

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	10
------------------------	-----------

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I ЕЛЕМЕНТИ ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ

РОЗДІЛ 1. ВИЗНАЧЕННЯ ТА СТРУКТУРА СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ ...	13
---	-----------

1.1. Основні поняття про автоматику та автоматизацію	13
1.2. Структура та класифікація систем автоматики	15

РОЗДІЛ 2. ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	21
--	-----------

2.1. Структурна схема об'єкта керування	21
2.2. Класифікація елементів систем автоматики	22

РОЗДІЛ 3. ПЕРВИННІ ЕЛЕМЕНТИ АВТОМАТИКИ	26
---	-----------

3.1. Класифікація давачів та їх основні характеристики	26
3.2. Давачі лінійних розмірів та переміщень	29
3.2.1. Принцип роботи та конструкція індуктивних давачів	29
3.2.2. Конструкція та принцип роботи потенціометричних давачів	34
3.2.3. Принцип роботи, будова та призначення ємнісних давачів	37
3.3. Давачі кутових переміщень	39
3.3.1. Конструкція та принцип роботи сельсинів	39
3.3.2. Принцип роботи феродинамічних давачів	41
3.4. Давачі частоти обертання	42
3.4.1. Принцип роботи та будова тахогенераторів	42
3.4.2. Магнітоіндукційні давачі частоти обертання	47
3.4.3. Частотні давачі кутової швидкості	48
3.5. Давачі зусиль	50
3.5.1. Принципи роботи та будова вугільних давачів зусиль	50
3.5.2. Конструкція тензометричних давачів	51
3.5.3. Принципи роботи та будова п'єзоелектричних давачів	55
3.5.4. Принцип роботи та будова магнітопружних давачів	56
3.6. Давачі тиску	58
3.6.1. Конструкція та принцип роботи діафрагмових давачів	58
3.6.2. Принцип роботи сильфонних давачів	59
3.6.3. Принцип роботи пружинних давачів	60
3.6.4. Конструкція та принцип роботи магнітострикційних давачів	61
3.7. Давачі температури	62
3.7.1. Конструкція та принцип роботи ртутно-контактних давачів	62
3.7.2. Принцип роботи, будова та основні характеристики провідникових термометрів опору	63
3.7.3. Принцип роботи та конструкція напівпровідникових термометрів опору	65
3.7.4. Принцип роботи, конструкція та характеристики термопар	68

РОЗДІЛ 4. ПРОМІЖНІ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ	71
4.1. Загальні відомості про реле та їх класифікація	71
4.2. Конструкція та принцип роботи електромагнітних реле	72
4.3. Основні характеристики реле	77
4.4. Особливості та класифікація підсилювачів у системах автоматики	80
4.5. Принцип роботи та конструкція магнітних підсилювачів	82
4.6. Конструкція електронних лампових підсилювачів	85
4.7. Принцип роботи напівпровідникових підсилювачів	87
4.8. Структура та принцип роботи операційних підсилювачів	93
РОЗДІЛ 5. ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ	97
5.1. Загальні відомості про виконавчі механізми	97
5.2. Конструкція та характеристики електромагнітів	98
5.3. Конструкція та принцип роботи електромагнітних муфт	100
5.4. Виконавчі механізми з електродвигунним приводом	103
5.4.1. Електричні двигуни постійного струму виконавчих механізмів	106
5.4.2. Електричні двигуни змінного струму виконавчих механізмів	111
5.4.3. Крокові двигуни виконавчих механізмів	117
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II	
ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ	
ТА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ	
РОЗДІЛ 6. ОСНОВИ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ	124
6.1. Загальні положення про систему автоматичного регулювання	124
6.2. Класифікація систем автоматичного регулювання	126
6.3. Поняття про динамічну ланку та її передавальну функцію	129
6.4. Типові ланки систем автоматичного регулювання та їх передавальні функції	134
6.5. Способи з'єднання динамічних ланок у структурних схемах системи автоматичного регулювання	138
РОЗДІЛ 7. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ	143
7.1. Математичні основи побудови логічних пристроїв	143
7.2. Способи формалізації систем автоматичного логічного керування	144
7.3. Основні закони перетворення логічних рівнянь	147
7.4. Складні функції математичної логіки	148
7.5. Методика побудови безконтактних логічних схем за релейно- контактними схемами	150
РОЗДІЛ 8. СХЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУННИМИ ВИКОНАВЧИМИ МЕХАНІЗМАМИ	154
8.1. Керування асинхронним електродвигуном з короткозамкнутим ротором	154

