



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ»

В. П. Маршуба

**МЕХАНІЗАЦІЯ,
АВТОМАТИЗАЦІЯ
ТА РОБОТИЗАЦІЯ
ЗВАРЮВАЛЬНИХ
ПРОЦЕСІВ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**для самостійного вивчення курсу дисципліни
студентами спеціальності 131 «Прикладна механіка»
зі спеціалізації 131-11 «Зварювання та споріднені процеси і
технології» денної і дистанційної форм навчання**

Рекомендовано вченою радою НТУ «ХПІ»

Харків
НТУ «ХПІ»
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ І ТРАНСПОРТУ**

**МЕХАНІЗАЦІЯ,
АВТОМАТИЗАЦІЯ
ТА РОБОТИЗАЦІЯ
ЗВАРЮВАЛЬНИХ
ПРОЦЕСІВ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для самостійного вивчення курсу дисципліни студентами спеціальності 131 «Прикладна механіка» зі спеціалізації 131-11 «Зварювання та споріднені процеси і технології» денної і дистанційної форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № от р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2023

УДК 621.791(07)

ББК 30.61я7

М 30

Рецензенти:

В.В. Дмитрік, д-р. техн. наук, проф., зав. каф. сварки, НТУ «ХП»;

Е.С. Дерябкіна, канд. техн. наук, доц. каф. інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювальному виробництві, УПА.

Курс лекцій по учебной дисциплине «Механизация, автоматизация и роботизация сварочных процессов», в котором излагаются краткие теоретические сведения о механизации, автоматизации и роботизации сварочных процессов, путем замены ручного труда машинным, что позволяют решить ряд практических задач по технологии создания новейшего производства или обновления существующего предприятия.

Курс лекций содержит список рекомендуемых источников и включает в себя ссылки на ресурсы Интернет. Для самостоятельного изучения студентами дневной, дистанционной и заочной формы обучения специальности «131. Прикладная механика» по специализации «131-11. Сварка и сопутствующие процессы и технологии».

Маршуба В.П.

М 30 Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів : Конспект лекцій. / В. П. Маршуба. – Харків : НТУ «ХП», 2023. – 550 с. – На укр. мові.

ISBN

Курс лекцій з навчальної дисципліни «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів», в якому викладаються короткі теоретичні відомості про механізацію, автоматизацію та роботизацію зварювальних процесів, шляхом заміни ручного труда машинним, та які дозволяють вирішити ряд практичних завдань по технології створення новітнього виробництва або оновлення існуючого підприємства. Курс лекцій містить список рекомендованих джерел та включає посилання на ресурси Інтернет.

Для самостійного вивчення студентами денної, дистанційної та заочної форми навчання спеціальності «131. Прикладна механіка» за спеціалізацією «131-11. Зварювання та супутні процеси і технології».

Ил. 539. Табл. 37. Библиогр. 32 найм.

УДК 621.791(07)

ББК 30.61я7

ISBN

© В.П. Маршуба, 2023

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВВЕДЕННЯ	11
ЛЕКЦІЯ №1. Тема 1. ВСТУП. МЕХАНІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ	13
1.1 Зміст курсу «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів»	15
1.2 Використовувана література	16
1.3 Вступ	17
1.4 Історія розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів	17
1.5 Загальна характеристика механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів	21
1.6 Класифікація основних видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів	23
1.7 Загальні методи захисту від ураження при різних видах механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів	24
1.8 Сучасний стан та перспективи розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів	27
ЛЕКЦІЯ №2. Тема 2. КЛАСИФІКАЦІЯ, МЕТОДИ ЗАХИСТУ, СУЧАСНИЙ СТАН У ЗВАРЮВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	31
2.1 Класифікація основних видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів	32
2.2 Загальні методи захисту від ураження при різних видах механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів	36
2.2.1 <i>Основні поняття, терміни та визначення в сфері охорони праці</i>	37
2.2.2 <i>Основні причини виробничого травматизму і професійних захворювань та заходи щодо їх запобігання</i>	39
2.3 Сучасний стан та перспективи розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів	40
ЛЕКЦІЯ №3. Тема 2. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО РОЗВИТОК МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ..	47
3.1 Основні поняття розвитку механізації і автоматизації виробництва: види, категорії, стадії	48
3.2 Основні види механізації і автоматизації і їх характеристика	52
3.2.1 <i>Основні види механізації і автоматизації</i>	52
3.2.2 <i>Характеристики механізації (автоматизації)</i>	53
3.2.3 <i>Якісні характеристики стану механізації (автоматизації)</i>	53
3.2.4 <i>Рівень механізації</i>	54
3.3 Основні категорії механізації і автоматизації і їх характеристика	55
3.3.1 <i>Основні показники</i>	55
3.3.2 <i>Допоміжні показники</i>	55
3.3.3 <i>Показники зміни стану</i>	55
3.4 Основні стадії механізації і автоматизації і їх характеристика	56

3.5 Поняття і визначення механізації та автоматизації технологічних процесів	56
3.5.1 Засоби технологічного оснащення при механізації (автоматизації)	58
3.6 Основні напрямки розвитку науково-технічного прогресу	59
ЛЕКЦІЯ №4. ТЕМА №4: КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ	62
4.1 Основні терміни зварювального виробництва	62
4.2 Зміст і завдання аналізу виробничої програми	63
4.3 Техніко-економічна ефективність впровадження механізації, автоматизації та роботизації	63
4.4 Поняття про строки окупності обладнання для механізації, автоматизації та роботизації зварювального виробництва	69
4.5 Показники рівня механізації	71
ЛЕКЦІЯ №5. ТЕМА №4: КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ	74
5.1 Основні системи автоматичного керування циклом виробництва	74
5.2 Загальна відомості про системи автоматики, їх класифікація та призначення	76
5.2.1 Класифікація підсилювачів	82
5.2.2 Напівпровідникові і магнітні підсилювачі	83
5.2.3 Підсилювачі електричних сигналів	83
5.2.4 Одно каскадні підсилювачі	86
5.3 Визначення автоматичного циклу, класифікація САК і їх переваги та недоліки	87
ЛЕКЦІЯ №6. ТЕМА №5: КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	91
6.1 Подання про різні види обладнання, області їх застосування	91
6.2 Показники видів обладнання; вибір видів обладнання; класи обладнання	101
6.2.1 Показники видів обладнання	101
6.2.2 Вибір зварювального апарату	103
6.2.3 Класи обладнання	104
6.3 Вибір обладнання відповідно до технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	106
ЛЕКЦІЯ №7. ТЕМА №5: КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	109
7.1 Поняття про різні види технологічного обладнання. Загальна характеристика, області застосування, коефіцієнти продуктивності обладнання	109
7.1.1 Поняття про різні види обладнання	109
7.1.2 Загальна характеристика, області застосування, коефіцієнти продуктивності обладнання	114
7.2 Поняття про різні види зварювальних установок	115

7.2.1 Установки для автоматичного зварювання листових полотнищ	116
7.2.2 Установки для автоматичного зварювання балок і колон	117
7.2.2.1 Установки з підвісними зварювальними голівками	117
7.2.2.2 Установки із самохідними зварювальними голівками	118
7.2.3 Установки для автоматичного зварювання циліндричних танків	119
7.2.3.1 Установки для зварювання поздовжніх швів циліндричних танків	119
7.2.3.2 Установки для зварювання кільцевих швів циліндричних танків	121
7.2.3.2 Установки із центровими обертачами	122
ЛЕКЦІЯ №8. ТЕМА №5: КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	125
8.1 Переносні апарати, установлені безпосередньо на виріб, що зварюється	125
8.2 Установки із самохідними візками	126
8.2.1 Установка для зварювання котлів цистерн	126
8.2.2 Установки для зварювання кільцевих і поздовжніх швів циліндричних котлів цистерн	130
8.2.3 Установка для зварювання котлів цистерн	132
8.3 Верстати для автоматичного зварювання	141
8.3.1 Універсальний верстат уд 123 для дугового зварювання у вуглекислому газі	141
8.3.2 Верстат СТС-2М для складання й автоматичного зварювання таврових балок	141
ЛЕКЦІЯ №9. ТЕМА №6: КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ	144
9.1 Уявлення про техніко-економічну ефективність впровадження автоматизації	145
9.2 Поняття про строки окупності обладнання для автоматизації та механізації зварювального виробництва	147
9.3 Показники рівня механізації	148
9.4 Розрахунок рівня механізації при введенні механізованих способів зварювання	150
ЛЕКЦІЯ №10. ТЕМА №6: КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ	155
10.1 Техніко-економічна ефективність впровадження автоматизації, механізації	155
10.2 Основні умови проведення механізації, автоматизації та роботизації	159
10.3 Розрахунок економічної доцільності впровадження автоматизованого обладнання	160
ЛЕКЦІЯ №11. ТЕМА №7: ОСНОВНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЦИКЛОМ ЗВАРЮВАННЯ	165
11.1 Уявлення про системи автоматичного керування, системах автоматики	165

11.2 Загальна уява про системи автоматики, їх класифікація та призначення	169
11.3 Визначення автоматичного циклу, класифікація САЦ і їхні переваги й недоліки	173
11.3.1 <i>Етапи циклу керування</i>	177
ЛЕКЦІЯ №12. ТЕМА №7: ОСНОВНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЦИКЛОМ ЗВАРЮВАННЯ	178
12.1 Термічний цикл зварювання і структура зварного з'єднання	178
12.2 Робочій цикл зварювання	180
12.3 Застосовування САЦ, САК, САР	180
12.4 Основні системи автоматичного керування циклом виробництва	186
12.5 Завдання динаміки САР	190
ЛЕКЦІЯ №13. ТЕМА №8: ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	193
13.1 Перетворення Лапласа і Фур'є. Типовий вплив	193
13.1.1 <i>Перетворення Лапласа</i>	193
13.1.2 <i>Властивості перетворення Лапласа</i>	194
13.1.3 <i>Перетворення Фур'є</i>	195
13.1.4 <i>Властивості перетворення Фур'є</i>	195
13.2 Лінійні диференціальні рівняння динаміки САР	196
13.2.1 <i>Генератор</i>	197
13.2.2 <i>Двигун</i>	198
13.2.3 <i>Тахогенератор</i>	199
13.2.5 <i>Вузол порівняння</i>	199
13.3 Поняття про передавальну функцію ланки і системи	199
13.4 Структурні схеми САР та їх перетворення. Критерії стійкості	200
13.4.1 <i>Еквівалентні перетворення структурних схем</i>	201
13.5 Методика побудови перехідного процесу	205
13.5.1 <i>Принцип суперпозиції (накладення)</i>	208
13.6 Коригувальні елементи САР	211
ЛЕКЦІЯ №14. ТЕМА №9: МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАГОТІВЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ	213
14.1 Уявлення про види заготівельного обладнання	215
14.2 Уявлення про види автоматизованих ліній	219
14.3 Методи очищення металів	221
14.4 Дрібнометательне і хімічне очищення стали	223
14.5 Основні групи заготівельного обладнання	224
14.6 Призначення складально-зварювальної оснастки	226
14.7 Типи складально-зварювального оснащення	227
14.7.1 <i>Складальні пристрої</i>	227
14.7.2 <i>Пристрої для повороту і переміщення зварюваних виробів</i>	227
14.7.3 <i>Пристрої для установлення і переміщення зварювальних апаратів</i>	228
ЛЕКЦІЯ №15. ТЕМА №9: МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАГОТІВЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ	229
15.1 Підбір обладнання для правлення, розмітки, різання сортового металу	229

