрілового крана. Циклограма роботи крана складалась з трьох переходів: підйому вантажу тривалістю $t_1 = 6$ с; витримки протягом $t_2 = 4$ с і опускання $t_3 = 3$ с. ГА живлення містив насос, номінальна витрата якого становила $q_n = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$, а тиск – $p_n = 12 \text{ МПа}$, температура РР була постійною та дорівнювала $T_a = 55 \text{ }^\circ\text{C}$. Для оцінки отриманих значень витрати, тиску РР та потужності ГА живлення використовували відносні інтегральні оцінки, наприклад

$$J_p = \frac{\int_0^{t_p} |P_7(t) - P_3(t)| dt}{\int_0^{t_p} P_7(t) dt} 100\%, \quad (8)$$

де $P_3(t)$ і $P_7(t)$ – потужності ГА живлення, розраховані при 3% і 7% газовмісті РР; t_p – час перехідного процесу.

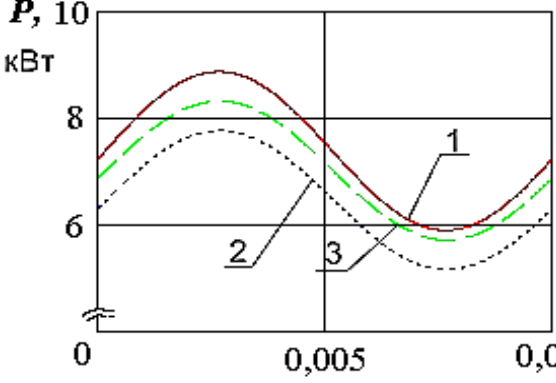
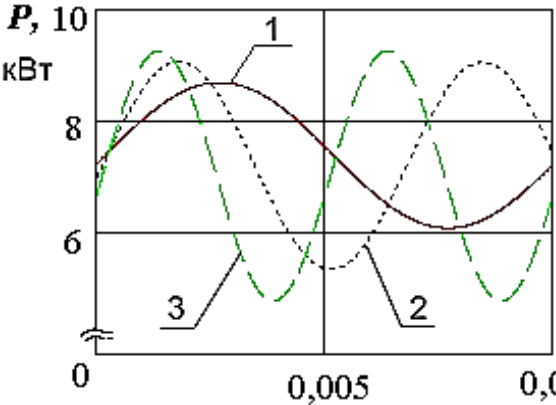
Досліджено вплив газовмісту РР, частоти пульсацій тиску РР, об'єму камери V_0 , яка розміщена на вході в гідроциліндр, на вихідні значення витрати, тиску РР в ГА живлення та потужності гідроциліндра. Найбільш типові результати досліджень наведено в табл. 1, де J_q і J_p інтегральні оцінки величин витрати та пульсацій тиску РР в ГА живлення відповідно.

Установлено, що на коливання потужності в поршневі камері гідроциліндра значно впливає газовміст та частота пульсацій тиску. При великих значеннях газовмісту та частоти пульсацій тиску РР в роботі виконавчих органів гідросистеми можуть виникнути ривки. Об'єм трубопроводів ГА живлення практично не впливає на його робочі характеристики.

Для порівняння точності розрахунку густини РР за уточненою формулою (2) та відомими залежностями, а також аналізу впливу газовмісту та параметрів пульсації РР в ГА живлення на її зміни проведено аналітичні дослідження ГА живлення механізму зміни вильоту стрілового крана (рис. 3).

Розрахунки робочих процесів проводили у пакеті Mathcad-13. Приймали, що РР однорідна, її густина $\rho_{\text{рр0}} = 900 \text{ кг/м}^3$; коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_t = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$; температура $T_a = 55 \text{ }^\circ\text{C}$; газовміст $z = 1,4 \%$; модуль об'ємної пружності $E_{\text{см}} = 1,35 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, а її об'єм в гідросистемі складає $V_p = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

Таблиця 1 – Результати досліджень робочих процесів у ГА живлення для гідросистеми механізму зміни вильоту стрілового крана

Параметр впливу	Параметр, що досліджується (потужність ГА живлення)	Інтегральна оцінка, %
Газовміст в РР, z	 <p>1 – при $z = 3\%$; 2 – при $z = 5\%$; 3 – при $z = 7\%$;</p>	$J_p = 5,3$; $J_p = 22$; $J_q = 0,3$
Частота пульсацій витрати РР, f	 <p>1 – $f = 100$ Гц; 2 – $f = 150$ Гц; 3 – $f = 200$ Гц</p>	$J_p = 5,2$; $J_p = 18$; $J_q = 0,14$

Густина повітря $\rho_{r0} = 1,297$ кг/м³. При розрахунку задавали початкові і граничні умови та витрату на виході з об'ємного насоса, яка становила $q_n = 3,3 \cdot 10^{-4}$ м³/с. Пульсація витрати РР на виході з об'ємного насоса моделювалася напівсинусоїдами, як найбільш наближених до вигляду реальних пульсацій, та становила 5 % від усталеного значення, а частота пульсацій витрати $f = 50$ Гц. При розрахунках вважали, що підсмоктування повітря не відбувається. Результати досліджень наведені на рис. 4.

При зміні тиску на окремих ділянках ГА живлення (рис. 3) відбувається зміна об'єму розчиненого повітря в РР, яке переходить в нерозчинене. При чому, найбільше виділення повітря з РР відбувається за диспергуючим пристроєм, де значення тиску менше атмосферного. Це приводить до зміни модуля об'ємної пружності та густини РР на окремих ділянках ГА живлення.

