

УДК 622.242

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ БУРОВИХ ЛЕБІДОК

С.І.Криштопа, Л.І.Криштопа

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15  
e-mail: public@nung.edu.ua

*Представлено исследование одного с перспективных направлений повышения эффективности работы буровых установок за счет автоматизации процессов торможения буровых лебедок на основе внедрения электрического привода тормозов и электронной системы управления. Доказана актуальность и сформулированы основные задачи проведенного исследования. Наведено устройство изготовленной лабораторной установки с электроприводом дискового тормозного механизма буровой лебедки и электронной системой управления процессом торможения. Представлены результаты экспериментальных исследований, сформулированы выводы и указаны направления последующих исследований.*

*The research of one of the perspective directions of rise of efficiency of drill units is represented at the expense of automation of processes of braking of drilling hoists on the basis of implantation of an electrical driving of brakes and electronic control system. The urgency is demonstrated and the primal problems of the held research are formulated. The device of manufactured laboratory installation electrically-actuated of disk brake gear of a drilling hoist and electronic control system of the process of braking is induced. The results of experimental researches are represented conclusions are formulated and the directions of the subsequent researches are indicated.*

Одним із перспективних напрямків зменшення витрат часу на виконання спуско-піднімальних операцій є автоматизація процесів гальмування під час спускання бурових колон на основі широкого впровадження електричних та електронних систем. У даний час провідні світові фірми з випуску нафтогазового обладнання інтенсивно працюють у напрямку автоматизації процесів гальмування [1, 2, 3].

Це, з одного боку, зумовлено тим, що електронні системи керування дозволяють оперативні контролювати параметри процесу гальмування і миттєво керувати процесом. Дослідження витрат часу під час буріння свердловин за умови ручного керування процесом гальмування та з допомогою електронних систем показали значну економію часу в останньому випадку [1, с. 35]. Це пов'язано з тим, що людина, за умови ручного керування процесом гальмування, не здатна забезпечити оптимальність цього процесу залежно від дії різних чинників (ваги бурової колони, температур поверхонь тертя гальмівних механізмів і ін.).

З другого боку, до недавнього часу електронні компоненти мали відносно високу вартість та недостатню надійність. Але, в даний час, ситуація в цьому плані різко покращилась. Бурові установки, які обладнані системами електронного керування забезпечують більшу безпеку виробничого процесу і меншу аварійність [1, с. 35].

Сучасні електронні системи керування процесом гальмування проектуються, в першу чергу, для роботи з дисковими гальмівними механізмами. Дискові гальмівні механізми мають перед традиційними стрічково-колодковими гальмами низку переваг:

– менші масу та габарити;

– менші зазори між дисками та колодками в незагальмованому стані (0,1...0,5 мм для дискових гальм та 2...4 мм для стрічково-колодкових гальм) та відповідно менший хід гальмівної колодки дають змогу підвищити швидкість і передавальне відношення гальмівного привода;

– більш рівномірне спрацювання фрикційних матеріалів, так як тиск по поверхні пари тертя диск-колодка розподіляється рівномірно;