8.2. Реверсування асинхронного електродвигуна з короткозамкнутим ротором	156
8.3. Керування двошвидкісним асинхронним електродвигуном	157
8.4. Керування гальмуванням асинхронних електродвигунів виконавчих механізмів	158

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ III

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

ЛІСОВИХ І ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

РОЗДІЛ 9. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

РОЗВАНТАЖЕННЯ СТОВБУРІВ ТА РОЗБИРАННЯ ЇХ

ПАЧОК НА ЛІСОВОМУ СКЛАДІ

165

9.1. Виробничі процеси лісових і деревообробних підприємств як об'єкти автоматизації	165
9.2. Автоматизація роботи розвантажувальних установок	167
9.2.1. Система керування канатно-блочною установкою	169
9.2.2. Система керування пачковим гідророзвантажувачем	171
9.2.3. Побудова системи керування кабель-крановою установкою	173
9.3. Автоматизація процесу розбирання пачок стовбурів	175
9.3.1. Обладнання для групового розсосередження стовбурів	176
9.3.2. Система керування кран-маніпулятором для поштучного розбирання пачки стовбурів	179

РОЗДІЛ 10. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ДЕРЕВ

ВІД ГІЛОК НА ЛІСОВОМУ СКЛАДІ

183

10.1. Система керування стаціонарною гілкозрізувальною установкою	183
10.2. Автоматизована стаціонарна гілкозрізувальна установка ПСЛ-2А ..	186

РОЗДІЛ 11. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КРЯЖУВАННЯ

СТОВБУРІВ НА СОРТИМЕНТИ

195

11.1. Класифікація кряжувальних установок	195
11.2. Формалізація оптимального кряжування стовбурів на сортименти	197
11.3. Система керування однопилковою кряжувальною установкою	198
11.4. Автоматизована кряжувальна лінія ЛО-15С з поздовжньою подачею стовбурів	201
11.5. Електрична схема керування автоматизованою кряжувальною лінією ЛО-15С	204
11.6. Системи автоматичного відмірювання довжин сортиментів на кряжувальній лінії ЛО-15С	211
11.7. Способи програмування процесу кряжування стовбурів на сортименти	215

РОЗДІЛ 12. АВТОМАТИЗАЦІЯ СОРТУВАННЯ КРУГЛИХ	
ЛІСОМАТЕРІАЛІВ	217
12.1. Класифікація систем автоматичного керування сортуванням	218
12.2. Автономні системи автоматичного керування сортуванням	
круглих лісоматеріалів	219
12.3. Синхронно-слідкувальні системи неперервної дії для автоматичного	
керування сортуванням круглих лісоматеріалів	222
12.4. Імпульсні синхронно-слідкувальні системи керування сортуванням	225
12.5. Логічні системи автоматичного керування сортуванням сортиментів	229
12.6. Узагальнена структура системи автоматичного керування	
сортуванням сортиментів за допомогою ЕОМ	231
РОЗДІЛ 13. АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ ...	233
13.1. Класифікація автоматичних пристроїв вимірювання об'єму	
круглих лісоматеріалів	233
13.2. Інтегрувальні автоматичні пристрої вимірювання фактичного об'єму ...	234
13.3. Імпульсні автоматичні пристрої вимірювання фактичного об'єму	235
13.4. Об'ємні та вагові автоматичні пристрої вимірювання об'єму	236
13.5. Автоматичні пристрої визначення об'єму розрахунковим методом	237
13.6. Автоматичні пристрої визначення об'ємів на основі	
табличних значень	239
13.7. Автоматичні пристрої визначення об'єму пачки сортиментів	240
13.8. Інформаційно-вимірювальні пристрої для визначення розмірів	
круглих лісоматеріалів	242
13.8.1. Вимірювання довжини круглих лісоматеріалів на	
подавальних транспортерах	243
13.8.2. Засоби визначення діаметра круглих лісоматеріалів на	
подавальних транспортерах	249
РОЗДІЛ 14. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	
ДЕРЕВООБРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ	256
14.1. Вимоги до систем регульованих приводів	256
14.2. Регульований електропривод з електромагнітною муфтою ковзання	260
14.3. Регульований електропривод за системою тиристорний	
перетворювач – електродвигун постійного струму	264
14.3.1. Схеми тиристорних перетворювачів для реверсивного	
електропривода постійного струму	264
14.3.2. Система стабілізації швидкості електродвигуна постійного	
струму зі зворотним зв'язком за частотою обертання	268
14.3.3. Структурно-математична модель автоматизованого	
тиристорного електропривода постійного струму	271
14.4. Регульований електропривод за системою тиристорний	
перетворювач частоти – асинхронний електродвигун	274
14.4.1. Типи перетворювачів частоти	274