15.1.1 Устаткування для правлення	229
15.1.2 Розмітка та маркування	231
15.1.3 Устаткування для різання	237
15.2 Обладнання для редагування (гнуття) прокату	243
ЛЕКЦІЯ №16. ТЕМА №9: МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАГОТІВЕЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ	249
16.1 Технологічні можливості сучасного обладнання	249
16.2 Комплексна механізація і автоматизація заготівельних операцій	252
16.3 Транспортне обладнання, що використовують, як засоби механізації у зварювальному виробництві, конвеєри, вантажно-розвантажувальне устаткування і т.п.	254
16.3.1 Вантажо-захоплювальні пристрої	254
16.3.2 Маніпулятори	256
16.3.3 Конвеєри	258
ЛЕКЦІЯ №17. ТЕМА №10: МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ І ВИВАНТАЖЕННЯ	267
17.1 Уявлення про завантажувальні пристрої	270
17.2 Завантажувальні пристрої магазинного та бункерного типу	272
17.3 Завантажувальні пристрої: механізми відведення та знімання заготовок	276
17.4 Вміння обирання завантажувальних пристроїв	282
17.5. Завдання механізації і автоматизації завантаження і вивантаження заготовок, деталей	282
17.6 Автоматична і напівавтоматична подача в робочу зону	285
17.7 Заходи з техніки безпеки та пожежної безпеки при механізації і автоматизації завантаження і вивантаження	285
ЛЕКЦІЯ №18. ТЕМА №11: МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ СКЛАДАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	287
18.1 Уявлення про механізацію і автоматизацію збирання	287
18.1.1 Елементи процесу автоматичного складання	288
18.2 Характеристика зварювального обладнання	289
18.3 Базування деталей. Установчі технологічні бази	291
18.3.1 Типові схеми базування і вибір баз	292
18.3.2 Розробка принципової схеми пристосування	295
18.4 Установчі елементи	297
18.5 Вибір технологічних баз деталей	299
ЛЕКЦІЯ №19. ТЕМА №11: МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ СКЛАДАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	302
19.1 Вибір настановних та затискних елементів	302
19.2 Розрахунки притискних елементів	303
19.3 Основні стадії складання	308
19.4 Характеристика зварювального устаткування	309
19.5 Елементи зварювального устаткування і їх призначення при складанні	310
19.6 Установчі елементи: фіксатори, упори, призми, шаблони, установчі гнізда	312
19.7 Ручні притиски і їх конструкції	314

19.8 Механізовані притиски і затискні пристрої	317
ЛЕКЦІЯ №20. ТЕМА №11: МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ СКЛАДАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	321
20.1 Обладнання для збірки плоских листових конструкцій, циліндричних конструкцій	321
20.2 Центратори зовнішні і внутрішні для збірки труб діаметром понад 100 мм	323
20.3 Оснащення і обладнання для збирання балок, рамних і ґратчастих конструкцій	326
20.4 Універсальні розбірні пристосування, нормалізовані вузли	332
ЛЕКЦІЯ №21. ТЕМА №12: МЕХАНІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ЗВАРЮВАННЯ	336
21.1 Компонування зварювальних установок з типового механічного та електротехнічного обладнання	337
21.2 Уявлення про механізацію, автоматизацію та роботизацію зварювання	340
21.3 Обладнання поворотне і неповоротне; обладнання для ущільнення стиків	344
ЛЕКЦІЯ №22. ТЕМА №12: МЕХАНІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ЗВАРЮВАННЯ	353
22.1 Вибір обладнання для установки виробів у зручне положення для зварювання; обладнання для переміщення зварювальних апаратів	353
22.2 Устаткування неповоротне та поворотне	357
22.3 Класифікація, маніпулятори, обертачі, позиціонери, кантувачі. Види, сфера застосування, схеми, розрахунок	358
22.4 Устаткування для підйому і переміщення зварників: підйомники, ліфти, майданчики	361
22.4.1 Устаткування для підйому і переміщення зварювальних пристроїв	364
22.4.2 Підйомно-поворотні колони для зварювального обладнання	366
22.5 Устаткування для ущільнення стиків: кільцевих і поздовжніх. Пристрої з флюсовими подушками і металевими підкладками	368
22.6 Устаткування для розміщення і переміщення зварювальних апаратів: візки, колони	372
ЛЕКЦІЯ №23. ТЕМА №12: МЕХАНІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ЗВАРЮВАННЯ	374
23.1 Спеціальні пристрої: комплексні механізовані установки для зварювання	374
23.1.1 Безцентрові кантувачі	375
23.1.2 Ланцюгові кантувачі	376
23.1.3 Важильно-домкратні кантувачі	377
23.1.4 Важильно-книжкові кантувачі	378
23.2 Розрахунок роликів стендів	379
23.3 Флюсоподаючі пристрої	382
23.4 Згинально-зварювальні або вальце-зварювальні машини	387
23.5 Складально-зварювальні комбайни для виробництва балок	390
ЛЕКЦІЯ №24. ТЕМА №13: МЕХАНІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РО-	

БОТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ І ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ	392
24.1 Уявлення про механізації і автоматизації підйомно-транспортного обладнання	394
24.2 Універсальне вантажопідйомне обладнання; класифікацію, область застосування	396
24.2.1 Класифікація вантажопідйомних машин	397
24.2.2 Основні типи вантажопідймальних машин і механізмів	398
24.2.3 Загальні параметри вантажо-підйомних машин	401
24.2.4 Типові кранові механізми	402
24.3 Спеціальні підйомно-транспортні засоби, що застосовуються в складально-зварювальному виробництві	403
24.4 Вибір підйомно-транспортного обладнання	404
ЛЕКЦІЯ №25. ТЕМА №13: МЕХАНІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ І ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ	406
25.1 Засоби для переміщення заготовок зварних вузлів	406
25.2 Універсальні вантажопідйомні пристрої, їх класифікація та область застосування	407
25.3 Електроталі, мостові крани, спеціальні підйомно-транспортні засоби: чотирьох крюковий кран	409
24.4 Візки для транспортування листів	412
25.5 Конвеєри: стрічкові, роликові, крокові, штангові, що штовхають. Їх призначення, пристрій, недоліки	413
ЛЕКЦІЯ №26. ТЕМА №14: АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ І БЛОКУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ	420
26.1 Уявлення про основні поняття, визначення та регульованих величин об'єкта регулювання	420
26.2 Функціональні схеми систем автоматичного регулювання з АР, її основні елементи та класифікація	423
26.3 Вибір системи регулювання зварювальних процесів для параметрів режимів зварювання та орієнтування робочого органу при зварюванні	425
26.4 Основні поняття і визначення: регульована величина, об'єкт регулювання	427
26.5 Функціональна схема системи автоматичного регулювання САР: її основні елементи, класифікація САР	429
26.6 Системи регулювання зварювальних процесів, параметрів режимів зварювання, орієнтування робочого органу при зварюванні	432
26.6.1 Саморегулювання дуги з плавким електродом	432
26.6.2 Системи автоматичного регулювання дугового зварювання ...	434
26.6.3 Системи автоматичного регулювання довжини дуги	436
26.6.4 Системи автоматичного регулювання вольту (АРВ) електрода	437
26.6.5 Автоматизація керування положенням зварювального пальника при зварюванні і наплавленні	440
ЛЕКЦІЯ №27. ТЕМА №15: <u>МАШИНИ, НАПІВАВТОМАТИ, АВТОМАТИ І ЛІНІЇ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА</u>	443

27.1 Уявлення про машини, напівавтомати, автомати зварювального виробництва	443
27.2 Структурні схеми комплексних механізованих, автоматичних або роботизованих ліній	448
27.3 Типи автоматичних ліній для складання і зварювання циліндричних виробів, труб, балок	451
ЛЕКЦІЯ №28. ТЕМА №15: <u>МАШИНИ, НАПІВАВТОМАТИ, АВТОМАТИ І ЛІНІЇ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА</u>	460
28.1 Визначення і структурна схема комплексних механізованих і автоматичних ліній	460
28.2 Типи автоматичних ліній, їх конструкція і технічні особливості	461
28.3 Автоматичні лінії складання і зварювання циліндричних виробів, балок. Принцип їх роботи	465
ЛЕКЦІЯ №29. ТЕМА №16: ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ	474
29.1 Уявлення щодо застосування промислових роботів для зварювання, збирання та транспортування	474
29.1.1 Застосування роботів в зварювальній технології	475
29.2 Призначення і класифікацію промислових роботів	486
ЛЕКЦІЯ №30. ТЕМА №16: ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ	490
30.1. Класифікація роботів за ступенем спеціалізації, по системі координатних переміщень, числу ступенів рухливості і мобільності, вантажо-підйомності і конструктивним виконанням	490
30.1.1. Склад, параметри і класифікація роботів	490
30.1.2 Застосування роботизованих технологічних комплексів (РТК) в зварювальній технології	493
30.2 Класифікація роботів за спеціалізацією; системі координатних переміщень, числу ступенів рухливості і мобільності, вантажопідйомності і конструктивному виконанню	497
ЛЕКЦІЯ №31. ТЕМА №17: ОСНОВНІ КОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ	505
31.1 Уявлення про конструкцію промислових роботів для зварювання	507
31.2 Конструкція підлогових роботів, роботів з висувною рукою	517
31.3 Вибір промислових роботів для зварювання	522
31.3.1 Структура промислових роботів	522
31.3.2 Класифікація маніпуляторів	522
ЛЕКЦІЯ №32. ТЕМА №17: ОСНОВНІ КОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ	524
32.1 Покриття для роботи з висувною рукою	525
32.2 Захватні пристрої зварювальних роботів	526
32.3 Приводи і елементи автоматичних зварювальних роботів	542
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	549

ВВЕДЕННЯ

Механізація, автоматизація та роботизація промисловості є одним з пріоритетних напрямів індустріалізації складально-зварювального виробництва і безпосередньо впливає на цю галузь. Вона зі свого боку, зазнає змін у зв'язку з переходом до індустріальних методів ведення робіт.

Створення бази для переходу до індустріальних методів зварювання, що характеризуються різноманіттям технологічних процесів (їх налічується більше 100) і засобів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів обумовлює необхідність розроблення нових різновидів машин для комплексної механізації, автоматизації та роботизації зварювального виробництва.

Досягнення успіху в цій справі дасть змогу перейти від комплексної механізації основних видів складально-зварювальних робіт до комплексної механізації та автоматизації процесів загалом, впровадити в практику виробництва прогресивні технології, що базуються на використанні індустріальних методів і засобів автоматизації та роботизації, максимально удосконалити структуру парку установок та допоміжних машин і скоротити обсяги робіт, під час яких застосовується ручна праця.