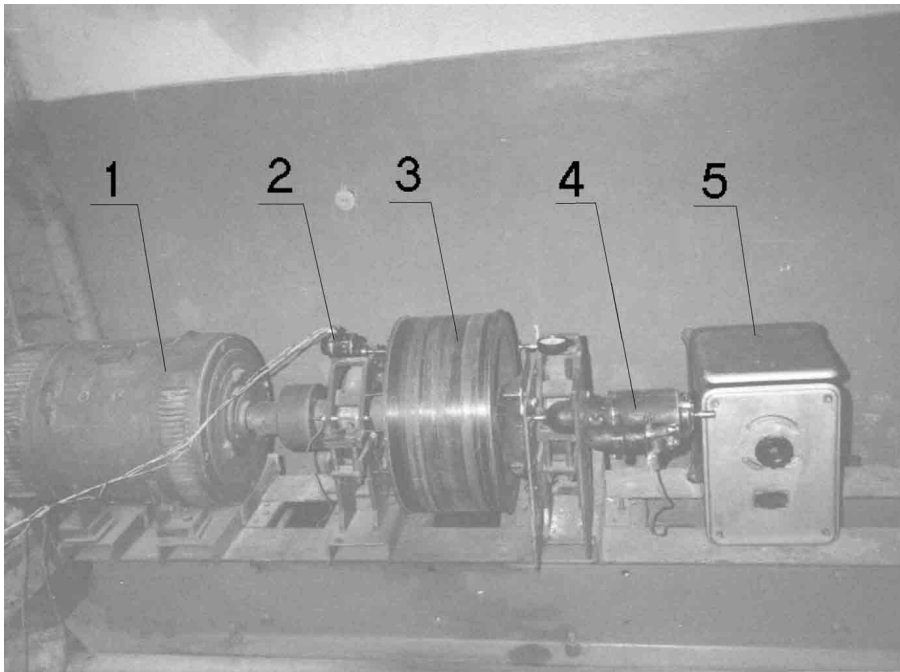
– більший гальмівний момент, який створюється за рахунок зрівноваження сил, що діють з боку колодок на диск;

– більшу стабільність гальмівного моменту, що розвивається на парах тертя;

– меншу шумність роботи, що дає можливість зробити умови роботи бурових бригад більш комфортними.

Найбільш важливою перевагою дискових гальм порівняно зі стрічково-колодковими є можливість забезпечення більш ефективного відведення тепла від поверхонь тертя, особливо у випадку використання вентильованих дискових механізмів.

За необхідності модернізації існуючих бурових установок розроблені електронні системи керування процесом гальмування можуть бути легко адаптовані до дискових гальмівних механізмів [1, с. 36]. Для модернізації гальмівних систем лебідок бурових установок з традиційними стрічково-колодковими гальмами фірми пропонують обладнання лебідок модулями з дисковими гальмівними механізмами та комплектом датчиків [1, с. 36]. Комплектація модулів може бути різною і залежить від класу бурової установки і вимог замовника.



1 – тяговий електродвигун; 2 – давач тахометра; 3 – дисковий гальмівний механізм;  
4 – гальмівний механізм з електроприводом; 5 – блок живлення електроприводом гальма

**Рисунок 1 – Загальна будова лабораторної моделі бурової лебідки з електроприводом гальмівного механізму**

Існуюче традиційне стрічково-колодкове гальмо, переважно, залишається працювати як дистанційно кероване аварійне гальмо [2, с. 25]. Керування гальмівною системою здійснюється з допомогою невеликої рукоятки типу „джойстика”. Крім основних гальм, електронні системи гальмування можуть керувати і допоміжними гідродинамічними гальмами [2, с. 26].

Але широкому використанню електронних систем керування заважає відсутність відповідних електричних виконуючих механізмів, оскільки безпосередньо керувати механічним, гідравлічним або пневматичним приводом комп'ютерні системи не можуть.

Тому, з метою використання досягнень сучасних електронних технологій для керування спуско-піднімальними операціями необхідно замість традиційних гальм з пневматичним або гідравлічним приводом використовувати гальма з електричним приводом. На сьогоднішній день в існуючих бурових установках електричні гальмівні пристрої використовуються тільки як допоміжні [3, с. 88] і тому для автоматизації процесів гальмування актуальним є завдання створення для бурових лебідок основних гальм з електроприводом.