Оцінку розбіжності значень об'єму нерозчиненого повітря, модуля об'ємної пружності та густини РР проводили за відносною інтегральною оцінкою. Незначні зміни вмісту нерозчиненого повітря в РР приводять до значної зміни модуля об'ємної пружності. Таким чином урахування зміни модуля об'ємної пружності та густини РР за уточненими залежностями (1) і (2) дозволяє підвищити точність розрахунків робочих процесів у ГА живлення.

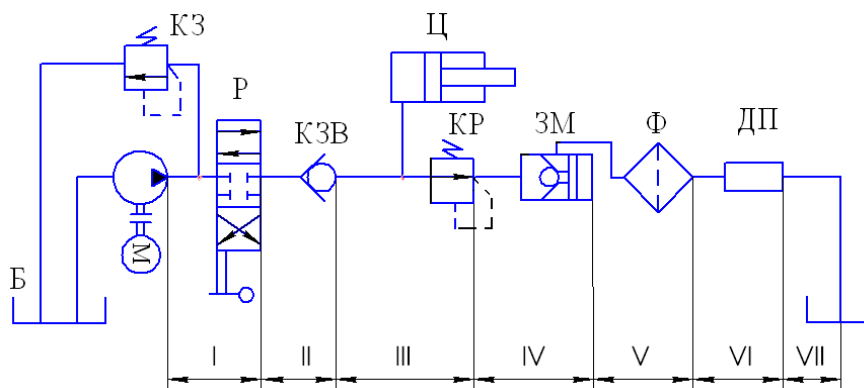


Рисунок 3 – Гідравлічна схема ГА живлення механізму зміни вильоту стрілового крана: Б – бак; КЗ – клапан запобіжний; Р – гідророзподільник; КЗВ – клапан зворотній; КР – клапан редуційний; Ц – гідроциліндр; ЗМ – гідрозамок; ДП – диспергуючий пристрій; Ф – фільтр

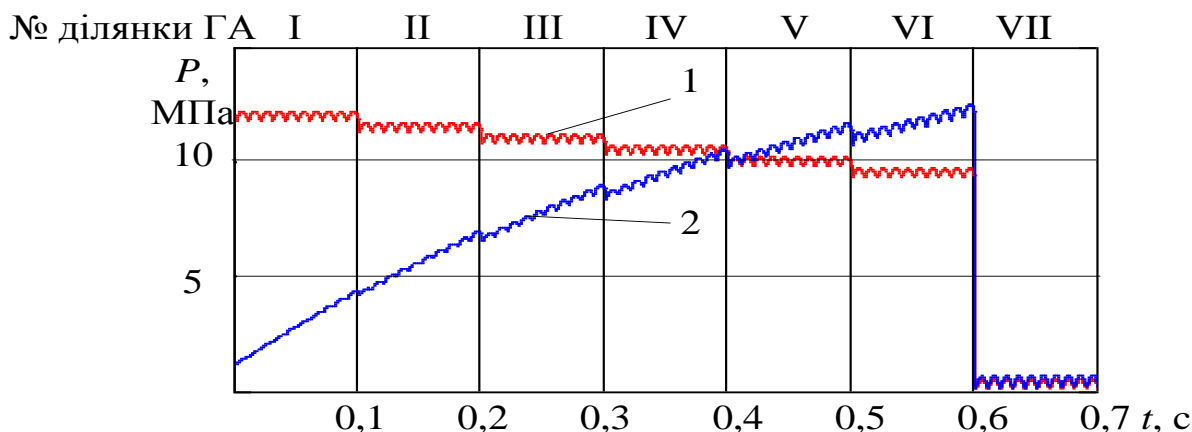


Рисунок 4 – Зміна тиску на ділянках ГА та гідросистеми механізму зміни вильоту стрілового крана при різних режимах: 1 – усталений; 2 – перехідний

Дослідження динамічних характеристик гідросистеми механізму зміни вильоту стрілового крана проводили за графіками перехідних процесів переміщення та швидкості штока гідроциліндра, зміни тиску в гідросистемі (рис. 3), витрати через запобіжний клапан. Моделювали перехідні процеси в гідросистемі з запобіжним клапаном із гідравлічною осциляцією та без неї. За результатами розрахунку встановлено, що використання осциляції в запобіжному клапані дозволяє підвищити чутливість клапана до зміни тиску в гідросистемі, отримати стабільну швидкість переміщення штока гідроциліндра.

У **третьому розділі** наведено результати експериментальних досліджень, описано експериментальну установку (рис. 5), методики проведення і обробки результатів досліджень ГА живлення у складі гідросистеми. При плануванні експерименту, використовували рототабельний план другого порядку. Одночасно вимірювали частоту обертання вала гідромотора за допомогою датчика частоти обертання, тиск у гідросистемі та витрату на виході з гідромотора. Змінювали об'ємну витрату повітря, що надходить на вхід насоса ГА живлення, перепад тиску на гідромоторі та навантаження на його валу, за допомогою дискового гальма, який приводиться до дії від гідроциліндра.



Рисунок 5 – Загальний вигляд експериментального стенда ГА живлення

За результатами експериментів отримали осцилограми тиску на вході гідромотора, навантаження та частоти обертання валу гідромотора при різному газовмісті РР, деякі з яких наведено на рис. 6.