Перевагою механізованих методів є не тільки безпосередня заміна ручної праці на механізовану, а і необхідність переглянути весь комплекс складально-зварювальних процесів, щоб визначити всі можливі зміни, які відбудуться внаслідок заміни ручної праці механізованою, автоматизованою та роботизованою, зокрема змінюючи технологію процесу зварювання різноманітних конструкцій, будівель і споруд, пристосовуючи її до нового рівня механізації, з використанням наявних машин і засобів механізації, автоматизації та роботизації.

Співвідношення між вартістю і продуктивністю машин, з одного боку, і вартістю і продуктивністю робочої сили, яку вони замінюють, з іншого боку, буде відрізнятися залежно від того, у якій країні їх будуть застосовувати. Із огляду на це одну й ту саму машину в різних країнах застосовувати недоцільно. Що вищою є заробітна плата робітників, які виконують ту чи іншу операцію (процес) вручну. Щодо заробітної плати робітників, задіяних на виробництві і під час експлуатації машин, то вигідніше замінити ручну працю на цій операції (процесі) машинами. Однак оскільки більш раннє завершення робіт передбачає введення в експлуатацію різноманітних конструкцій (в економічний оборот) важливих національних ресурсів, що сприяє істотному збільшенню зайнятості та обсягу виробництва, застосування праце-зберігаючих технологій та є виправданим.

Це виправдано якщо витрати на механізовані, автоматизовані та роботизовані роботи будуть значно перевищувати витрати під час використання ручної праці. Якщо обсяги робіт невеликі, ефективність застосування установок та машин здебільшого є мінімальною. Це обумовлено їх меншою (порівняно з ручною працею) гнучкістю і низькою, щодо часу знаходження на профмайданчиках та продуктивністю.

У наш час одним з найважливіших напрямів удосконалення конструкцій зварювальних установок та допоміжних машин є створення універсальних машин із максимальною кількістю знімного змінного робочого обладнання. Вони легші й менш потужні порівняно зі спеціалізованими машинами звичайного розміру, однак для багатоцільового застосування їх можна використовувати з більшою інтенсивністю, ніж спеціалізовані

машини. Отже, їх можуть використовувати дрібні підрядники для виконання невеликих обсягів робіт. Однак не можна з упевненістю стверджувати, що подібне обладнання є економічно вигіднішим, порівняно з орендою спеціальних машин або залученням, у разі необхідності, субпідрядників, що спеціалізуються на певному різновиді робіт.

Комплексна механізація, автоматизація та роботизація складально-зварювального виробництва і ремонтних робіт – це прикладна наукова дисципліна, яка становить комплекс знань щодо технології зварювального виробництва, механізації та автоматизації (техніки), роботизації виробничих процесів та їх організації і економіки.

Під час вивчення дисципліни «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів» (МАтаРЗП) розглядаються основні принципи механізації, автоматизації та роботизації заготівельних та складально-зварювальних процесів, обґрунтовується вибір комплектів машин, організація їхньої роботи з урахуванням прийнятої технології виконання складально-зварювальних робіт.

Базовими для вивчення дисципліни є такі поняття: зварювальна техніка, матеріали для зварювання, наплавлення та паяння, інженерна графіка, будова зварних конструкцій, технологія складально-зварювального виробництва.

Мета вивчення дисципліни – формування у студентів сукупності знань про сучасні методи та форми впровадження механізації, автоматизації й роботизації основних видів складально-зварювальних процесів.

Предметом вивчення дисципліни є методи механізації, схеми і структура сучасних комплексів машин, форми механізації, автоматизації та роботизації основних різновидів складально-зварювальних робіт, методики вибору машин та механізмів.

У підсумку вивчення дисципліни студент повинен знати: різновиди зварних, наплавних та паяних процесів та способи їхнього виконання під час складання, зварювання, наплавлення або паяння, ремонту та реконструкції різноманітних конструкцій; методики вибору технологічних рішень та форм упровадження механізації, автоматизації та роботизації під час виконання робіт і розрахування основних технічних показників.

Конспект лекцій написано відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів» для студентів денної, дистанційної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня підготовки бакалавр, напряму підготовки «Прикладна механіка», спеціальності «131. Прикладна механіка».

Для поглибленого вивчення курсу надано рекомендовану літературу.

Під час вивчення дисципліни необхідно самостійно ознайомлюватися з програмними документами щодо механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів, складально-зварювальної технології, сайтами компаній та фірм в мережі Інтернет по виконанню зварних робіт.

Лекція №1

ТЕМА №1: ВСТУП. МЕХАНІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Питання лекції: Зміст курсу «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів». Використана література. Вступ. Історія розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів. Загальна характеристика механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів. Класифікація основних видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів. Загальні методи захисту від ураження при різних видах механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів. Сучасний стан та перспективи розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів.

Зварювання є одним з провідних технологічних процесів, як в області машинобудування, так і в будівельній індустрії.

Фізична сутність процесу зварювання (рис. 1) полягає в утворенні міцних зв'язків між атомами і молекулами на з'єднуються поверхнях заготовок під зовнішнім впливом (теплоти, тиску та інших методів впливу).

Технологічний процес зварювального виробництва це можливість отримання нероз'ємних з'єднань в результаті виникнення атомно-молекулярних зв'язків між сполучаються деталями при їх нагріванні і пластичній деформації. Зварні з'єднання можна отримувати двома принципово різними шляхами: *зварюванням плавленням* і *зварюванням тиском*.

Механізація (англ. Mechanization, ньому. Mechanisierung) – один з основних напрямків науково-технічного прогресу, яке полягає в широкому застосуванні механізації виробництва. Даний термін має на увазі процес або роботу, виконувану за допомогою механізмів. Спочатку поняття механізму (машини) з інженерної точки зору визначається наступним чином: *«Кожна машина побудована з метою виконання певних механічних операцій, кожна з яких передбачає існування в процесі крім самої машини (механізму) ще й двох інших складових: рушійної сили і власне об'єкта, на який спрямовані дії, які можна назвати роботою. Механізм або машина, по суті, є посередником між енергією і яку здійснюють роботою, з метою адаптації одного в інше».*



Рис. 1. Зварювання металів

У деяких областях, поняття **механізація** включає використання ручного інструменту. В сучасних умовах механізація в області техніки або економіки має на увазі використання більш складних механізмів, ніж ручні інструменти або примітивні пристрої, засновані на використанні енергії тварин (коней або ослів). Під механізацією також мають на увазі застосування пристроїв (машин), здатних змінювати швидкість або перетворювати зворотно-поступальні рухи під обертальні, з використанням таких засобів, як шестерні, шківів або шківів і ременів, валів, ексцентриків і так далі. Після проведення електрифікації виробництва, більшість невеликих механізмів з ручним приводом замінили електромотори, що стали синонімом машин. Розрізняють поняття:

- **часткова механізація** – окремі операції на ручному виробництві виконують машини або механізми;
- **комплексна механізація** – охоплює весь комплекс робіт при виконанні закінченого технологічного процесу або створення певного виробу, при цьому працівник керує комплексом машин;
- **автоматизація** – вищий ступінь механізації виробництва, при якій машини керують механізмами, а висококваліфікований працівник тільки налагоджує і контролює виробничий процес;
- **роботизація зварювальних процесів** (Robotic Process Automation – RPA) – це революційна технологія, що дозволяє організаціям істотно підвищити операційну продуктивність і ефективність шляхом програмування роботів на виконання повторюваних завдань і процесів.

Таким чином, головним сучасним напрямком технічного прогресу, основою підвищення продуктивності і продуктивності праці, а також поліпшення якості продукції є комплексна механізація і автоматизація виробництва. Соціально-економічний ефект механізації обумовлений способом виробництва.

Автоматизація – один із напрямів науково-технічного прогресу, що використовує саморегулюючі технічні засоби і математичні методи з метою звільнення людини від участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів, виробів або інформації, або істотного зменшення ступеня цієї участі або трудомісткості виконуваних операцій автоматизуються:

- виробничі процеси;
- проектування;
- організація, планування і керування;
- наукові дослідження;
- навчання;
- бізнес процеси;
- та інші сфери людської діяльності.

Автоматизація дозволяє підвищити продуктивність праці, поліпшити якість продукції, оптимізувати процеси керування, відсторонити людину від виробництв, небезпечних для здоров'я. Автоматизація, за винятком найпростіших випадків, вимагає комплексного, системного підходу до вирішення завдання. До складу систем автоматизації входять датчики (сенсори), пристрої введення, пристрої керування (контролери), виконавчі пристрої, пристрої виведення, комп'ютери. Застосовувані методи обчислень іноді копіюють нервові і розумові функції людини. Весь цей комплекс засобів зазвичай називають системами. Як оціночної характеристики може виступати поняття рівня (ступеня) автоматизації.

Основні види систем автоматизації:

- *автоматизована система планування (АСП);*
- *автоматизована система наукових досліджень (АСНД);*
- *система автоматизованого проектування (САПР);*
- *автоматизований експериментальний комплекс (АЕК);*
- *гнучке автоматизоване виробництво (ГАП); і автоматизована система керування технологічним процесом (АСК ТП);*
- *автоматизована система керування експлуатацією (АСКЕ) і система автоматичного керування (САК).*

Зварювання роботами – зварювання з використанням механізованих програмованих машин – роботів, які повністю автоматизують, як зварювальний процес, так і роботи з переміщення і обробки деталей.

Газове дугове зварювання металевим електродом часто автоматизовано, але для роботи робота оператор готує матеріали, програмує його роботу. Роботизоване зварювання зазвичай використовується для контактного точкового зварювання та дугового зварювання в автомобільній промисловості.

Роботизоване зварювання (рис. 2) – одне з найпоширеніших в даний час застосувань робототехніки. Використання роботів в зварюванні почалося з 1980-х років, коли автомобільна промисловість почала широко використовувати роботів для точкового зварювання. З тих пір кількість роботів, які використовуються в промисловості і їх застосування значно зростає. У 2005 році більше 120000 роботів використовувалося в північноамериканській індустрії, близько половини з них – для зварювання.



Рис. 2. Зварювання з використанням роботів:

- a – робот з дуговим зварюванням;*
- б – роботизовано лінія точкового зварювання кузовів автомобілів;*
- в – робот для лазерного зварювання;*
- г – роботизований комплекс для плазмового зварювання або різання*

Зростання застосування роботів в першу чергу обмежувався високою вартістю обладнання та їх обмеженням для високопродуктивних додатків. Однак, вже в 2014 році американська корпорація FANUC представила недорогий робот для дугового зварювання, щоб забезпечити невеликих виробників економічним роботизованим дуговим зварюванням.

Роботизація дугового зварювання останнім часом швидко зростає, зварюванням зайнято близько 20 % промислових роботів. Основні компоненти роботизованого дугового зварювання – робот-маніпулятор або механічний блок і керуючий контролер, в який завантажується програма, що задає траєкторію і режими роботи виконавчих механізмів.

Робот зварює деталі за заданою програмою з використанням датчиків. Роботизоване зварювання дозволяє підвищити якість і точність виготовлення деталей при збільшенні продуктивності робіт.