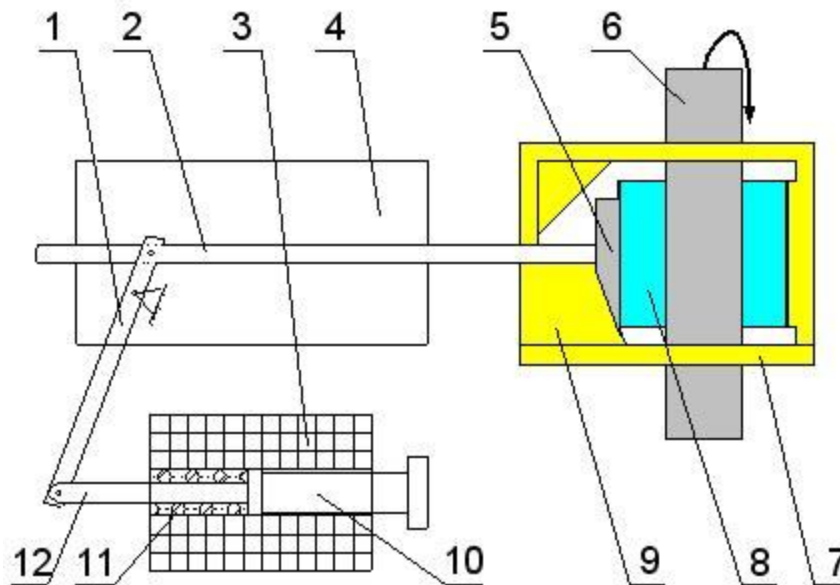
Для дослідження можливості практичного використання на лебідках бурових установок гальмівних систем з електроприводом на кафедрі нафтогазового технологічного транспорту і теплотехніки ІФНТУНГ була створена лабораторна модель бурової лебідки з електричним гальмівним приводом, електронною системою керування та дисковим гальмівним ме-

ханізмом. Для створення моделі були поставлені такі завдання:

- створити діючий механізм електроприводу гальма бурової лебідки;
- розробити і виготовити електронну схему керування механізмом електропривода.

Модель дискового гальма, як більш перспективна, була досліджена першою, але з невеликими змінами конструкції електропривода, розроблена гальмівна система може бути реалізована і для традиційного стрічково-колодкового гальма. Загальна будова створеної лабораторної моделі бурової лебідки з електроприводом гальма зображено на рис. 1.

Дослідна установка складається з тягового електричного двигуна 1, який створює навантаження на гальмівну систему; давач тахометра 2; дискового гальмівного механізму 3; механізму електропривода гальма 4; блока живлення електропривода гальма 5. Тяговий електродвигун 1 – постійного струму, призначений для створення крутного моменту на дисковому гальмівному механізмі 3. Регулювання крутного моменту здійснювалось зміною струму обмотки збудження електродвигуна 1. Для живлення механізму електропривода використовувався блок живлення 5, що складався з трифазного трансформатора, який знижував напругу з 380 до 20 В, та діодного моста для випрямлення змінного струму. Механізм електропривода гальма (рис. 2) реалізований в такому вигляді. Елементом, який натискає на гальмівну накладку, є шток електропривода 2, що знаходиться в корпусі електропривода 4. Цей шток, через важіль 1 з'єднаний зі штоком 12 втягувального реле 3 механізму електро-



1 – важіль; 2 – натискний шток електропривода; 3 – електромагнітне реле;  
4 – корпус електропривода; 5 – рухома колодка; 6 – гальмівний диск; 7 – супорт;  
8 – гальмівні накладки; 9 – нерухома колодка; 10 – якор електромагнітного реле;  
11 – відтягувальна пружина штока; 12 – шток втягувального електромагнітного реле

**Рисунок 2 – Схема розробленої конструкції дискового гальмівного механізму з електричним приводом**

привода. Шток 12 втягувального реле 3 виготовлений з немагнітного матеріалу (мідного стрижня). Система з двох штоків 2, 12 та важеля 1 використовуються для зменшення сили струму і потужності, яку споживає електропривод на заданій гальмівній силі (гальмівному моменті). Натискне зусилля механізму електропривода створювалось за рахунок втягування у реле 3 сталюого якоря 10 під час пропускання через обмотку реле струму. Під час вимикання струму переміщення штоків гальма у початкове положення і розгальмовування механізму відбувалось за рахунок дії пружини 11.

Використання гальмівних систем з електронною системою керування, електричним приводом та дисковими гальмівними механізмами дозволяє створити конструкції гальм з значно кращими порівняно з традиційними конструкціями, експлуатаційними показниками. Наприклад, можливо значно збільшити гальмівні моменти з одночасним зменшенням витрат потужності на привід гальмівних механізмів.