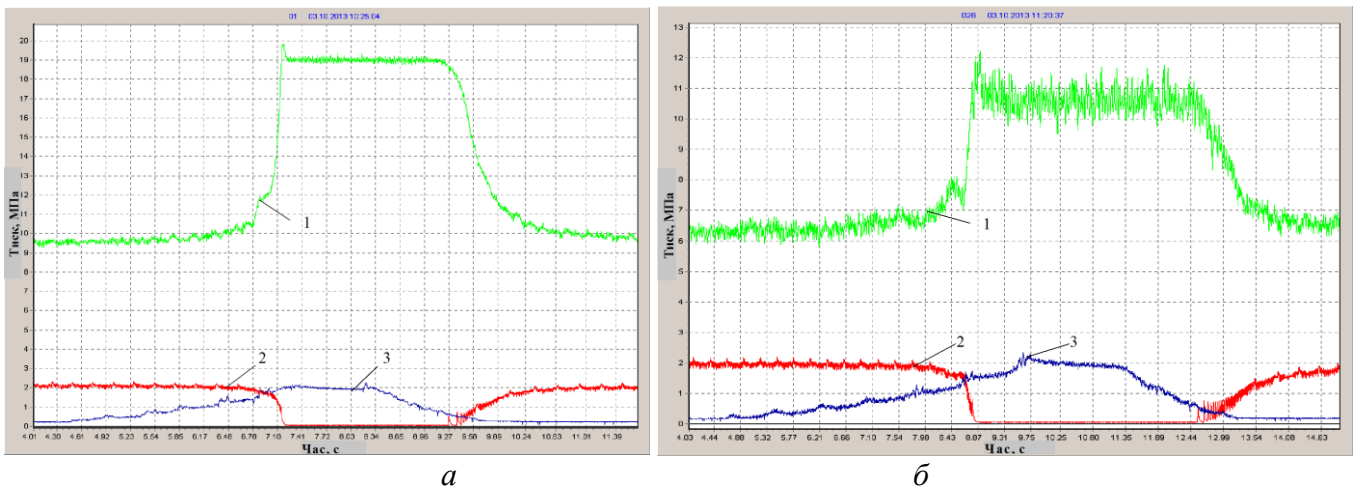


Рисунок 6 – Осцилограми: 1 – тиск перед гідромотором; 2 – частота обертання; 3 – навантаження на валу гідромотора: *a* – при початковому газовмісті РР; *б* – при газовмісті РР $z = 20\%$

За результатами обробки даних експериментальних досліджень методом руху за градієнтом, отримали аналітичну залежність частоти обертання валу гідромотора від перепаду тиску на ньому, моменту на його валу та газовмісту РР

$$n_m = -7,325 - 1,98p_m - 0,002z + 0,68M + 0,004p_m z + 0,26p_m M - 0,003zM + 3p_m^2 + 0,002z^2 + 0,236M^2, \quad (9)$$

де p_m – тиск на гідромоторі, кгс/см²; z – газовміст в РР, %; M – момент на валу гідромотора, Н·м.

Експериментальним шляхом встановлено, що наявність в РР до 10 % нерозчиненого повітря практично не впливає на рівень шуму ГА живлення гідросистеми з виконавчим механізмом гідромотором. Відносна середня квадратична похибка при вимірюванні становила: нестационарного тиску – 3,2%, витрати – 1,9%, частоти обертання валу гідромотора – 2,3 %, навантаження на

гідромоторі – 1,6 %, газовмісту РР – 4%. Причому, з ймовірністю 0,95 можна стверджувати, що значення вимірюваних величин знаходились у довірчому інтервалі, при якому максимальне відхилення від їх середнього вимірюваного значення не більше: для тиску – 6%; витрати РР – 4,5%; частоти обертання вала гідромотора – 4,7%; навантаження на гідромоторі – 5%; газовмісту РР – 5,5%.

У четвертому розділі наведено методику розрахунку впливу робочих параметрів, схемних рішень та компоновань ГА живлення малої потужності для гідросистем на його тепловий режим, надійність, економічну ефективність, робочі процеси та проектування. Одним із її етапів є інтегральна методика розрахунку теплового режиму об'ємного ГА. Відмінною особливістю якої є врахування змінних параметрів РР (газовміст, пульсація тиску) в аналітичній залежності при визначенні потужності ГА. З урахуванням циклічності роботи машини визначали середнє значення тиску, витрати в ГА живлення та кількість виділеного тепла через поверхні гідравлічного баку, трубопроводів і гідроапаратів при різному типі компоновання.

Розрахункові дослідження проведені для ГА живлення механізму зміни вильоту стрілового крана дозволили встановити, що: врахування різного розташування гідравлічних елементів у одному й тому ж ГА живлення дає до 25% розбіжності результатів розрахунків об'єму гідравлічного баку і теплового розрахунку. Кількість тепла, що виділяється з такого ГА і об'єм гідравлічного баку суттєво залежать від газовмісту РР, а пульсації витрати (тиску) РР на них практично не впливають. Доведено, що раціональною формою гідравлічного баку є куб із рівними довжинами сторін. Розроблена методика дозволяє підвищити точність розрахунків кількості тепла, яке виділилося ГА живлення до 7,4% і об'єму гідравлічного баку на 11%.

Для встановлення втрат тиску в диспергуючому пристрої в програмному комплексі COSMOSFloWorks на базі САПР Solid Works 2008 моделювали повздовж нього розподіл тиску та лінії току (рис. 7). За результатами моделювання встановлено, значні втрати тиску в диспергуючому пристрої відбуваються в місці виходу РР з сопла біля на ковальні, раціональний вибір форми проточної частини в цьому місці дозволить зменшити втрати тиску на ньому.

