

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Калужний Б.С., Маляр А.В., Цяпа В.Б.

# **Автоматизовані електроприводи гірничовидобувної промисловості**

**Навчальний посібник**

Видавництво “Магнолія 2006”  
2024

УДК 622.27:621.316.34-52(075.8)

К 176

*Рекомендовано редакційно-видавничою комісією Науково-методичної ради  
Національного університету “Львівська політехніка”  
(протокол № 7/2021 від 06.12.2021 р.)*

**Рецензенти:**

**Мороз В.І.**, доктор технічних наук, професор кафедри «Електромехатроніка та комп'ютеризовані електромеханічні системи» Національного університету «Львівська політехніка»;

**Кушнір А.П.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

**Борин В.С.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автоматизація та компютерно-інтегровані технології» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

**Калужний Б.С., Маляр А.В., Цяпа В.Б.**

**К 176** Автоматизовані електроприводи гірничовидобувної промисловості:  
Навч. посібник / Б.С.Калужний, А.В.Маляр, В.Б.Цяпа – Львів: “Магнолія 2006”, 2024. –222с.

ISBN 978-617-574-241-9

Навчальний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів, які вивчають електроприводи гірничовидобувних механізмів, а також може бути корисним фахівцям та науковцям, які займаються проектуванням та створенням систем керування різноманітними виробничими механізмами гірничовидобувної промисловості, об'єктами та технологічними процесами.

**УДК 622.27:621.316.34-52(075.8)**

© Маляр А.В., Калужний Б.С.,  
Цяпа В.Б., 2024  
© “Магнолія 2006”, 2024

ISBN 978-617-574-241-9

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ СВЕРДЛОВИНИ</b>	8
<b>РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ БУРОВИХ УСТАНОВОК</b> .....	17
2.1. Загальні положення .....	17
2.2. Привід долота.....	18
2.3. Електропривід бурової лебідки.....	35
2.4. Електропривід бурових pomp.....	52
<b>РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАГЛИБЛЕННЯ СВЕРДЛОВИ</b> .....	62
3.1. Показники технологічного процесу заглиблення.....	62
3.2. Оптимізація заглиблення свердловини.....	66
<b>РОЗДІЛ 4. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАГЛИБЛЕННЯ СВЕРДЛОВИН</b> .....	82
4.1. Структура інформаційно–вимірювального комплексу.....	82
4.2. Вимірювання біжучого значення механічної швидкості буріння.....	85
4.3. Контроль переміщення верхнього кінця колони бурильних труб.....	94
4.4. Математична модель підйимальної системи бурової установки.....	101
4.5. Рівняння руху талевого блоку.....	104
4.6. Вимірювання ваги бурильного інструменту.....	110
<b>РОЗДІЛ 5. ДЖЕРЕЛА ПЛАСТОВОЇ ЕНЕРГІЇ</b> .....	114
5.1. Пластові тиски.....	114
5.2. Приплив рідини до свердловини.....	117
5.3. . Режими розробки нафтових родовищ.....	120
<b>РОЗДІЛ 6. СПОСОБИ ВИДОБУВАННЯ НАФТИ</b> .....	129
6.1. Експлуатація фонтанних свердловин.....	129
6.2. Газліфтна експлуатація свердловин.....	137
<b>РОЗДІЛ 7. ЕКСПЛУАТАЦІЯ НАСОСАМИ</b> .....	141
7.1. Експлуатація свердловин занурювальними відцентровими електронасосами.....	141
7.2. Визначення глибини підвішування ВЕН.....	144
7.3. Конструкція та особливості функціонування штангових нафтовидобувних установок.....	149
7.4. Конструктивні елементи установки із штанговою глибинною помпою.....	151
7.5. Схема і показники роботи установки із штанговою глибинною помпою.....	155