1.1 Зміст курсу «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів»

Курс дисципліни «Механізація, автоматизація і роботизація зварювальних процесів» розрахований для вивчення у магістратурі в другому семестрі у кількості 150 годин

(5 модулів), з яких:

– на **лекції** відводиться – 64 годин (32 лекції), відповідно, в першому розділі (модуль №1) – 32 години (16 лекцій), і в другому (модуль 2) – 32 годин (16 лекцій);

– **лабораторні заняття** – робочим планом з дисципліни непередбачені;

– **практичні заняття** – робочим планом з дисципліни непередбачені;

– **індивідуальне завдання (реферат)** – передбачено самотійне виконання 6 години на семестр;

– решту часу 78 годин відводиться на **самотійну підготовку**.

В кінці семестру здається **залік** (у письмовому вигляді).

Перед іспитом проводиться консультація в обсязі 2 годин.

Крім цього протягом семестру проводяться дві контрольні модульні контрольні роботи (у письмовому вигляді) за відповідними розділами (по одній в кожному модулі) на 8...9 і на 15...16 тижні.



1.2 Використовувана література

Основна література:

1. **Ларичева Л. П.** Конспект лекцій з дисципліни «Автоматичне регулювання та управління технологічними процесами» для студентів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія / Укладач: Л. П. Ларичева. – Кам'янське: ДДТУ, 2016. – 75 с.

2. **Карпенко А. С.** Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / 2-е видання, переробл. Та доповн. : Навч. посібник – Київ : Арістей, 2006. – 272 с.

3. **Осіпов М. Ю.** Конспект лекцій з дисциплін "Складально-зварювальне оснащення" і "Оснащення для наплавлення та напилення" (частина 1) для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка" усіх форм навчання / Укл.: М. Ю. Осіпов, О. Є. Капустян. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016 – 66 с.

4. **Шумілов А. О.** Конспект лекцій з дисципліни «Автоматичні лінії, роботи та транспорт у зварювальному виробництві» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання. / Укл.: А. О. Шумілов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 – 66 с.

5. **Дорохов М. Ю.** Конспект лекцій з дисципліни «Машини непереривного транспорту» для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» усіх форм навчання. / Укл. : М. Ю. Дорохов. – Краматорськ: ДДМА, 2020 – 57 с.

Навчальна література:

6. **Маршуба В. П.** Конспект лекцій по дисципліні «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів» / В. П. Маршуба. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – 254 с. (Електронне видання).

7. **Маршуба В. П.** Лабораторний практикум по виконанню лабораторних робіт з курсу «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів» для студентів денної і заочної форми навчання напряму 6.050504 «Зварювання». / уклад. В. П. Маршуба. – Харків : НТУ «ХП», 2017. –150 с. (Електронне видання).

8. **Маршуба В. П.** Навчально-методичний посібник для виконання лабораторних робіт по дисципліні «Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів»

1.3 Вступ

Комплексна механізація, автоматизація та роботизація складально-зварювальних робіт дозволяє досягти істотного підвищення ефективності зварювальних робіт, якості зварних з'єднань, поліпшення умов праці та ін.

Реалізація комплексної механізації, автоматизації та роботизації здійснюється шляхом застосування основних зварювальних установок та допоміжних транспортно-виконавчих пристроїв, а також різноманітних складально-зварювальних установок і верстатів, комплексно-механізованих робочих місць (КМРМ), ділянок (КМД) або цехів (КМЦ), а також поточних і автоматичних ліній, автоматизованих та роботизованих ділянок (АРД) або цехів (АРЦ).

При зварюванні на окремих верстатах і установках, як правило, багато допоміжних операції виконуються з невисоким рівнем механізації і автоматизації як, *наприклад*, за допомогою цехових транспортних засобів або вручну. Більш ефективним є застосування комплексно-механізованих робочих місць і ділянок, а також поточних і автоматичних ліній, автоматизованих та роботизованих ділянок або цехів.

Застосування КМРМ і КМД та АРД і АРЦ особливо ефективно в одиничному і дрібносерійному виробництві з широким розповсюдженням механізованого зварювання за допомогою шлангових напівавтоматів. Це дозволяє повністю або частково механізувати складання, транспортування, завантаження і вивантаження виробів. Використання шлангових напівавтоматів не виключає застосування автоматичного зварювання. Більш повна комплексна механізація, автоматизація та роботизація складально-зварювальних робіт дозволяється застосуванням потокових ліній.

Перспективи розвитку комплексної механізації, автоматизації та роботизації в зварювальному виробництві відкриваються при застосуванні методів і технічних засобів програмного керування і широкому використанні ЕОМ. Значні перспективи має створення автоматичних ліній зі зварювальних установок з ПК переміщеннями робочих органів і параметрами режиму зварювання, головним чином, на базі зварювальних роботів, з'єднаних транспортно-завантажувальними засобами, що використовують пристосування-супутники. Такі лінії мають засоби автоматичного складання заготовок і пристосувань і розподілу їх між установками. Групове керування лініями здійснюється від ЕОМ. В умовах багатого-номенклатурних виробництв важливі відмова від жорсткої послідовності переміщення виробів від позиції до позиції і створення ліній з гнучким транспортом, *наприклад*, роботизованими візками (робокар) з електроприводом, керованими від ЕОМ. Питання приводу візків здійснюється від акумуляторних батарей або від спеціальної електричної системи, що розташована під підлогою, а керування – за допомогою високочастотного поля, що збуджується навколо кабелів, вмонтованих в підлогу. На лінії з роботизованими візками одночасно (в будь-якій послідовності) можуть оброблятися кілька типорозмірів виробів.

1.4 Історія розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів

Автоматичні пристрої (рис. 3) – прообрази сучасних автоматів (рис. 4) – з'явилися в глибокій старовині. Однак в умовах дрібного кустарного і напівкустарного виробницт-

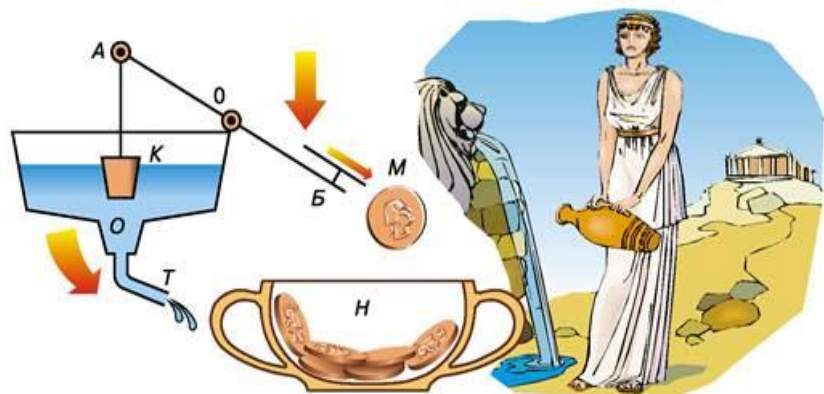
ва аж до XVIII ст. практичного застосування вони не отримали і, залишаючись цікавими «іграшками», свідчили лише про високе мистецтво древніх майстрів. Удосконалення знарядь і прийомів праці, пристосування машин і механізмів для заміни людини у виробничих процесах викликали в кінці XVIII в. – початку XIX ст. різкий стрибок рівня і масштабів виробництва, відомий як промислова революція XVIII-XIX ст.

Промислова революція створила необхідні умови для механізації виробництва, в першу чергу, прядильного, ткацького, метало- та деревообробного. К. Маркс побачив у цьому процесі принципово новий напрямок технічного прогресу і підказав перехід від застосування окремих машин до «автоматичній системі машин», в якій за людиною залишаються свідомі функції управління: людина стає поруч з процесом виробництва в якості його контролера і регулювальника. Найважливішими винаходами цього періоду стали винаходи російським механіком І.І. Ползуновим автоматичного регулятора живлення парового котла (тисяча сімсот шістдесят п'ять) і англійським винахідником Дж. Уатт відцентрового регулятора швидкості парової машини (1784), що стала після цього основним джерелом механічної енергії для приводу верстатів, машин і механізмів.



Рис. 3. Автоматичні пристрої:
а – роботизовано лінія збирання-зварювання кузовів автомобілів;
б – лінія фасування продуктів;
в – прокатний стан

Рис. 4. Перший механізм регулювання подачі вод



З 60-х років XIX століття в зв'язку з швидким розвитком залізниць, стала очевидна необхідність автоматизації залізничного транспорту і, перш за все, створення автоматичних приладів контролю швидкості для забезпечення безпеки руху поїздів. У Росії одними з перших винаходів в цьому напрямку були автоматичний показчик швидкості інженера-механіка С. Прауса (1868) і прилад для автоматичної реєстрації швидкості руху поїзда, часу його прибуття, тривалості зупинки, часу відправлення і місцезнаходження поїзда, створений інженером В. Зальманом і механіком О. Графтио (1878). Про ступінь поширення автоматичних пристроїв в практиці залізничного транспорту свідчить те, що на Московсько-Брестської залізниці вже в 1892 існував відділ «механічного контролю поїздів».

Вчення про автоматичні пристрої до XIX в. замикалося в рамки класичної прикладної механіки, яка розглядала їх, як відокремлені механізми (рис. 5). Основи науки про авто-матичне керування по суті вперше були викладені в статті англійського фізика Дж. К. Максвелла «Про регулювання» (1868) і праці російського вченого І.А. Вишнеградський «Про регуляторах прямої дії» (1877), в якому вперше регулятор і машина розглядалися, як єдина система. А. Стодола, Я.І. Грідіна і Н.Є. Жуковський, розвиваючи ці роботи, дали систематичний виклад теорії автоматичного регулювання.

З появою **механічних джерел електричної енергії – електромашинних генераторів постійного і змінного струму** (динамо-машин, альтернаторів) – і електродвигунів виявилася можливою централізована вироблення енергії, передача її на значні відстані і диференційоване використання на місцях споживання. Тоді ж виникла необхідність в автоматичній стабілізації напруги генераторів, без якої їх промислове застосування було обмеженим.

Лише після винаходу регуляторів напруги з початку XX століття електроенергія стала використовуватися для приводу виробничого обладнання. Поряд з паровими машинами, енергія яких розподілялася трансмісійними валами і ремінними передачами по верстатах, поступово поширювався і електропривод, спочатку витіснив парові машини для обертання трансмісій, а потім отримав і індивідуальне застосування, тобто верстати почали оснащувати індивідуальними електродвигунами.