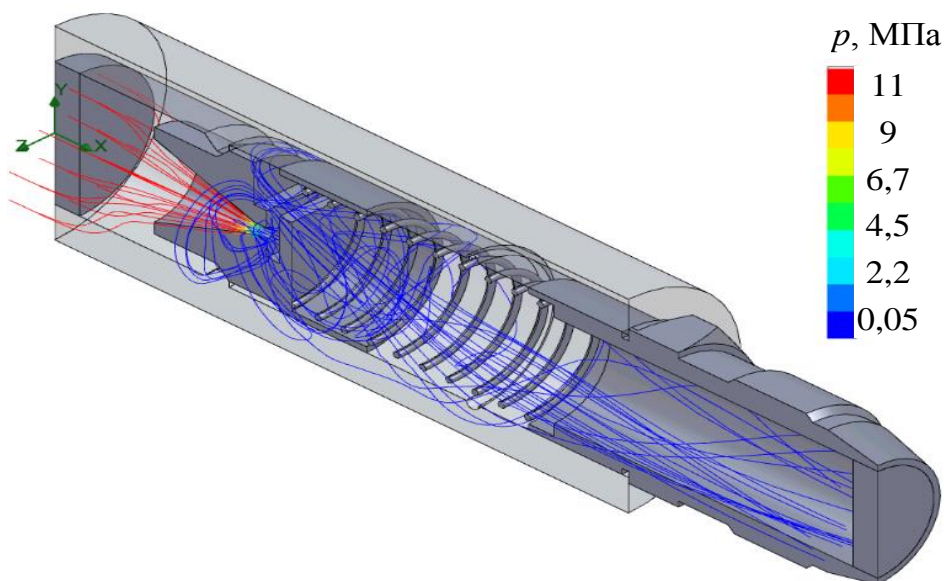


Рисунок 7 – Лінії току РР в диспергуючому пристрої

Проаналізовано вплив показників надійності ГА живлення на його економічну ефективність. Установлено, що загальні збитки від відмов ГА живлення, у залежності від типу насоса, типу гідроапаратів, складають 40 ... 51 % від вартості усієї гідравлічної системи за рік. Найбільші збитки припадають на експлуатаційні витрати, які становлять 26 ... 32 % від вартості гідравлічної системи за рік. Найбільш надійний ГА живлення з шестеренним насосом.

Для вибору раціональних робочих параметрів ГА живлення та стандартної гідроапаратури для його реалізації, проводили його оптимізацію. У якості об'єкта оптимізації розглядали ГА живлення гідросистеми механізму зміни вильоту стрілового крана, який містить один із типів насосів – шестеренний, пластинчастий чи аксіально-поршневий. У якості функції мети обрано узагальнений показник, який враховує відносні вартість, ККД, масу, компактність, надійність, рівень шуму та кількість тепла, що виділяється з ГА живлення малої потужності для гідросистем з тенденцією до мінімізації цих параметрів. Параметри ранжували за допомогою коефіцієнтів вагомості кожного з параметрів, які визначалися за допомогою методу експертних оцінок. Оптимізацію проводили методом узагальненого критерію, який визначали за залежністю

$$\bar{k}_{уз} = \alpha_1 \bar{k}_ц + \alpha_2 \bar{k}_\eta + \alpha_3 \bar{k}_v + \alpha_4 \bar{k}_m + \alpha_5 \bar{k}_\theta + \alpha_6 \bar{k}_{\tilde{P}} + \alpha_7 \bar{k}_L \rightarrow \min, \quad (10)$$

де $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha_7$ – коефіцієнти, що визначають ступінь вагомості кожного критерію; $\bar{k}_ц = (Ц_{га} + Ц_{н} + Ц_{б} + Ц_{тр}) / Ц_{н}^{\min}$ – критерій відносної вартості ГА живлення, де $Ц_{н}$ і $Ц_{н}^{\min}$ – відповідно вартість і мінімальна вартість насоса; $Ц_{га}$ – вартість гідроапаратури; $Ц_{б}$ – вартість баку; $Ц_{тр}$ – вартість трубопроводів та з'єднувальних елементів; $\bar{k}_\eta = \eta_{гаж}^{\min} / \eta_{гаж}$ – критерій відносного ККД ГА живлення, де $\eta_{гаж}$ і $\eta_{гаж}^{\min}$ – відповідно ККД і мінімальний ККД ГА живлення; $\bar{k}_v = V_{гаж} / V_{гаж}^{\min}$ – критерій компактності, де $V_{гаж}$ і $V_{гаж}^{\min}$ – відповідно об'єм і мінімальний об'єм ГА живлення; $\bar{k}_m = m_{гаж} / m_{гаж}^{\min}$ – критерій відносної маси ГА живлення, де $m_{гаж}$ і $m_{гаж}^{\min}$ – відповідно маса і мінімальна маса ГА живлення; $\bar{k}_\theta = \Theta / P_{пот}$ – критерій відносного тепловиділення з ГА живлення, де Θ – кількість тепла, яке виділяється з ГА живлення; $P_{пот}$ – потужність, яка споживається насосом ГА живлення; $P_{пот} = P_{н.е} / \eta_o$, $P_{н.е}$ – ефективна потужність насоса ГА живлення; η_o – об'ємний ККД насоса ГА живлення; $\bar{k}_{\tilde{P}} = \tilde{P}_{гаж}^{\min} / \tilde{P}_{гаж}$ – критерій відносної надійності ГА живлення, де $\tilde{P}_{гаж}$ і $\tilde{P}_{гаж}^{\min}$ – відповідно імовірність безвідмовної роботи ГА живлення і її мінімальне значення; $\bar{k}_L = L_{гаж} / L_{гаж}^{\min}$ – критерій відносного рівня шуму ГА живлення, де $L_{гаж}$ і $L_{гаж}^{\min}$ – відповідно рівень і найменший рівень шуму ГА живлення.