14.4.2. Індивідуальний частотнокерований електропривод з короткозамкнутим АД	281
14.4.3. Структурно-математична модель асинхронного електропривода з тиристорним перетворювачем частоти	284
14.5. Системи автоматичного керування деревообробними верстатами	287

РОЗДІЛ 15. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ГІДРОТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ ТА ДЕРЕВНИХ МАТЕРІАЛІВ 290

15.1. Система автоматичного керування процесом сушіння деревних листових матеріалів у конвеєрних сушарках	290
15.1.1. Основні параметри, які визначають якість сушіння шпону	290
15.1.2. Структурна та математична модель конвеєрної сушарки як об'єкта автоматизації.....	292
15.2. Система автоматичного керування процесом сушіння деревної стружки в барабанних сушарках	295
15.2.1. Барабанна сушарка як об'єкт автоматичного керування	295
15.2.2. Функціональна схема САК барабанною сушаркою.....	300
15.3. Автоматичне керування процесами сушіння лісоматеріалів у сушильних камерах	301
15.3.1. Структурна модель лісосушильної камери як об'єкта автоматичного керування	302
15.3.2. Статичні та динамічні характеристики лісосушарки	303
15.3.3. Структурна модель САК лісосушильною камерою	307
15.3.4. Функціональна схема автоматизації процесу сушіння деревини ...	309
15.3.5. Автоматика лісосушильних камер	311

РОЗДІЛ 16. АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ ГАРЯЧОГО ПРЕСУВАННЯ ДЕРЕВНИХ МАТЕРІАЛІВ 317

16.1. Особливості автоматичного керування гарячим пресуванням деревностружкових плит	317
16.2. Основні фактори автоматичного керування пресуванням деревноволокнистих плит	321
16.3. Основні показники якості склеювання шпону	323
16.4. Функціональна схема САК гарячим пресом	326
16.5. Автоматичне керування процесами пропарювання деревини	328

РОЗДІЛ 17. АВТОМАТИЧНІ ЛІНІЇ ЛІСОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ 330

17.1. Класифікація автоматичних ліній	330
17.2. Структура автоматичних ліній	336
17.3. Продуктивність автоматичних ліній	340

ЗАПИТАННЯ ДО ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ..... 344

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА 353

ПЕРЕДМОВА

Побудова сучасного ефективного виробництва здійснюється на основі автоматизації його технологічних операцій, удосконалення об'єкта автоматизації, вибору технічних засобів для реалізації спроектованої системи автоматичного керування (САК).