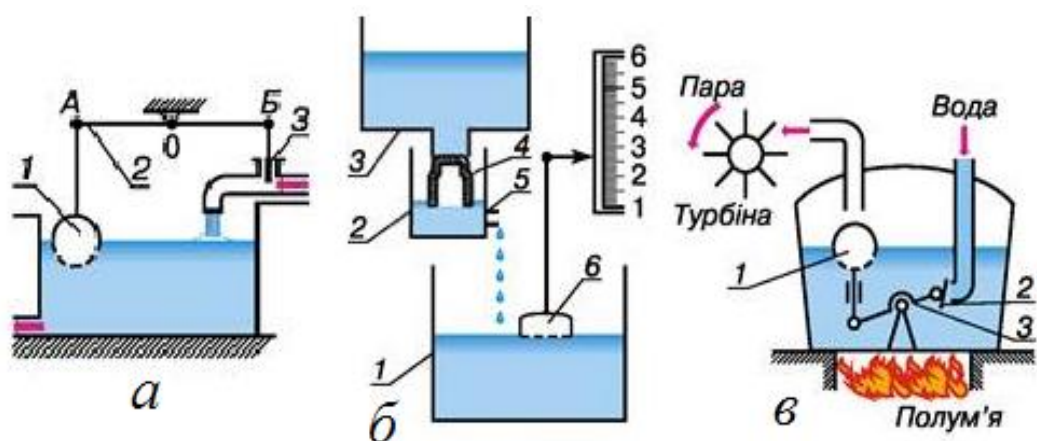


Рис. 5. Схеми автоматичних пристроїв:
а – регулятор подачі води;
б – регулятор водяного годинника;
в – регулятор швидкості обертання турбіни

Перехід від центрального трансмісійного приводу до індивідуального в 20-х роках XX століття надзвичайно розширив можливості вдосконалення технології механічної обробки і підвищення економічного ефекту. Простота і надійність індивідуального електроприводу дозволили механізувати не тільки енергетику верстатів, а й керування ними. На цій основі виникли і отримали розвиток різноманітні верстати-автомати, агрегатні верстати і автоматичні лінії. Широке застосування автоматизованого електроприводу в 30-і роки XX століття не тільки сприяло механізації багатьох галузей промисловості, але по суті поклато початок сучасної автоматизації виробництва. Тоді ж виник і сам термін «Автоматизація виробництва».

В СРСР освоєння автоматизованих засобів керування і регулювання виробничих процесів почалося одночасно зі створенням важкої промисловості і машинобудування і проводилося відповідно до рішень Комуністичної партії і Радянського уряду про індустріалізацію і механізацію виробництва. У 1930 році з ініціативи Г.М. Кржижановського в Главенергоцентре ВРНГ СРСР був організований комітет з автоматики для керівництва роботами з автоматизації в енергетиці. У правлінні Всесоюзного електротехнічного об'єднання (ВЕО) в 1932 р. було створено бюро автоматизації та механізації заводів електропромисловості. Почалося застосування автоматизованого обладнання у важкій, легкої та

харчової промисловості, удосконалювалася транспортна автоматика. У спеціальному машинобудуванні поряд з окремими автоматами були введені в дію конвеєри з примусовим ритмом руху. Організовано Всесоюзне об'єднання точної індустрії (ВОТІ) з виробництва та монтажу приладів контролю і регулювання.

У науково-дослідних інститутах енергетики, металургії, хімії, машинобудування, комунального господарства створювалися лабораторії автоматики. Проводилися галузеві і всесоюзні наради і конференції по перспективам її застосування. Почалися техніко-економічні дослідження значення автоматизації виробництва для розвитку промисловості в різних соціальних умовах. У 1935 році в АН СРСР стала працювати Комісія телемеханіки і автоматики для узагальнення і координації науково-дослідних робіт в цій галузі. Почалося видання журналу «Автоматика і телемеханіка».

У 1936 Д.С. Хардер (США) визначав автоматизацію як «автоматичне маніпулювання деталями між окремими стадіями виробничого процесу». Мабуть, спочатку цим терміном позначали зв'язування верстатів з автоматичним обладнанням передачі і підготовки матеріалів. Пізніше Хардер поширив значення цього терміна на кожну операцію виробничого процесу.

Висока економічна ефективність, технологічна доцільність і часто експлуатаційна необхідність сприяли значному поширенню автоматизації в промисловості, на транспорті, в техніці зв'язку, в торгівлі і різних сферах обслуговування. Її основні передумови: більш ефективне використання економічних ресурсів – енергії, сировини, обладнання, робочої сили і капіталовкладень. При цьому поліпшується якість, і забезпечується однорідність продукції, що випускається, підвищується надійність експлуатації установок і споруд.

Соціалістична держава, розглядаючи автоматизацію виробництва як один з найбільш потужних факторів розвитку народного господарства, здійснює її за єдиним комплексним планом, пов'язавши з відповідними асигнуваннями і матеріально-технічним забезпеченням.

В ході виконання перших трьох п'ятирічних планів розвитку народного господарства (1928-1941) були створені перші заводи, що виробляють прилади і апаратуру автоматики і телемеханіки для автоматизації виробництва. Під час Великої Вітчизняної війни автоматизація виробництва мала величезне значення в матеріально-технічному забезпеченні фронту і задоволенні потреб оборонної промисловості СРСР. У першому післявоєнному плані відновлення і розвитку народного господарства (1946-1950) була передбачена подальша автоматизація в енергетиці, хімічній, нафтовій і нафтохімічній промисловості, широке впровадження у виробництво автоматизованого електроприводу. Програма подальшого розвитку автоматизації виробництва в період 1953-1958, прийнята на ХІХ з'їзді КПРС, передбачала, зокрема, механізацію робіт і автоматизацію виробництва на підприємствах чорної металургії, в гірській промисловості, в машинобудуванні, а також повну автоматизацію ГЕС.

Практично 50-ті роки стали періодом, коли автоматизація виробництва почала впроваджуватися в усі мають значну питому вагу галузі народного господарства СРСР.

У металургійній промисловості близько 95 % чавуну і 90 % сталі виплавлялось в автоматизованих печах; були введені в експлуатацію перші автоматизовані прокатні стани. Пущені автоматичні установки на нафтопереробних підприємствах. Здійснено телемеханічне керування газопроводами. Автоматизовані багато систем водопостачання. Почали діяти автоматичні бетонні заводи. Легка і харчова промисловість стала широко оснащуватися автоматами і напівавтоматами для розфасовки, дозування і упаковки продукції і автоматичними лініями по виробництву продуктів.

Парк автоматизованого устаткування в 1953 році виріс в 10 разів (у порівнянні з 1940 роком). У металообробній промисловості з'явилися верстати з програмним керуванням. Для виробництва масової продукції були застосовані роторні автоматичні лінії. У вибухонебезпечних хімічних виробництвах набуло широкого поширення телемеханічне керування процесами.

Прийняті скорочення:

- **АЛ** – Автоматизована лінія;
- **АРМ** – Автоматизоване робоче місце;
- **АСК** – Автоматизована система контролю;
- **АСТПВ** – Автоматизована система технологічної підготовки виробництва;
- **АСК** – Автоматизована система керування;
- **АСКВ** – Автоматизована система керування виробництвом;
- **АСКТП** – Автоматизована система керування технологічними процесами;
- **АСС** – Автоматизована складська система;
- **АТНС** – Автоматизована транспортно-накопичувальна система;
- **АТСС** – Автоматизована транспортно-складська система;
- **ГАВ** – гнучке автоматизоване виробництво;
- **ГАД** – Гнучка автоматизована ділянка;
- **ГАЦ** – Гнучкий автоматизований цех;
- **ЦПК** – Гнучкий паллетний контейнер (FPC – Flexible Pallet Container);
- **ГПМ** – Гнучкий паллетний магазин (FPM – Flexible Pallet Magazin);
- **ГВС** – Гнучка виробнича система (FMS – Flexible Manufacturing System);
- **ГВО** – Гнучкий виробничий осередок;
- **БРС** – Багаторівнева система (MLS – Multi-level System);
- **ПР** – Промисловий робот;
- **РПМ** – Роботизований виробничий модуль (RPC – Robotic Production Cell);
- **РТК** – Роботизований технологічний комплекс (RoboFMS – Robotic Flexible Manufacturing System);
- **РТЛ** – Роботизована технологічна лінія;
- **РТД** – Роботизована технологічна ділянка;
- **РТО** – Роботизований технологічний осередок;
- **САК** – Система автоматизованого контролю;
- **САПР** – Система автоматизованого проектування;
- **СПЗ** – Система програмного забезпечення;
- **ТМ** – Технологічна машина;
- **ТР** – Транспортний робот.

1.5 Загальна характеристика механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів

У комплексі заходів з профілактики виробничого травматизму при зварюванні поряд з правильною організацією робіт головне місце займають **заходи з механізації та автоматизації основних зварювальних процесів**. Для механізації збирання разом із застосуванням універсальних складальних пристосувань для прихватки деталей широке застосування отримують спеціальні складальні механізми з механічними, пневматичними і гідравлічними пристроями. Для механізації ручного зварювання в залежності від типу виробництва і розмірів виробу все більше застосування отримують поворотні ручні і приводні механізми, що забезпечують поворот і нахил вироби в одній площині або в де-

кількох площинах. Для механізації установки виробів під автоматичне зварювання поздовжніх швів знаходять застосування ручні і приводні поворотні механізми.

При сучасній організації зварювальних робіт в серійному виробництві використання пристосувань обов'язково. Складання і зварювання без пристосувань допускається тільки в окремих випадках, коли йде невелика партія детальний та конструювати і виготовляти спеціальні затискні пристрої недоцільно.

Для складання і зварювання використовують **опорні плити, складально-зварювальні стенди, стяжки і розпори, поворотні пристосування, кантувачі, позиціонери, кондуктори.** Плити для збірки виготовляють з чавуну з пазами для закладки болтів, які закріплюють вироби, і отворами для установки упорів. Постійні складально-зварювальні стенди роблять з двотаврових балок, швелерів або рейок з поздовжніми пазами для кріплення болтів. При зварюванні в стик плоских сталевих листів застосовують також магнітні плити, на яких зручно переміщати листи.

Останнім часом широкого поширення набувають швидкодіючі затискні пристрої: **пневматичні, електромагнітні та гідравлічні.** Для їх включення в дію досить повернути кран, важіль або натиснути кнопку. Стяжки і розпори застосовують для стягування між собою листів або розпорами їх зсередини, *наприклад*, при зварюванні циліндричних обичайок. Поворотні пристосування зручні для зварювання кільцевих швів, приварювання днищ, зварювання валів. Виріб обертається на роликах або в центрах верстата. За допомогою кантувачів повертають зварюються конструкції в зборі на опорних роликах, що дозволяє вести зварювання всіх швів в нижньому, т.п. найбільш зручному положенні.

Маніпулятори (рис. 6, а-г) застосовують як універсальних поворотних пристосувань при зварюванні різних машинобудівних конструкцій. Найбільшого поширення набули креслень і консольні маніпулятори. Планшайба маніпулятора може повертатися в межах 180...360° за допомогою електродвигунів.

Позиціонери (рис. 6, д) відрізняються від маніпуляторів тим, що не мають змінної регульованою швидкості обертання планшайби і тому не можуть застосовуватися для обертання виробу при автоматичному зварюванні кільцевих швів. Позиціонери служать для повороту і установки виробу в найбільш зручне для зварювання положення.

Кондуктори зазвичай складаються з рами-каркаса з розташованими на ньому упорами і затисками для закріплення деталей. За допомогою кондукторів встановлюють взаємне розташування частин виробу; вони прискорюють збірку і підвищують її точність, а також зменшують викривлення деталей при зварюванні.