Функціональні та параметричні обмеження визначалися робочими характеристиками та вартістю стандартних гідравлічних елементів і пристроїв. У якості варійованих параметрів обирали діаметр умовного проходу гідроапаратів і трубопроводів, тиск та витрату ГА живлення, його надійність та вартість. Вихідними даними для проведення оптимізації були параметри РР, потужність та

об'єм гідравлічного баку ГА живлення. При проведенні оптимізації вважали, що значення потужності (витрати та тиску РР) є заданими.

На першому етапі проводиться локальна оптимізація за кожним критерієм окремо з побудовою компромісних кривих. Установлено, що серед тих типів, які розглядалися саму низьку вартість мають ГА живлення з шестеренним насосом, найменшу масу – ГА живлення з пластинчастим насосом. Найбільше значення критерію відносної вартості має ГА живлення з пластинчастим насосом потужністю $P = 33$ кВт. Критерій компактності в значній мірі залежить від потужності та типу насоса. Критерій відносної маси ГА живлення з шестеренним і пластинчастим насосами практично співпадають. Найбільше значення критерію відносного тепловиділення має ГА живлення з аксіально-поршневим насосом потужністю $P = 33$ кВт, а найменше – ГА живлення з пластинчастим насосом потужністю $P = 3,3$ кВт. Менше всього на критерій відносної вартості ГА живлення впливає критерій його відносного ККД.

Знаходження оптимальних параметрів ГА живлення проводиться у відповідності до методу узагальненого критерію. Результати оптимізації (рис. 8) показали, що з точки зору відносної вартості, найбільш перспективним схемним рішенням є ГА живлення з шестеренним насосом потужністю $P \geq 3,3$ кВт. Монтаж гідравлічних елементів повинен бути модульним для зменшення рівня шуму, насос краще розміщувати всередині баку, газовміст РР не повинен перевищувати 15 %.

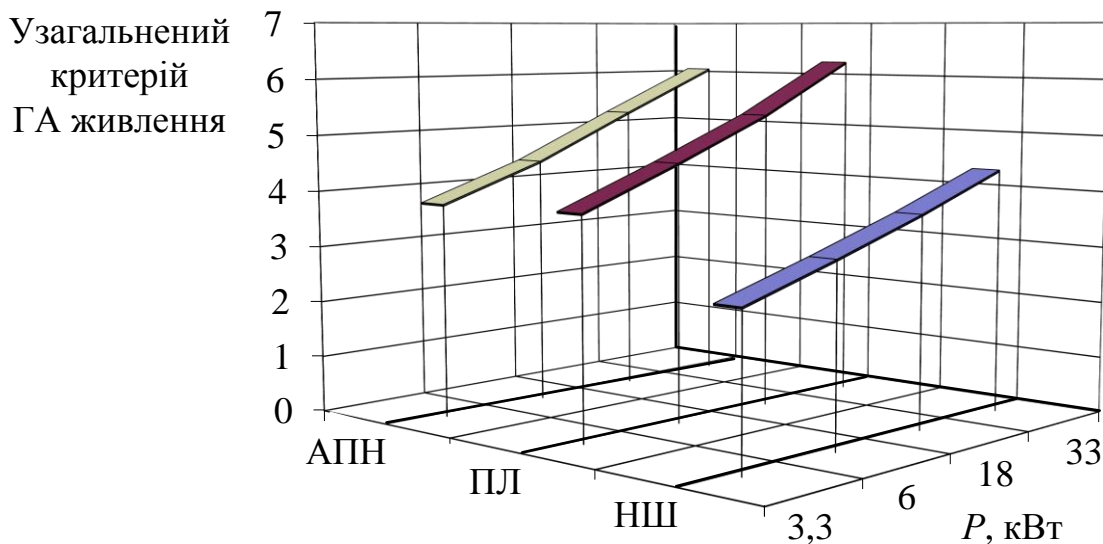


Рисунок 8 – Узагальнений критерій ГА живлення у залежності від величини потужності та типу насоса: НШ – ГА живлення з шестеренним насосом; ПЛ – ГА живлення з пластинчастим насосом; АП – ГА живлення з аксіально-поршневим насосом

Розрахунковим шляхом встановлено, що зведений індекс показника технічного рівня розробленого ГА живлення становить 0,978, тобто відповідає вищій категорії якості. Конкурентоспроможність розробленого ГА живлення становить 1,14, тобто розроблений ГА за показниками технічного рівня перевищує ГА живлення-аналог.

Розроблено комплекс програм і інженерну методику розрахунку та проектування ГА живлення, яка суттєво доповнює існуючі.

ВИСНОВКИ

У дисертації розв'язана науково-практична задача – поліпшення характеристик ГА живлення гідросистем малої потужності за рахунок удосконалення його схемних рішень, методів розрахунку, визначення раціональних конструктивних параметрів та параметрів робочого процесу, що дозволило більш ніж на 20 % зменшити його собівартість та на 14 % підвищити конкурентоспроможність. Основні наукові та практичні результати і висновки роботи полягають у наступному:

1. Отримала подальший розвиток методологія проектування ГА живлення високого технічного рівня з використанням його ієрархічної моделі, яка базується на його декомпозиції з встановленням внутрішніх та міжрівневих зв'язків по значенням критеріальних показників технічного рівня.