Будова однієї з перспективних конструкцій, яка була реалізована на практиці в механізмі електропривода, зображена на рис. 2. Гальмівний механізм складається з рухомої колодки 5, виготовленої у формі клинця, гальмівного диска 6, супорта 7, гальмівних накладок 8 та нерухомої колодки 9.

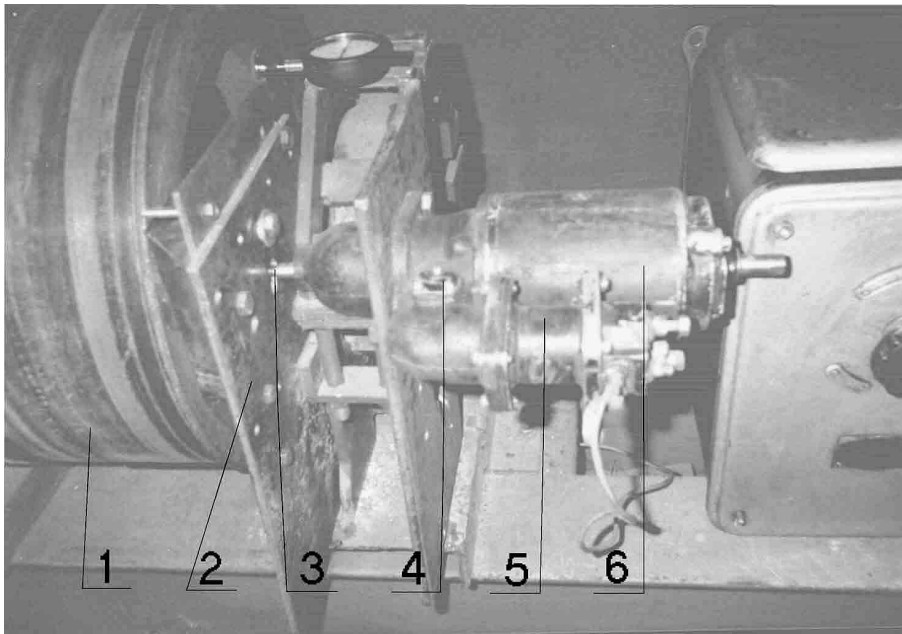
Принцип роботи конструкції полягає в тому, що шток гальмівного привода 2 натискає не безпосередньо на гальмівні накладки 8, а через проміжний клинець 5. Тому під час гальмування гальмівний диск 6, обертаючись,

захоплює та притискає сам до себе гальмівні накладки 8.

Фотографії створеного механізму електропривода та системи самопідсилення зображено на рис. 3, 4, 5.

Для керування стендом та контролю за його роботою лабораторна установка обладнана додатковим електричним тахометром з давачем 2 (рис. 1); регулятором струму обмотки збудження двигуна для регулювання крутного моменту на гальмівному механізмі 3 (рис. 6); амперметром 6 для контролю струму обмотки збудження тягового двигуна; амперметром 4 для визначення струму, що споживається електроприводом; вольтметром 5 для контролю напруги, що підводиться до електропривода; амперметром 10 для визначення струму, що споживається тяговим двигуном; вольтметром 11 для контролю напруги, що підводиться до тягового електродвигуна.

Для перевірки роботоздатності та ефективності роботи створеної конструкції електропривода гальм був спроектований і виготовлений електронний пристрій керування гальмівним приводом. Розроблений пристрій був призначений для забезпечення опускання бурової колони із заданою швидкістю. Пристрій складався з електронного блока керування електроприводом 8 (рис. 6) та давача частоти обертання гальмівного диска (рис. 7). Блок керування електроприводом (рис. 6) складається з електронної схеми 8 перетворення частоти імпульсів у напругу, регулятора напруги 1 (частоти обертання гальмівного диска), блока живлення 2 з трьох силових реле, знижуючого трансформатора та випрямляча напруги