Складально-зварювальні стенди, маніпулятори, складальні верстати і різні пристосування для виконання зварювальних робіт в цехових і монтажних умовах є необхідною ланкою будь-якого зварювального виробництва. Зварювальні пости, ділянки, цехи повинні бути забезпечені крім складально-зварювальних пристосувань підйомними пристроями. Так, *наприклад*, при масі виробів більше 30 кг, а на тих ділянках, де зварювання виробів ведеться систематично, при масі виробів більше 20 кг, їх установка на стіл зварника або на зварювальний верстат або в пристосування для зварювання, а також знімання виробів повинні проводитися за допомогою підйомних пристроїв: ручний або електричної талі, пневматичного підйомника, мостового крана, катучих балок і т.п. При підйомі вантажів категорично забороняється будь-кому знаходитися під вантажем і в зоні його можливого падіння. Всі підйомні механізми повинні систематично перевірятися службою головного механіка підприємства.

Сучасне машинобудування з масовим випуском продукції вимагає максимальної механізації всіх операцій металообробки, в тому числі і різних процесів зварювання. В цьому випадку пристрій спеціальних зварювальних цехів і відділень є недоцільним. Як

правило, різні зварювальні операції виконуються в загальному потоці виробництва. Процеси зварювання розбиваються на окремі операції, які виконуються в заданому темпі на спеціально заданому для цього обладнанні з максимально можливим ступенем механізації складально-зварювальних робіт. На ряді підприємств створені спеціальні автоматичні складально-зварювальні лінії, в яких всі операції виконують без застосування ручної праці. До числа таких виробництв можна віднести трубозварювальні заводи, на яких всі процеси заготівлі, збирання, калібрування і випробування труб з поздовжнім або спіральним розташуванням швів повністю механізовані. Широко застосовується автоматизація зварювальних процесів в автомобілебудуванні, вагонобудуванні, суднобудуванні та інших галузях масового виробництва.

У ряді виробництв з великим успіхом застосовуються стенди, пристосування і технологічні лінії, створені для виконання складання і зварювання окремих виробів або складних вузлів. Такі установки дозволяють швидко і досить точно збирати вироби і виробляти їх зварювання. Практика механізації та автоматизації складальних і зварювальних процесів показала, що завдяки їх впровадженню на підприємствах вдалося значно знизити травматизм, поліпшити умови праці до забезпечити безпеку працюючих.

1.6 Класифікація основних видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів

В основі організації виробничого процесу на кожному підприємстві і в будь-якому його цеху лежить раціональне поєднання в просторі і в часі всіх основних, допоміжних і обслуговуючих процесів. Особливості та методи цих поєднань різні в різних виробничих умовах, проте є і загальні принципи:

- Спеціалізації;
- Пропорційності;
- Паралельні;
- Прямоточні;
- Одно-рівневі;
- Багато-рівневі;
- З мінімумом перерв;
- З ритмічністю;
- Заміна в першу чергу некваліфікованої монотонної праці;
- Спрощення складних виробничих процесів та їх заміна на безліч найпростіших.

Сучасні виробничі системи, що забезпечують гнучкість при автоматизованому виробництві, включають:

- **Стенди з ЧПУ**, що вперше з'явилися на ринку ще в 1955 році. Масове поширення почалося лише із застосуванням мікропроцесорів;

- **Промислові роботи**, що вперше з'явилися в 1962 році. Масове поширення пов'язане з розвитком мікроелектроніки;

- **Роботизований технологічний комплекс (РТК)**, що вперше з'явилися на ринку ще в 1970-80 роки. Масове поширення почалося із застосуванням програмованих систем керування;

- **Гнучкі виробничі системи**, що характеризуються поєднанням технологічних одиниць і роботів, керовані ЕОМ, що мають обладнання для переміщення оброблюваних деталей і зміни інструменту;

- **Автоматизовані складські системи** (англ. Automated Storage and Retrieval Systems, AS / RS). Передбачають використання керованих комп'ютером підйомно-транспортних пристроїв, які закладають вироби на склад і витягують їх звідти по команді;

• **Системи контролю якості на базі ЕОМ** (англ. Computer-aided Quality Control, CAQ) – технічне додаток комп'ютерів і керованих комп'ютерами машин для перевірки якості продуктів.



Рис. 6. Маніпулятори та позиціонери:
 а – консольний маніпулятор; б і в – карусельні маніпулятори; з – маніпулятор з гідравлічними домкратами кута нахилу шайби, що обертається у межах 90° ; д – позиціонер вантажно-підйомністю до 10 тон

1.7 Загальні методи захисту від ураження при різних видах механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів

Робоче місце зварника повинно міститися в чистоті і порядку, не допускаючи нічого зайвого, що заважає роботі на робочому місці, а також в проходах і проїздах. Деталі й заготовлі слід тримати в стійкому положенні на підкладках і стелажах, висота штабелів не повинна перевищувати півтори ширини чи півтора діаметра підстави штабеля і у всіх випадках не повинна бути більше 1 м.

Зварювальні кабелі не можна розташовувати поруч з газозварювальними шлангами і трубопроводами, які перебувають під тиском, або по ділянках з високою температурою, а також поблизу кисневих балонів і ацетиленових генераторів.

Чи не повинні проводитися зварювання та різання всередині судин з закритими люками або не вивернуті пробками, у неогорджених або незакритих люків, отворів, колодязів і т.п.

Засоби індивідуального захисту. При зварюванні зона зварювання (зварювальна дуга, розплавляється метал) є джерелом можливого травмування зварника випромінюванням і теплом зварювальної дуги і бризками розплавленого металу. Для захисту очей, обличчя, шкірного покриву голови і шиї зварника від випромінювання і бризок металу, а також часткової захисту органів дихання від безпосереднього впливу виділяються при зварюванні парів металу, шлаку і аерозолів (дрібних частинок розплавляється металу і шлаку, зважених в парах) призначені захисні щитки. Щитки виготовляються двох основних видів **на головні і ручні**. На головний щиток більш зручний, так як звільняє руку зварника від необхідності утримувати ручної щиток. Щитки виготовляють поглибленої форми для того, щоб вони добре захищали всі відкриті частини голови і шиї зварника.

При користуванні щитком для огляду конструкції не обов'язково відкидати щиток назад на голову, досить підняти кришку рамки зі світлофільтром і оглянути конструкцію через прозоре захисне скло, а також підготувати стик до зварювання, зачистити крайки, видалити шлак і виконати інші операції, що вимагають хорошої видимості. Для захисту від шкідливого випромінювання дуги в щитки вставляють скляні світлофільтри темно-зеленого кольору, які не пропускають шкідливого випромінювання, але дозволяють бачити дугу, розплавляється метал і маніпулювати електродом для кращого формування шва. *Застосовують 13 класів світлофільтрів типу С для зварювання на токах від 13 до 900 А.* Різноманітність світлофільтрів дозволяє зварнику підібрати підходящий для нею зору світлофільтр потрібного класу. Необхідно мати на увазі, що випромінювання зварювальної дуги може травмувати очі робітників, які перебувають поблизу від працюючого зварника. Тому робітників, які перебувають в зоні зварювання, слід забезпечити окулярами і світлофільтрами, призначеними для підсобних робітників. Випромінювання дуги небезпечно для зору на відстані до 20 м.

Зварювальники, що працюють на будівельних майданчиках, зобов'язані носити каски, що оберігають голову робітника від можливого травмування падаючими предметами і захищають від ударів ураження електричним струмом та атмосферних впливів. Під каску повинен одягатися головний убір – **підшоломник**. Важливими засобами індивідуального захисту зварника є спецодяг і спецвзуття. Спецодяг (куртки і штани) виготовляється з матеріалу, що оберігає зварювальника від випромінювання і має противоіскрові нашивки. Для роботи в стаціонарних постах зварювальник використовує фартух, що оберігає від бризок, особливо небезпечних при дугового різання. Взуття зварника, який працює на монтажному майданчику, повинна бути з нековзною підметкою.

До засобів індивідуального захисту відносяться також **гумовий килимок, гумові рукавички і калоші**, що застосовуються при роботі в особливо небезпечних місцях. Під час роботи зварник повинен застібати куртку, не допускаючи оголення і поразки променями дуги відкритих місць тіла. Клапани куртки повинні бути закриті, брюки носяться на випуск так, щоб вони закривали черевики, щоб уникнути попадання бризок металу на ноги.

При проведенні зварювальних робіт на відкритому повітрі в холодну пору року спецодяг повинна комплектуватися теплозахисними підстібками відповідно до кліматичних зон.

При використанні матеріалів, які виділяють підвищену кількість зварювальних аерозолів (кольорових металів і сталей з цинком і цинковим покриттям і ін.). Застосовують посилену вентиляцію, що забезпечує подачу чистого повітря до зварника. Однак загальна вентиляція не завжди досягає потрібного ефекту, тому вдаються до засобів індивідуального захисту. Для цього в основному використовують фільтруючі протипилові респіратори і рідше – ізолюючі шлангові і автономні дихальні апарати. Необхідно відзначити, що робота з використанням респіратора або протигазу викликає швидку стомлюваність робітника, тому в кожному випадку слід підібрати найбільш ефективний спосіб захисту.

Для зниження концентрації шкідливих речовин на робочих місцях до гранично допустимої необхідно застосовувати відсмоктувачі різних типів.

Місцеві відсмоктувачі для ручного електрозварювання. Ручне електрозварювання дрібних виробів повинно проводитися у спеціальних кабінах, а також у обладнаних або фіксованих місцях. Всі ці робочі місця повинні бути обладнані місцевими або переносними відсмоктувачами у вигляді нерухомих ґратчастих панелей для рівномірного всмоктування.

У робочому перетині панелі, що відсмоктує, швидкість повітря складає 0,15 м / с, що забезпечує рухливість повітря в зоні зварювання на відстані не більше 0,7 м від відсмоктування 0,5 м / с.

При зварюванні під шаром флюсу застосовується місцеве відсмоктування, який приєднаний до шлангових напівавтомата. При зварюванні у вуглекислому газі застосовують місцеве відсмоктування, поєднаний з автоматичним або напівавтоматичним пальником.

При виконанні зварювальних робіт виникають небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які можуть призвести до травми або професійним захворюванням.

Заходи забезпечення електробезпеки:

1. Необхідно надійно заземлювати корпуси зварювальних машин, апаратів і установок, затискачі вторинної ланцюга зварювальних трансформаторів, службовці для підключення зворотний провід, а також зварюються вироби і конструкції.

2. Не слід торкатися голими руками (без діелектричних рукавичок) струмопровідних частин зварювальних установок, а також проводів без ізоляції або з пошкодженою ізоляцією.

3. Перед початком робіт необхідно перевіряти справність ізоляції зварювальних проводів, зварювального інструменту та обладнання, а також надійність всіх контактних з'єднань зварювального кола.

4. При тривалих перервах зварювального процесу джерело зварювального струму слід відключати.

5. Застосовувати як зворотний провід зварювального кола металеві конструкції і трубопроводи (без гарячої води або вибухонебезпечного середовища) тільки у випадках, коли їх зварюють в процесі будівництва. Забороняється використовувати як зворотний провід зварювального кола контури заземлення, труби санітарно-технічних пристроїв, металоконструкції закінчених будівель та технологічного обладнання.

6. При прокладанні зварювальних проводів і при кожному їх переміщенні не допускати: пошкодження ізоляції; стикання проводів з водою, маслом, сталевими канатами, рукавами (шлангами) і трубопроводами з горючими газами і киснем, а також з гарячими трубопроводами.