2. Створена узагальнена математична модель робочого процесу ГА живлення малої потужності, на базі якої розроблено нелінійну математичну модель робочого процесу ГА живлення та його структурних елементів у складі гідросистеми механізму зміни вильоту стрілового крана, яка комплексно враховує: нестационарність робочих процесів, змінних в часі стисливості та газовмісту РР, нелінійність сил тертя. Їх використання дозволяє більш докладно визначити вплив конструктивних і робочих параметрів ГА живлення на його характеристики, провести їх раціональний вибір та його синтез.

3. Уточнені аналітичні залежності для розрахунку модуля об'ємної пружності та густини РР у залежності від змінного в часі тиску в ГА живлення та процентного вмісту повітря в РР, врахування яких дозволяє підвищити точність розрахунків гідродинамічних процесів у ГА. Інтегральна оцінка зміни величини модуля об'ємної пружності РР становить 9,5 % при перехідному процесі та 5,5 % при усталеному. Інтегральна оцінка величини густини РР в залежності від змінного в часі тиску близька до 10 %.

4. Розроблено інтегральну методику розрахунку теплового режиму об'ємного ГА, яка комплексно, у порівнянні з відомими, враховує перемінні в часі параметри РР, її газовміст і пульсацію тиску та розташування елементів, що дозволяє підвищити точність розрахунків кількості тепла, яке виділилося з ГА живлення на 7,4 % і об'єму гідравлічного баку на 11 %.

5. Виявлені наступні особливості робочого процесу ГА живлення:

– пульсації тиску РР на кількість тепла, що виділяється з ГА, і об'єм гідравлічного баку практично не впливають. Кількість тепла, що виділяється з ГА, і об'єм гідравлічного баку суттєво залежать від газовмісту РР. Раціональною формою гідравлічного баку є куб із рівними довжинами сторін;

– урахування різного розташування гідравлічних елементів в одному й тому ж ГА живлення дає до 25 % розбіжності результатів розрахунків об'єму гідравлічного баку і теплового розрахунку;

– значні втрати тиску в диспергуючому пристрої відбуваються в місці виходу РР з сопла та в каналах відводу, раціональний вибір форми яких дозволить

зменшити втрати тиску в ньому.

6. Розроблено схемне рішення ГА живлення малої потужності, що дозволяє підвищити точність підтримування тиску на виході з ГА, показники його технічного рівня, ефективність функціонування та розширити область застосування. Схемне рішення такого ГА живлення захищене патентом України на корисну модель.

7. Експериментальним шляхом встановлено вплив тиску, газовмісту РР і навантаження на гідромоторі на частоту обертання його вихідного вала. Отримано аналітичну залежність для розрахунку частоти обертання вихідного вала гідромотора від вказаних вище параметрів. Зіставлення результатів розрахунків із експериментом показало, що похибка не перевищує 4,7 %.

Установлено, що наявність в РР до 10 % нерозчиненого повітря практично не впливає на рівень шуму ГА.

8. Розроблено комплекс програм, критеріальні показники, інженерну методику розрахунку та проектування ГА живлення малої потужності, включаючи оптимізацію параметрів, яка базується на запропонованих ієрархічній моделі та критеріях ефективності, дозволяє прискорити створення та впровадження нових і модернізованих зразків ГА живлення для забезпечення його ефективного функціонування у складі гідросистеми.

9. Розроблені наукові положення та отримані результати дозволяють у подальшому створювати математичні моделі та досліджувати робочі процеси, стосовно ГА живлення технологічних машин різних типів, які з конструктивної, технологічної та інформаційної точки зору мають ряд спільних ознак із розробленим ГА живлення, що дозволяє скоротити час їх проектування.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в ТОВ “Промгідропривод” (м. Харків) та в навчальний процес НТУ “ХП”.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Панамарьова О.Б. Вибір перспективного схемного рішення гідроагрегату живлення / П.М. Андренко, В.В. Клітної, О.Б. Панамарьова // Вісник НТУ “ХП”. – Харків: НТУ “ХП”. – 2006. – № 27. – С 122–128. *Здобувачем проведено аналіз ГА живлення за конструктивними та робочими параметрами, аналіз результатів та формулювання висновків.*

2. Панамарьова О.Б. Математична модель малогабаритного гідроагрегату живлення / П.М. Андренко, В.В. Клітної, О.Б. Панамарьова // Вісник СХУ ім. В. Даля. – Луганськ: СХУ ім. Даля. – 2007. – № 3(109). Ч. 2. – С. 13–17. *Здобувач брав участь у розробленні математичної моделі та дослідженні робочого процесу ГА живлення.*

3. Панамарьова О.Б. Дослідження динамічних характеристик гідроагрегату живлення / П.М. Андренко, В.В. Клітної, О.Б. Панамарьова // Вісник ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ. – 2007. – Вип. 38. – С. 221–224. *Здобувач брав участь у розрахункових дослідженнях динамічних характеристик ГА живлення, аналізі результатів та формулюванні висновків.*