1 – гальмівний диск; 2 – супорт; 3 – натискний шток електропривода; 4 – важіль;  
5 – електромагнітне реле; 6 – корпус електропривода

**Рисунок 3 – Конструкція дискового гальмівного механізму з електричним приводом**

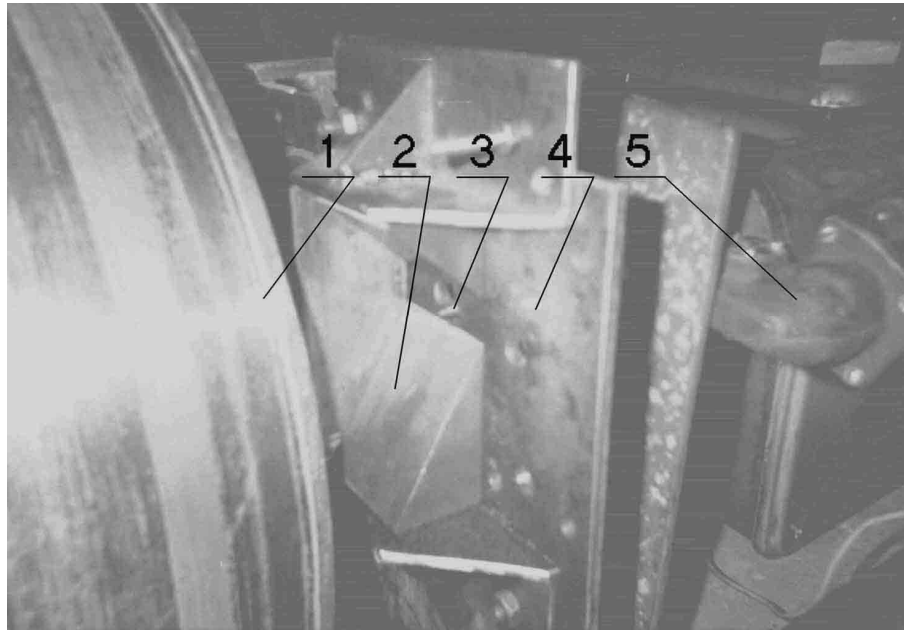


1 – гальмівний диск; 2 – гальмівна накладка; 3 – рухома колодка; 4 – нерухома колодка;  
5 – супорт; 6 – корпус електропривода

**Рисунок 4 – Дискове гальмо з електричним приводом та механізмом самопідсилення.  
Механізм у зборі**

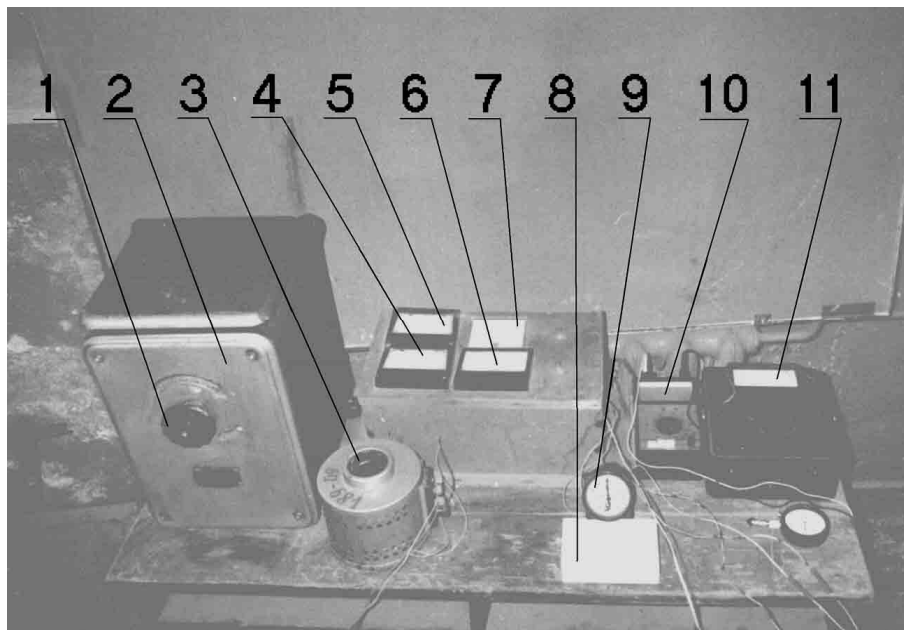
(діодного моста). Давач виконаний максимально простим конструктивно, має мінімальну інерційність та високу надійність, що особливо важливо для бурових робіт. Давач частоти складається з рухомих контактів 2 (рис. 7), які обертаються разом з гальмівним диском 3 та нерухомого контакту 5, який змонтований на рамі станда.