7. Гнучкі проводи електричного керування зварювальної установки при значній їх протяжності повинні перебувати в гумових або брезентових рукавах. Слід захищати зварювальні дроти від пошкоджень і при необхідності додатково обмотувати їх брезентовою стрічкою.

8. Необхідно надійно заземлити металевий корпус осцилятора, конструкція якого повинна забезпечувати автоматичне вимикання струму при відкриванні його дверцята.

9. Не можна ремонтувати зварювальне обладнання та установки, що знаходяться під напругою.

10. При зварюванні в особливо небезпечних умовах (усередині металевих ємностей, трубопроводів, в тунелях, на понтонах) необхідно:

– оснащувати електрозварювальні установки пристроєм автоматичного відключення напруги холостого ходу або обмеження його до напруги 12 В з витримкою не більше 0,5 с;

– виділяти підсобного робітника, який повинен знаходитися поза замкнутого простору для спостереження за безпекою роботи зварника, Зварювальник повинен бути забезпечений поясом з мотузкою, кінець якої довжиною не менше 2 м повинен бути в руках підсобного робітника;

– зварювальникам (різальникам) використовувати діелектричні рукавички, килимки, калоші.

11. При зварюванні або різанні з використанням електричного струму не допускається працювати в мокрих рукавицях, взутті та спецодязі.

12. Шафи, пульти і станини контактних зварювальних машин, всередині яких розташована апаратура з відкритими струмоведучими частинами, що перебувають під напругою, повинні мати блокування, що забезпечує зняття напруги при їх відкриванні.

13. Педальні пускові кнопки контактних машин необхідно заземлювати і контролювати надійність верхнього огородження, застережливого мимовільні включення.

14. При ураженні електричному струмом необхідно:

– терміново відключити струм найближчим вимикачем або відокремлювати потерпілого від струмопровідних частин, використовуючи сухі підручні матеріали (жердину, дошку і ін.), після чого покласти його на теплу підстилку і по можливості зігріти;

– негайно викликати медичну допомогу, враховуючи, що зволікання понад 5...6 хв. може призвести до непоправних наслідків;

– при несвідомому стані потерпілого слід звільнити від одягу, що стискає, очистити рот від сторонніх предметів (включаючи знімні зубні протези), вжити заходів проти западання язика і негайно почати робити штучне дихання, продовжуючи його до прибуття лікаря або відновлення нормального дихання.

1.8 Сучасний стан та перспективи розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів

Основна тенденція розвитку систем **автоматизації** йде в напрямку створення **автоматичних систем**, які здатні виконувати задані функції або процедури без участі людини. Роль людини полягає в підготовці вихідних даних, вибір алгоритму (методу рішення) і аналізі отриманих результатів. Також в подібних системах передбачається поступово нарощувана захист від нестандартних подій (аварій) або способи їх обходу (з точки зору науки катастроф це не одне і те ж).

Однак присутність в розв'язуваних задачах евристичних або складно програмованих процедур пояснює широке поширення **автоматизованих систем** (також, в залежності від термінології деяких досліджень, – **напівавтоматичних систем**). Тут людина бере участь в процесі рішення, *наприклад*, керуючи їм, вводячи проміжні дані. У таких випадках принципово економлять на захисті від рідкісних і складних нестандартних подій, відводячи її роль людині.

На **ступінь автоматизації** впливають ймовірність і різноманітність нестандартних подій (аварій), тривалість часу, відведеного на рішення задачі, і її вигляд – типова чи ні. Так, при терміновому пошуку рішення нестандартної задачі слід покладатися тільки на самого себе.

На сучасних підприємствах виробничі процеси автоматизовано. Технологічними машинами керують комп'ютери, а виконання трудомістких і монотонних або небезпечних операцій здійснюють спеціальні автоматизовані машини – роботи.

Нині роботи залежно від видів виконуваних завдань умовно поділяють на промислові, сільськогосподарські, медичні, військові, космічні та ін. (рис. 7). В усіх випадках робот – машина, яка здійснює технологічні операції, подібні до тих, що виконує людина. При цьому людина лише стежить за роботою цієї машини й за потреби контролює її.

Наприклад, на автомобільних заводах роботи виконують зварювальні операції, фарбують автомобілі, транспортують їх. Медичні міні-роботи допомагають виконувати складні хірургічні операції. Космічні роботи, переміщуючись до важкодоступних ділянок поверхні, *наприклад*, Місяця, брали «проби» його ґрунту й зараз допомагають досліджувати інші астрономічні об'єкти, а також неосяжний космічний простір.

Промисловий робот – це машина-автомат, що функціонує автономно, призначена для відтворення деяких рухових функцій людини під час виконання допоміжних та основних виробничих операцій без її безпосереднього втручання.

Конструктори роботів прагнуть, щоб їхні творіння виконували якомога більше рухових функцій із числа тих, що притаманні людині. З точки зору механіки, руку людини можна визначити як просторовий багатоланковий шарнір із числом ступенів рухомості, що дорівнює 27. Механічна система робота також є багатоланковим механізмом, який називають «*механічною рукою*». У техніці це поняття має назву «маніпулятор» (рис. 7).

Порівняно з рукою людини, маніпулятор може здійснювати більш точні переміщення з великим вантажем, однак поступається їй у досконалості та різнобічності виконуваних рухів. Безперечною перевагою «механічної руки» є те, що вона без утоми та з винятковою точністю може величезну кількість разів робити ті самі рухи, не припускаючи помилок.

Незважаючи на різноманітність компоновальних схем і конструктивних рішень, у промислових роботах можна вирізнити кілька основних функціональних елементів. Основа 1, за допомогою якої промисловий робот жорстко встановлюється поблизу основного технологічного устаткування, кріпиться на станині цього устаткування або переміщується по напрямних уздовж устаткування, що обслуговується роботом. Для злагоджених переміщень робочого органа робота його оснащено керівним пристроєм 2, який формує і видає керуючі дії (команди) виконавчому пристрою відповідно до заданої програми керування. У колоні 3 монтуються приводи робочих органів. Вона зв'язує всі органи робота, визначає його компоновання, габаритні розміри та функціональні можливості.

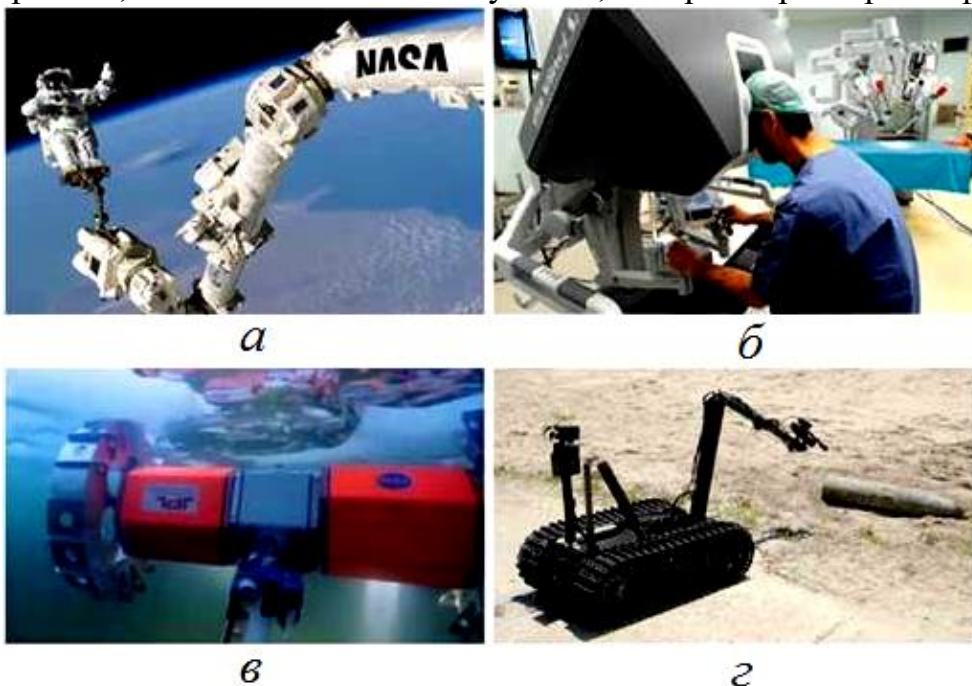


Рис. 7. Роботизація виробничих процесів:
 а – у космонавтиці;
 б – у медицині;
 в – у океанографії;
 г – у військовій справі

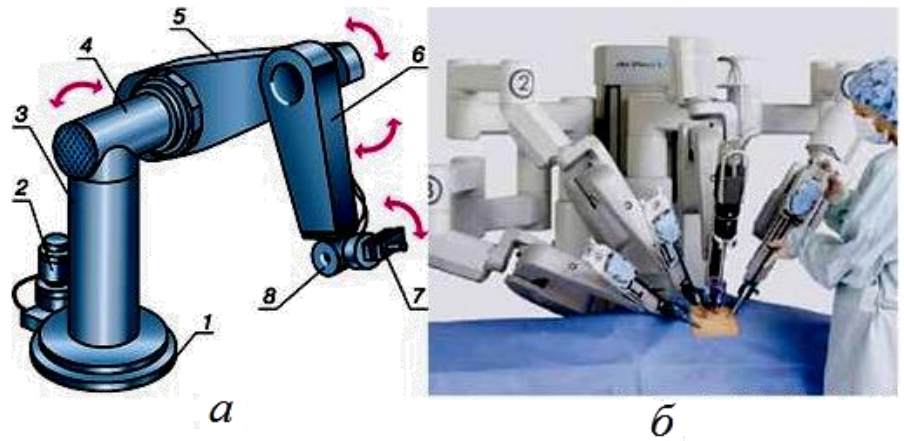
Аналогічно до руки людини, маніпулятор робота б (рис. 8) складається з передпліччя 4, механічного плеча 5 та зап'ястка 8 із захоплювачем 7, на якому закріплюються змінні робочі інструменти. Для промислових роботів, подібно до руки людини, оптимальним варіантом числа ступенів рухомості маніпулятора є число 6.

Три ступені рухомості (I...III) використовуються для переміщення або перенесення деталей, а інші три (IV...VI) – для встановлення їх у певній орієнтації для обробки чи виконання визначеної роботи. Маніпулятор є виконавчим органом робота.

Залежно від конструктивної схеми маніпулятора його «рука» може переміщуватися в різних системах координат: *прямокутній, сферичній та циліндричній* (рис. 9).

Рис. 8. Механічна система «рука»:

- а* – будова: 1 – основа;
2 – електричний привід з програмним керуванням;
3 – колона; 4 – передпліччя;
5 – механічне плече;
6 – маніпулятор; 7 – захоплювач;
8 – зап'ясток;
б – використання механічних систем у медицині



У **прямокутній системі координат** об'єкт доставляється у визначену точку простору шляхом лінійних переміщень ланок маніпулятора по двох або трьох взаємно перпендикулярних осях. У **циліндричній та сферичній системах координат** об'єкт доставляється за допомогою лінійного руху маніпулятора та кутових переміщень у двох взаємноперпендикулярних площинах (рис. 10).