4. Панамарьова О.Б. Математична модель підйомного механізму стрілового крана з автоматичним регулятором швидкості / О.Б. Панамарьова // Вісник НТУ “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2008. – № 4. – С. 46–52.
5. Панамарьова О.Б. Надійність гідросистеми підйомного механізму стрілового крана з автоматичним регулятором швидкості та її вплив на економічну ефективність / О.Б. Панамарьова // Вісник НТУ “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2008. – № 23. – С. 32–42.
6. Панамарьова О.Б. Вибір критеріїв для оцінки показників технічного рівня насосного гідроагрегату / О.Б. Панамарьова // Вісник НТУ “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2009. – № 2. – С. 83–91.
7. Панамарьова О.Б. Підвищення ефективності гідроагрегату живлення гідросистем, шляхом удосконалення його схеми / О.Б. Панамарьова // Вісник НТУ “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2009. – № 37. – С. 62–65.
8. Панамарьова О.Б. Визначення параметрів робочої рідини в процесі функціонування об’ємного гідроагрегату / П.М. Андренко, О.Б. Панамарьова // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВДАУ. – 2011. №1 (31). – С. 99–102. *Здобувач приймав участь у дослідженнях впливу параметрів РР на робочі характеристики ГА живлення, на підставі аналізу результатів сформульовані висновки.*
9. Панамарьова О.Б. Узагальнений критерій для оцінки показників технічного рівня гідроагрегату живлення гідросистем / О.Б. Панамарьова // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2011. – №2. – С. 34–42.
10. Панамарьова О.Б. Порівняння результатів теплового розрахунку об’ємного гідроагрегату, проведеного за різними методиками / З.Я. Лур’є, П.М. Андренко, О.Б. Панамарьова // Наукові праці ДонНТУ. Серія: гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ. – 2011. – Вип. 22 (195). – С. 155–167. *Здобувачем проведено аналіз теплового розрахунку ГА.*
11. Панамарьова О.Б. Узагальнена методика розрахунку та проектування гідроагрегату живлення гідросистем / О.Б. Панамарьова // Вісник НТУ “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2012. – №2. – С. 189–193.
12. Панамарьова О.Б. Інтегральна методика теплового розрахунку об’ємного гідроагрегату / З.Я. Лур’є, П.М. Андренко, О.Б. Панамарьова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2012. – Вип. 12. – Т. 3. – С. 3–14. *Здобувач брав участь у розробленні методики теплового розрахунку та рекомендацій, щодо компонування ГА живлення.*
13. Панамарьова О. Исследование волновых процессов в гидроагрегате питания гидросистем / П. Андренко, О. Панамарёва // MOTROL: Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. – 2012. – Vol. 14. – No 1. – P. 3–9. *Здобувач брав участь у розробленні математичної моделі, розрахункових дослідженнях, аналізі результатів і формулюванні висновків.*
14. Пат. 47037 Україна, МПК F15B 9/00. Гідроагрегат живлення гідросистем / П.Н. Андренко, В.В. Клітної, О.Б. Панамарьова; заявник і патентовласник

Андренко П.Н., Клітної В.В., Панамарьова О.Б. – № у 2009 08569; заяв. 14.08.2009; опубл. 11.01.10, Бюл. № 1. *Здобувач брав участь у розробленні ГА живлення для гідросистем.*

15. Панамарьова О.Б. Вплив протитиску в гідроагрегаті живлення гідросистем на його динамічні характеристики / П.М. Андренко, О.Б. Панамарьова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVIII міжнар. наук.-прак. конф., – 12–14 трав. 2010 р.: тези доп. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2010. – С. 108. *Здобувач брав участь у розрахункових дослідженнях впливу протитиску в ГА живлення на його динамічні характеристики, на підставі аналізу результатів формульовані висновки.*

16. Панамарьова О.Б. Удосконалений малогабаритний гідроагрегат живлення / П.М. Андренко, О.Б. Панамарьова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVIII міжнар. наук.-прак. конф., – 1–3 черв. 2011 р.: тези доп. Ч. 1 – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2011. – С. 86. *Здобувачем запропоновано конструктивне рішення ГА живлення.*

17. Панамарьова О.Б. Хвильові процеси в гідроагрегаті живлення гідросистем / П.М. Андренко, О.Б. Панамарьова // Гідроаеромеханіка в інженерній практиці: XVII міжнар. наук.-прак. конф., – 17–20 квіт. 2012 р.: тези доп. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чернобиля. – 2012. – С. 100. *Здобувач брав участь у розробленні математичної моделі робочого процесу ГА живлення та дослідженні в ньому хвильових процесів.*

18. Панамарьова О.Б. Оцінка показників технічного рівня гідроагрегату живлення гідросистем за допомогою узагальненого критерію / П.М. Андренко, В.В. Клітної, О.Б. Панамарьова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVIII міжнар. наук.-прак. конф., – 15–17 трав. 2012 р.: тези доп. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2012. – С. 88. *Здобувачем запропоновано узагальнений критерій для оцінки технічного рівня ГА.*

19. Панамарьова О.Б. Поліпшення характеристик малогабаритних гідроагрегатів живлення гідросистем шляхом визначення їх раціональних параметрів / О.Б. Панамарьова // АС ППІ “Промислова гідравліка і пневматика”: XIII міжнар. наук.-техн. конф. – 19–20 верес. 2012р.: тези доп. – Чернігів. – 2012. – С. 65.