Експериментальні дослідження роботи електропривода гальм полягали в такому. Розгін вала бурової лебідки під дією бурильної колони на лабораторній моделі імітувався з допомогою тягового електродвигуна 1 (рис. 1). Крутний момент, який створювався на валі лебідки електродвигуном, змінювався регулятором 3 (рис. 6) струму обмотки збу-



1 – гальмівний диск; 2 – нерухома колодка; 3 – натискний шток; 4 – супорт;  
5 – корпус електропривода

**Рисунок 5 – Дискове гальмо з електричним приводом та механізмом самопідсилення.  
Механізм зі знятою рухомою колодкою**

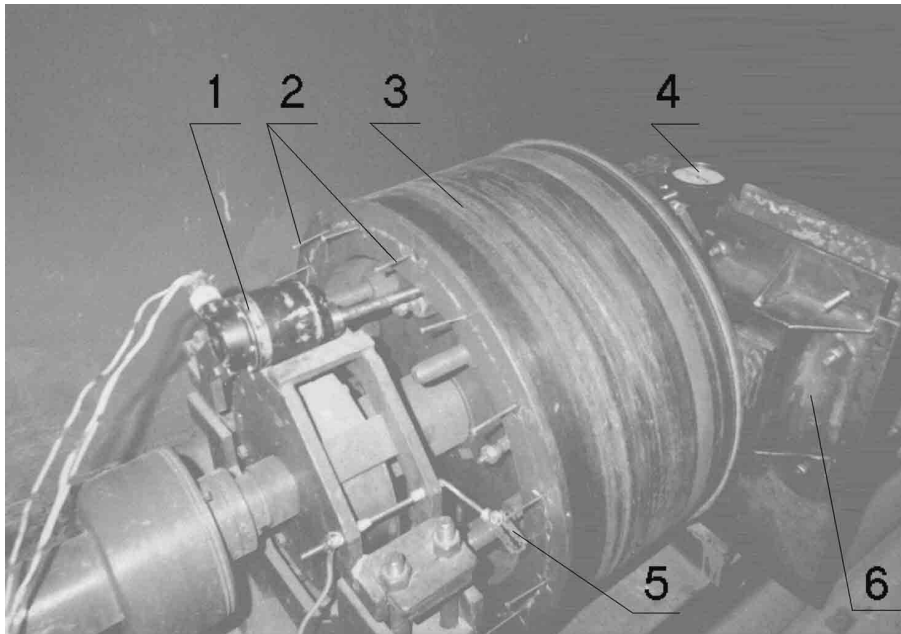


1 – регулятор максимальної частоти обертання вала під час гальмування; 2 – блок живлення;  
3 – регулятор струму обмотки збудження тягового електродвигуна; 4, 5 – амперметр і  
вольтметр мережі електродвигуна; 6 – амперметр обмотки збудження тягового електро-  
двигуна; 7 – вольтметр вихідної напруги блока керування; 8 – електронний блок керування;  
9 – електричний тахометр; 10, 11 – амперметр і вольтметр механізму електропривода гальма

**Рисунок 6 – Органи керування і контролю гальма з електричним приводом**

дження цього двигуна. Частота обертання вала лебідки визначалась електронним блоком керування 8 за сигналами давача частоти 5 (рис. 7). Контроль цієї частоти додатково здійснювався електричним тахометром 9 (рис. 6) за