Складність побудови САК технологічними процесами лісового комплексу пояснюється великою кількістю збурень, які постійно діють на об'єкт автоматизації, та стохастичним характером тривалостей технологічних операцій лісопереробного й деревообробного виробництв. Такі фактори визначили необхідність встановлення спеціальних автоматичних пристроїв, які склали основу для побудови систем стабілізації, слідкування й програмного керування, і як наслідок, дозволили усунути оператора від участі у виробничих процесах лісопромислового комплексу. Застосування в таких системах комп'ютерної техніки, яка забезпечує збирання, передавання, оброблення й зберігання інформації з недосяжною для людини швидкістю, призвело до впровадження у деревообробний процес досконалих адаптивних САК. Тому для фахового розв'язання багатьох проблемних задач у лісовій та деревообробній галузі і для професійного обслуговування різнотипних засобів автоматизації та систем автоматики потрібні добре підготовлені спеціалісти, які володіють необхідними знаннями з автоматичного керування технологічними процесами.

Навчальний посібник написано відповідно до робочої програми з навчальної дисципліни “*Основи автоматики та автоматизація виробничих процесів*”, яка читається на кафедрі автоматизації виробничих процесів, електротехніки і тепло-техніки Національного лісотехнічного університету України, і відноситься до групи професійно-орієнтованих навчальних дисциплін з підготовки фахівців за напрямками “*Лісозаготівля*” та “*Інженерна механіка*” за спеціальностями “*Лісоінженерна справа*” та “*Обладнання лісового комплексу*”.

У першій частині навчального посібника подано узагальнену структуру та класифікацію типових систем автоматики й елементів систем автоматичного керування; детально розглянуто призначення й застосування первинних і проміжних елементів автоматики та виконавчих механізмів у САК технологічними процесами лісозаготівлі та деревообробки; описано основні фізичні закономірності елементів САК процесами, їх статичні та динамічні характеристики; подано деякі відомості, необхідні для їх вибору та розрахунку.

На достатньому рівні висвітлено загальні основи автоматичного регулювання неперервними процесами; подано теоретичні основи систем логічного керування дискретними процесами лісового комплексу.

У першій половині *другої частини* посібника розглянуто автоматизацію типових технологічних процесів лісокладських робіт; подано методику синтезу логічних математичних моделей систем керування, і на їх основі – принципи побудови релейно-контактних схем керування механізмами й установками лісових складів.

Окремий розділ другої частини посібника присвячено теорії сучасного автоматизованого електропривода за системами “тиристорний перетворювач – двигун постійного струму” та “тиристорний перетворювач частоти – асинхронний двигун”, які широко використовуються у деревообробних верстатах.

У передостанньому розділі описано напрями автоматизації неперервно-дискретних технологічних процесів гідротермічного оброблення деревини та деревних матеріалів, які через свою специфіку та значні енергозатрати є основними в деревообробці.

У заключному розділі посібника подано загальну характеристику автоматичних машинних систем лісового комплексу, будову та способи їх компонування. Викладено аналітичні залежності для визначення основних детермінованих показників ефективності функціонування автоматичних ліній.

На думку авторів, теоретичний матеріал, аналітичні й графічні залежності та структурні, функціональні й електричні схеми в посібнику подано в такому об’ємі, який є необхідним і достатнім для поглиблення знань та вироблення студентами умінь аналізувати технологічні передумови щодо впровадження автоматичних систем у лісозаготівлю та деревообробку, розуміння фізичної суті їх математичних моделей та принципу роботи, а також для використання отриманих знань під час самостійного розв’язування практичних задач.

Враховуючи те, що знання про способи автоматизованого керування сучасним деревообробним виробництвом з різноманітними технологічними операціями й обладнанням, повинні також мати фахівці з *технології деревообробки*, то матеріал першої й частково другої частини посібника з автоматизації деяких деревообробних технологічних процесів може бути використаний *студентами-технологами* для вивчення курсу з основ автоматики та автоматизації виробничих процесів.

Автори посібника намагалися стисло та дохідливо викласти зміст розділів навчальної програми у двох частинах, з висвітленням теорії побудови систем автоматики та їх елементів (*частина I*) і автоматизації лісових і деревообробних підприємств на основі результатів науково-експериментальних досліджень (*частина II*), опублікованих у технічній літературі. У книзі розглянуто найбільш характерні типові задачі автоматизації технологічних процесів дискретних і неперервних виробництв лісової та деревообробної галузі.