<b>РОЗДІЛ 8. ПРИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА БУДОВА</b>	
<b>ОДНОКІВШОВИХ ЕКСКАВАТОРІВ.....</b>	<b>163</b>
8.1. Класифікація одноківшевих екскаваторів, будова та призначення.....	163
8.2. Кінематичні схеми екскаваторних приводів.....	165
<b>РОЗДІЛ 9. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ</b>	
<b>ГОЛОВНИХ МЕХАНІЗМІВ ЕКСКАВАТОРІВ.....</b>	<b>168</b>
9.1. Загальні вимоги до статичних характеристик електроприводів.....	169
9.2. Вимоги до статичних характеристик приводу обертання..	170
9.3. Вимоги до статичних характеристик приводу піднімання екскаватора-лопати (тяга екскаватора-драглайна).....	171
9.4. Вимоги до статичних характеристик приводу натиску.....	172
9.5. Вимоги до характеристик приводу підйому драглайна....	173
9.6. Вимоги до динамічних характеристик електроприводів...	174
9.7. Вимоги до електрообладнання екскаваторів.....	177
<b>РОЗДІЛ 10. СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕКСКАВАТОРІВ</b>	<b>180</b>
10.1. Система генератор-двигун.....	182
10.2. Система тиристорний перетворювач-двигун постійного струму.....	187
10.3. Система тиристорний перетворювач частоти- асинхронний двигун.....	189
<b>РОЗДІЛ 11. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ</b>	
<b>ЕКСКАВАТОРІВ.....</b>	<b>190</b>
11.1. Система керування з підсумовуючим підсилювачем.....	190
11.2. Системи керування екскаваторними електроприводами підпорядкованого типу.....	195
<b>РОЗДІЛ 12. ТЕМПЕРАТУРНА СТАБІЛІЗАЦІЯ</b>	
<b>ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ.....</b>	<b>210</b>
12.1. Вплив зміни температури нагріву електричних машин на величину стопорного моменту.....	210
12.2. Температурна стабілізація струмів збудження на екскаваторі ЕКГ-5А.....	213
<b>РОЗДІЛ 13. ВУЗЛИ ВИБОРУ ЛЮФТІВ В МЕХАНІЗМАХ</b>	
<b>ОБЕРТАННЯ.....</b>	<b>217</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>221</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АД – асинхронний двигун;  
ВЕН – відцентрові електронасоси;  
ГІВ – гідравлічний індикатор ваги;  
ГРС – газорідинна суміш;  
ЕМС – електромеханічна система;  
ЕРС – електрорушійна сила;  
ДП – давач положення;  
ККД – коефіцієнт корисної дії;  
НКТ – насосно-компресорні труби;  
ПЧ – перетворювач частоти;  
САК – система автоматичного керування;  
СІФК – система імпульсно фазового керування;  
ТП-Д – тиристорний перетворювач – двигун;  
ШНВУ – штангова нафтовидобувна установка.  
КО – компенсаційна обмотка;  
ДП – додаткові полюси;  
ТКО – температурний коефіцієнт опору;  
НПТР – напівпровідниковий терморезистор;  
ВВЛ – вузол вибору люфтів.

## ВСТУП

Серед найважливіших видів енергетичних ресурсів одне з головних місць займають вугілля, нафта, газ та продукти їх переробки. Одним із пріоритетних завдань економіки України є вирішення проблеми сталого та надійного забезпечення потреб в паливно-енергетичних ресурсах.

Україна належить країн, в яких є розвинута видобувна промисловість. Однак для стабілізації та нарощування видобутку енергоресурсів, крім відкриття нових родовищ, важливе значення має підвищення ефективності вже розроблених родовищ шляхом модернізації існуючих потужностей. Сучасні технології, які використовуються у видобувній галузі підвищили вимоги до електроприводів виробничих механізмів та систем керування ними. З цією метою важливим завданням є підготовка фахівців в галузі електромеханічних систем і автоматизації виробничих процесів в гірничовидобувній промисловості. Саме для цієї мети і призначений матеріал навчального посібника.

В навчальному посібнику викладено основи технології спорудження нафтогазових свердловин. Подано опис основних типів доліт, які використовуються для буріння. Важлива увага приділена електромеханічним системам бурових установок, наведені основні залежності, які використовують для проектування та вибору електроприводів основних механізмів, що використовуються під час буріння.