сигналами його давача 1 (рис. 7) та механічним тахометром 4. Після досягнення валом лебідки заданої частоти обертання електронний блок керування 8 (рис. 6) подавав сигнал на силовий блок і той, у свою чергу, приєднував до електропривода 4 (рис. 1) гальмівного



1 – давач електричного тахометра; 2 – рухомі контакти давача імпульсів частоти;  
3 – гальмівний диск; 4 – механічний тахометр; 5 – нерухомий контакт давача імпульсів частоти блока керування; 6 – механізм електричного привода гальм

**Рисунок 7 – Діскове гальмо з електричним приводом та давачем частоти обертання вала гальма**

механізму блок живлення 5. На електропривід подавалась напруга і шток 3 (рис. 3) електропривода починав притискати гальмівну накладку 2 (рис. 4) до гальмівного диска 1. Внаслідок гальмування частота обертання вала лебідки починала зменшуватись. Це фіксувалось електронним блоком керування за сигналами давача частоти і блок керування від'єднував живлення від механізму електропривода гальм. Таким чином механізм електропривода під керуванням електронного блока підтримував задану максимальну частоту обертання вала бурової лебідки. Зміна максимальної частоти обертання вала лебідки здійснювалась регулятором 1 (рис. 6).

Гальмівна сила (сила притискання штоку механізму електропривода до гальмівного диска) визначалась з допомогою динамометру, який приєднувався до штоку 3 (рис. 3) електропривода з боку, протилежного від гальмівного диска. Гальмівна сила, залежала від струму, що подавався на обмотку втягуючого електромагнітного реле 5 електропривода. Потужність, що споживалась електроприводом, визначалась амперметром 10 (рис. 6) за струмом, що подавався на обмотку втягуючого реле електропривода, та вольтметром 11 за величиною напруги на виводах реле. Максимальне значення потужності, яку споживав досліджуваний гальмівний механізм, становило 490,8 Вт. За значенням гальмівної сили та за середнім радіусом контактування гальмівного диска та накладки визначався гальмівний момент. Максимальне значення гальмівного моменту, який був здатний створити досліджуваний гальмівний механізм, становило 158,6 Н·м.

Дослідження роботи механізму самопідсилення, у складі електропривода гальм, показало, що на першій стадії гальмування, після досягнення валом лебідки заданої частоти обертання, блок керування гальмівною системою подавав на електромагнітну обмотку привода максимальний початковий струм. Після різкого збільшення гальмівного моменту за рахунок ефекту самопритискання гальмівних накладок, починалась друга стадія гальмування, під час якої уповільнення вала лебідки збільшувалось, а струм, що подавався на електромагнітну обмотку привода, суттєво зменшувався. У подальшому, гальмівний привід з механізмом самопідсилення працював аналогічно звичайному: внаслідок гальмування частота обертання вала лебідки починала зменшуватись, це фіксувалось електронним блоком керування за сигналами давача частоти і блок керування від'єднував живлення від механізму електропривода гальм. Експерименти показали, що наведена конструкція самопритискання дала можливість в середньому на 40% скоротити витрати потужності на привод гальмівного механізму.

Таким чином, експериментальні дослідження показали, що створена конструкція електропривода гальм є роботоздатною та ефективною. Подальші дослідження необхідно проводити в таких напрямках.

У запропонованій конструкції для реалізації схеми електропривода використовується електромагнітна обмотка з натискним якорем. Перевага цієї системи полягає в тому, що вона конструктивно є відносно простою. Але, для створення значного магнітного потоку, з ме-

тою реалізації великих зусиль на натискному якорі, необхідно мати порівняно великі будівельні об'єми статора. Тому, в подальшому необхідно використовувати досконаліші конструкції, найбільш доцільно як виконуючий механізм використовувати електричний двигун зі знижуючим редуктором та натискним шпинделем.