20. Панамарьова О.Б. Оцінка показників технічного рівня гідроагрегатів живлення / І.П. Гречка, О.Б. Панамарьова, В.В. Клітної // Гідроаеромеханіка в інженерній практиці: XVIII міжнар. наук.-техн. конф., – 21–24 трав. 2013 р.: тези доп. – Київ: НТУУ “КПІ”. – 2013. – С. 76–77. *Здобувач брав участь у виборенні показників технічного рівня ГА живлення, розрахункових дослідженнях, аналізі результатів і формулюванні висновків.*

21. Панамарьова О.Б. Експериментальний стенд для дослідження робочих характеристик гідроагрегату живлення гідросистем / О.Б. Панамарьова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVIII міжнар. наук.-прак. конф. – 29–31 травня. 2013 р.: тези доп. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2013. – Ч.1. – С. 143.

АНОТАЦІЇ

Панамарьова О.Б. Поліпшення характеристик гідроагрегатів живлення малої потужності для гідросистем шляхом визначення їх раціональних параметрів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2014.

Дисертація присвячена теоретичним та експериментальним дослідженням, спрямованим на підвищення технічного рівня гідроагрегатів живлення малої потужності для гідросистем. Розроблено схемне рішення гідроагрегату живлення, узагальнена нелінійна математична модель його робочого процесу. Уточнені аналітичні залежності для розрахунку густини робочої рідини та модуля об’ємної пружності, які враховують нестационарність гідродинамічних процесів. Визначено взаємозв’язок між складом гідроагрегату живлення, його характеристиками та собівартістю. Розроблені: інтегральна методика теплового розрахунку об’ємного гідроагрегату, яка комплексно враховує перемінні в часі параметри робочої рідини, її газовміст, пульсацію тиску та розташування елементів, а також методика розрахунку та проектування гідроагрегату живлення, на основі оптимізації собівартості і робочих параметрів. Результати роботи впроваджено у ТОВ “Промгідропривод” і використовуються в навчальному процесі НТУ «ХПІ».

Ключові слова: гідроагрегат живлення, робочі характеристики, робоча рідина, газовміст, тепловий розрахунок.

Панамарёва О.Б. Улучшение характеристик гидроагрегатов питания малой мощности для гидросистем путем расчета их рациональных параметров. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.17 – гидравлические машины и гидропневмоагрегаты. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2014.

Диссертация посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям, направленным на повышение технического уровня гидроагрегата питания малой мощности. Разработано схемное решение перспективного гидроагрегата питания и обобщенная математическая модель его рабочего процесса, на основе предложенной иерархической модели по морфологическому признаку. Уточнены математические зависимости для расчета модуля объемной упругости и плотности рабочей жидкости, учитывающие нестационарность гидродинамических процессов.

При математическом моделировании рабочих процессов в гидроагрегате питания гидросистемы механизма изменения вылета стрелового крана установлено, что интегральная оценка изменения величины модуля объемной упругости рабочей жидкости составляет 9,5 % при переходном процессе и 5,5 % при установившемся, а плотности – около 10 %. Проведено исследование волновых процессов.

Разработана интегральная методика теплового расчета объемного гидроагрегата питания, использование которой позволяет повысить точность расчетов количества выделившегося из него тепла на 7,4 % и объема гидравлического бака до 11 %. Впервые оценено влияние расположения элементов гидроагрегата питания на величину тепловыделения из него.

Экспериментальным путем исследовано влияние давления, газосодержания рабочей жидкости и нагрузки на исполнительном гидромоторе на частоту вращения его выходного вала. Получена новая аналитическая зависимость для определения частоты вращения выходного вала гидромотора в зависимости от указанных выше факторов. Разработана методика расчета и проектирования гидроагрегата питания, включая и оптимизацию параметров. Установлено, что разработанный гидроагрегат питания по показателям технического уровня превышает гидроагрегат питания-аналог, его конкурентоспособность составляет 1,144. Обоснована экономическая эффективность его внедрения в производство. Результаты работы внедрены на ООО "Промгидропривод" и используются в учебном процессе.

Ключевые слова: гидроагрегат питания, рабочие характеристики, рабочий процесс, рабочая жидкость, газосодержание, тепловой расчет.

Panamariova O.B. Improving the characteristic of hydraulic power unit low power for hydraulic systems by defining their rational parameters. – Manuscript .

The thesis for receiving candidate degree of technical sciences of a specialty 05.05.17 – hydraulic machines and hydropneumatic units. – National technical university "Kharkiv polytechnic institute", Kharkiv, 2014.

The thesis is devoted to theoretical and experimental studies aimed at improving the technical level of hydraulic power unit low-power for hydraulic systems. A schema of hydraulic power unit, generalized nonlinear mathematical model of its workflow was developed. The analytical expressions for calculation: fluid density and bulk modulus of elasticity, taking into account nonstationary hydrodynamic processes was refined. The interrelation between the composition of hydraulic power unit, its characteristics and cost. Developed: an integrated method of calculating the thermal mode hydraulic power unit, which takes into account the variable in time parameters of the fluid, content gas on her, pulsation of pressure, arrangement of hydraulic elements and methods of calculation and design of hydraulic power unit, optimization based on cost and performance parameters . The results introduced in Ltd " Promgidroprivod " and used for educational purposes NTU "KhPI".

Keywords: hydraulic power unit, working characteristics, workflow, working fluid, content of gas, thermal calculation.

Підписано до друку 15.01.2014 р. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Папір офсетний. Друк – різнографія. Умовн. друк. арк. 0,9.
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Зам. № 250

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ» ФО-П Миронов М.В.,
Свідоцтво ВО 4 № 022953 від 24.04.2003 р.
61002, м. Харків, вул. Червонопрапорна, 3