Окремий розділ посібника містить матеріал, що стосується проблеми оптимізації процесу заглиблення свердловини. Описані основні критерії та наведено залежності, які використовуються для пошуку оптимального режиму буріння.

В навчальному посібнику значна увага приділена інформаційному забезпеченню системи керування процесом заглиблення свердловини. Наведено опис розробленого авторами комплексу інформаційного забезпечення процесу заглиблення свердловини, який включає в себе контроль таких основних параметрів, як: величина заглиблення долота, глибина свердловини, чистий час руйнування вибою долотом, біжучі значення механічної та рейсової швидкості, вартості одного метра свердловини, максимальне значення рейсової швидкості, мінімальне значення вартості одного метра, положення долота над вибоєм під час спуску і підйманні бурильного інструменту.

Окрема частина посібника містить матеріал, який стосується експлуатації нафтових свердловин. Наведено визначення базових понять та опис основних режимів розробки нафтових родовищ, їх особливості та умови виникнення. Крім того, в посібнику описано відомі способи експлуатації свердловин, які мають місце на всіх стадіях життєвого циклу свердловини. Наведено основні залежності, які характеризують кожен режим, характеристики та функціональні показники роботи обладнання свердловини.

Видобування корисних копалин відкритим способом можливе лише при використанні широкої механізації і електрифікації виробничих процесів земляних робіт. Для виконання цих робіт використовується різноманітна

техніка, в тому числі і землерийні машини, основну вагу серед яких мають одноківшеві екскаватори.

Сучасні одноківшеві екскаватори великої продуктивності – технічно складні машини, які акумулюють в собі науково-технічні досягнення різних галузей промисловості, таких як машинобудування, електромашинобудування, електротехнічної тощо. Електропривід, який є джерелом рушійної сили механізмів екскаваторів, займає в них особливе положення.

В посібнику приведено класифікацію та конструктивні особливості будови одноковшових екскаваторів, проаналізовано основні вимоги до головних робочих механізмів, на основі яких наведені рекомендації при формуванні статичних і динамічних характеристик електроприводів даних механізмів.

В окремому розділі описано різновид структур систем екскаваторних електроприводів, які експлуатуються на діючих кар'єрах. Приведено особливості розрахунків параметрів основних елементів зворотних зв'язків, які забезпечують формування екскаваторних характеристик з обмеженням максимальних значень зусиль механізму при застосуванні структур електроприводу з загальним суматором і систем підпорядкованого керування.

Особливу увагу приділено системам температурної стабілізації та адаптації характеристик електроприводів при зміні температури нагріву електричних машин та температури навколишнього середовища. Наведено функціональні схеми вузлів електроприводів, які забезпечують плавний вибір люфтів приводів повороту, що зменшує удари в передачах в усіх перехідних режимах роботи.

Під час написання посібника, були використані матеріали, які розроблені на кафедрі електромехатроніки та комп'ютеризованих електромеханічних систем та використовуються в начальному процесі Львівської політехніки.

Автори з вдячністю сприймуть зауваження щодо цієї книги, а також відкриті до співпраці з усіма зацікавленими сторонами.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Калужний Богдан Семенович**, кандидат технічних наук, доцент  
**Маляр Андрій Васильович**, доктор технічних наук, професор  
**Цяпа Володимир Богданович**, кандидат технічних наук, доцент

# **Автоматизовані електроприводи гірничовидобувної промисловості**

*Навчальний посібник*

Формат 60×90/16. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman . Умов. друк. арк. 14,00.

Видавець та виготовлювач – ПП “Магнолія 2006”  
вул. Перфецького, 11 А, м. Львів, 79053, Україна  
тел.+380503701957  
e-mail: [magnol06@ukr.net](mailto:magnol06@ukr.net)

Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції: серія ДК №2534 від 21.06.2006 року,  
видане Державним комітетом інформаційної політики,  
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавництва “Магнолія 2006”