З метою комплексного вирішення автоматизації процесу гальмування необхідно, щоб електронна керуюча система також керувала допоміжними гальмами. Найбільш доцільно використовувати разом з основними електричними і допоміжні електричні гальма [4, 5], які відрізняються зручністю керування, стабільністю режиму роботи, можливістю плавного регулювання гальмівного моменту. Гальмівний момент електричного допоміжного гальма можливо регулювати зміною величини струму обмотки збудження комп'ютером через реле керування.

Для створення повністю автоматизованої гальмівної системи необхідно вирішити також ще одне завдання. Розробити конструкції та виготовити на сучасній елементній базі вимірювальні давачі, наприклад, швидкості і переміщення бурової колони.

#### Висновки

Для удосконалення спуско-піднімальних операцій необхідне широке впровадження автоматизованих систем керування процесом гальмування. Подальше удосконалення гальмівних систем можливо тільки внаслідок широкого

ІФНТУНГ розробляється теоретичне обґрунтування, а в ДК "Укргазвидобування" здійснюється великий обсяг робіт на основі впровадження енергетичних, економічних та екологічно використання електронних систем та комп'ютерних технологій. Для впровадження керуючих комп'ютерних систем необхідно застосувати як виконуючі механізми гальмівні пристрої з електричним приводом, які на лабораторній моделі показали свою роботоздатність та ефективність.

#### Література

1. Varco General Catalog. 2004. – 304 с.
2. Компания Maritime Hydraulics. Общий каталог на оборудование. 1998-1999. – 340 с.
3. Колчерин В.Г., Колесников И.В., Копилов В.С., Баренбойм Ю.Л. Новое поколение буровых установок Волгоградского завода в Западной Сибири. – Сургут, ГУП ХМАО „Сургутская типография”, 2000. – 320 с.
4. Устройство оптимизации спуско-подъемных операций в бурении: А.с. 1492030 СССР, Е21В 44/00/ ВА. Бражников, Н.И. Заварзин, А.К. Рахимов, М.И. Сергеев (СССР). – №4322199/23; Заявлено 26.10.87; Опубл. 07.07.89; Бюл. №25. – 3 с.
5. Устройство автоматического управления электротормозной машиной бурового агрегата: А.с. 1082927 СССР, Е21В 19/00/ Б.М. Парфенов, С.В. Колодезев, А.И. Коган, В.В. Жиликов, С.А. Чекалина (СССР). – №3414170/22; Заявлено 25.03.82; Опубл. 30.03.84; Бюл. №12. – 3 с.

УДК 621.514.(047)

## ОПТИМИЗАЦІЯ ПРОЕКТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА БУДІВНИЦТВА ДОТИСКНИХ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

<sup>1</sup>Є.І.Крижанівський, <sup>2</sup>Ю.О.Бобошко, <sup>1</sup>Б.В.Копей

<sup>1</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42464, 42353  
e-mail: rector@nung.edu.ua, kopeyb@nung.edu.ua

<sup>2</sup>ДК "Укргазвидобування", м. Київ, Кудрявська, 28, e-mail: boboshko@gasdob.com.ua

*Предлагаются оптимальные проекты компрессорных станций для газового промысла. Метод оптимизации основан на нескольких критериях, включая технические, экономические, социальные и другие. Проанализированы два варианта выбора компрессоров для новых и реконструированных станций.*

*The optimum projects of compressor stations for gas production are proposed. The method of optimization is based on several criteria including technical, economic, social and so on. Two variants of choice of compressor for new and reconstructed stations are analyzed.*

Газова промисловість у даний час характеризується старінням устаткування об'єктів видобутку газу, газотранспортної системи, газорозподільних станцій та іншого обладнання. Для подальшого забезпечення функціонування і безпеки цих об'єктів найважливішого значення набуває їх реконструкція. У цьому напрямку

ефективних технологій і нової техніки, серед яких зокрема можна відзначити: заміну морально і фізично зношених ГПА на сучасне устаткування з поліпшеними характеристиками; утилізацію теплової енергії викидних газів, використання турбодетандерних установок для спрацьовування надлишкового тиску природ-