За принципом керування промислові роботи поділяють на чотири види, або покоління: **жорстко вбудовані, програмовані, адаптивні, інтелектуальні**.

Жорстко вбудовані роботи – це автомати з двома або кількома ступенями рухомості маніпулятора. «Рука» такого робота жорстко пов'язана з технологічним устаткуванням. Такі роботи застосовують під час виконання монотонних операцій або у шкідливих чи небезпечних для здоров'я людини умовах, а також під час масового виробництва однотипних деталей.

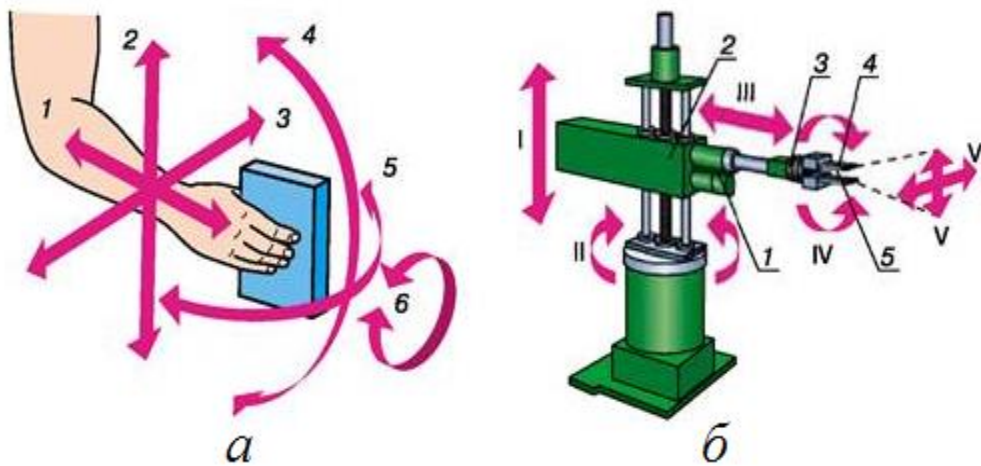
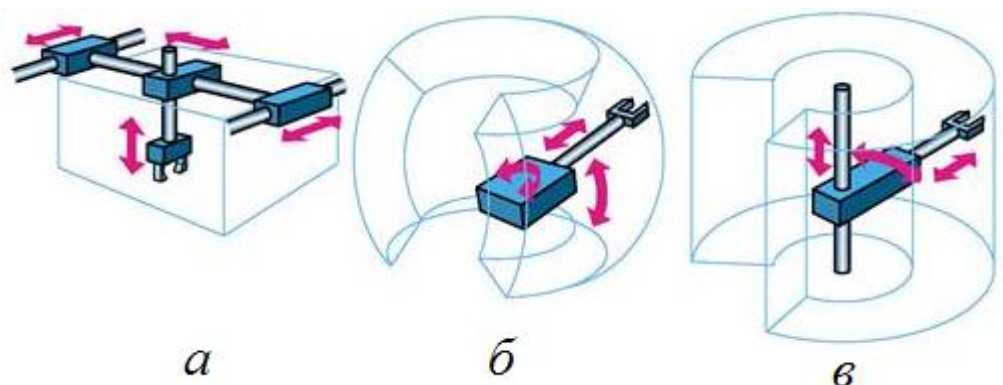


Рис. 9. Схеми ступенів рухомості:
а – руки людини;
б – маніпулятора

Рис. 10. Конфігурації робочих зон робота:

- а* – прямокутна;
б – сферична;
в – циліндрична



Програмовані роботи одноманітно повторюють рухи (команди), задані програмою, *наприклад* штампування заготовок для надання їм визначеної форми.

Адаптивні роботи в ході виконання технологічної операції залежно від обставин можуть перепрограмувати (адаптуватись) автоматично. *Наприклад*, якщо до верстата надійшла заготовка, що має відхилення від розмірів, робот відбракує її та бере іншу.

Інтелектуальні роботи є найдосконалішими. Вони можуть аналізувати ситуації, приймати рішення, розв'язувати задачі, навчатися. Їх називають роботами зі штучним інтелектом. Такі роботи можуть застосовуватися для дослідження космосу, океану, використовуватися в зонах високого радіаційного забруднення та ін.

Нині такі роботи набувають широкого застосування. Вони дають змогу виготовляти продукцію високої якості, знижувати її собівартість, виконувати різні виробничі операції в недоступних місцях, самостійно аналізувати виробничі або технологічні операції та ухвалювати потрібні рішення. За такими роботами майбутнє.

Для найдопитливіших:

- Слово «робот» уперше використав у 1920 році чеський письменник Карел Чапек у п'єсі «R.U.R.» (чеськ. Rossumovi Univerzalni Roboti, Россумські універсальні роботи). Воно походить від слова «робота», що чеською та українською мовами звучить однаково. У творі батько й син відкрили хімічну сполуку, з якої створили людиноподібну істоту, здатну прислужувати людям. Цю «істоту» було названо роботом.

- **Автомат** – машина (апарат, прилад), що виконує роботу за допомогою особивого механізму без участі людини.

- **Автоматизація** – виконання виробничих процесів за допомогою автоматичних приладів і машин.

- **Адаптація** – настроювання системи на певні умови застосування.

- **Адаптивний** – здатний пристосовуватися.

- **Маніпулятор** – пристрій, що копіює рух пальців, заміняє руки людини та керується на відстані в разі неможливості безпосереднього контакту людини з об'єктом (заготовкою, речовиною, деталлю тощо).

- **Механізація** – оснащення виробництва машинами та механізмами, що повністю або частково замінюють ручну працю – машинною.

- **Робот** – пристрій, що функціонує автономно, призначений для заміни людини під час виконання монотонних або небезпечних робіт.

- **Робот-маніпулятор** – різновид робота, що заміняє людину під час виконання певних технологічних операцій у виробничому процесі.

- **Роботизація** – виконання виробничих процесів за допомогою автоматичних приладів і машин та вбудованих у їх конструкцію роботів і оснащення виробництва машинами та механізмами, що повністю замінюють ручну працю.

Лекція №2

ТЕМА №2: КЛАСИФІКАЦІЯ, МЕТОДИ ЗАХИСТУ, СУЧАСНИЙ СТАН У ЗВАРЮВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Питання лекції: Класифікація основних видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів. Загальні методи захисту від ураження при різних видах механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів. Сучасний стан та перспективи розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів.

Під *механізацією технологічних процесів* у зварювальному виробництві зазвичай розуміють заміну людської праці роботою машин.

Автоматизація технологічних процесів у зварювальному виробництві передбачає механізацію обслуговування і керування машинами, їх системами і виробничими процесами в цілому. Безперервне зростання продуктивності праці в даний час забезпечується в першу чергу механізацією ручних робіт і автоматизацією виробничих процесів.

Основним напрямком робіт в області механізації і автоматизації є перехід до комплексної автоматизації, до створення повністю автоматизованих ділянок, цехів і заводів.

Комплексну механізацію, автоматизацію та роботизацію у зварювальному виробництві слід перш за все впроваджувати в найбільш трудомісткі види виробництва – складальне і зварювальне, при транспортуванні матеріалів, напівфабрикатів та готових виробів та ін.

Під *роботизацією* розуміють, як насичення виробництва роботами для виконання технологічного процесу, так і для транспортувальних робіт.

Поряд з роботами по механізації, автоматизації та роботизації виробничих процесів у багатосерійному і масовому виробництві проводяться роботи по механізації і автоматизації в дрібносерійному і серійному виробництві. В даний час при створенні нових машин враховують їх здатність працювати в автоматичних лініях. Для широкого розвитку автоматизації необхідною умовою є розробка типових рішень по окремим автоматичним агрегатів і автоматичних ліній у всіх галузях машинобудування.

Швидка зміна багатьох об'єктів виробництва вимагає підвищення універсальності автоматичних машин, розширення номенклатури оброблюваних на них заготовок і можливості швидкого переналагодження.

Багато хто випускає к даний час зварювальні установки, що оснащують типовими автоматичними завантажувальними і розвантажувальними пристроями, а також пристроями для автоматичного підналагодження процесу при обробці заготовок і для контролю якості готових виробів. Механізоване, автоматизоване та роботизоване виробництво повинно базуватися на прогресивних технологічних процесах.

Економічна ефективність механізації, автоматизації та роботизації технологічних процесів визначається наступними показниками: підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції, що випускається, полегшення умов праці, оптимальний термін окупності та ін. Механізація, автоматизація і роботизація мають не тільки велике економічне, але і величезне соціальне значення. У соціалістичних умовах автоматизація виробничих процесів відповідає насущним інтересам трудящих, полегшує і докорінно змінює характер праці, створює умови для ліквідації відмінностей між розумовою і фізичною працею.

Комплексні автоматизація, механізація і роботизація виробництва є основними напрямками технічного прогресу в Україні та всьому світі.

2.1 Класифікація основних видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів

Зварювання – сучасний прогресивний метод створення нероз'ємних сполук з металів, сплавів та різних полімерних матеріалів. Сучасне зварювальне обладнання має високу продуктивність. Зварювання струмами високої частоти забезпечує формування швів під час виготовлення труб зі швидкістю 50 м/хв. Швидкість двох- та трьохдугового зварювання під флюсом досягає 4...5 м/хв. Точкові машини для контактного зварювання забезпечують продуктивність зварювання до 350 точок на хвилину.

Справжній прогрес розвитку зварювального виробництва визначають **механізація, автоматизація та роботизація** процесу зварювання, особливо в комплексному підході до завдання, тобто. якщо її рішення зачіпатиме всі етапи зварювального виробництва — заготівельні, транспортні, завантажувальні, зварювальні, складальні та оздоблювальні операції. При механізації та автоматизації зварювального виробництва можна підвищити продуктивність праці, якість продукції, скоротити чисельність обслуговуючого персоналу. Праця робітника у умовах стає більш змістовним і творчим.

Механізація – це заміна м'язових зусиль людини зусиллями механізмів, причому за людиною залишаються функції контролю та керування. Залежно від ступеня механізації процесу робітник частково чи повністю звільняється лише виконання м'язових зусиль. Проте за ним повністю зберігаються функції контролю та керування.

Автоматизація – це найвищий ступінь механізації, коли людина звільняється як від м'язових зусиль, а й від оперативного контролю та керування за технологічними процесами виробництва.

Автоматизація процесу зварювання – це переведення зварювального обладнання на автоматичний режим роботи, впровадження у виробництво технічних пристроїв, що діють повністю без участі людини.

Роботизація – витіснення людей з виробничого процесу, із заміною їх у автоматизовані і роботизовані зварювальні установки і виробничі лінії, у зв'язку з чим вивільняються ресурси у розвиток сфери услуг.

Останніми роками у світі й у Україні з'явилося безліч статей про соціальні ризики (безробіття, нерівність тощо), що з використанням нових «безлюдних» технологій. Є ризик, що значну кількість робочих місць буде автоматизовано, що вимагатиме перенавчання та пошуку нових місць та форм зайнятості для мільйонів фахівців; у Україні – близько 24 % працівників, потенційно схильне до цих процесів.

Якщо людина повністю виводиться із процесу виробництва, такий процес називається **автоматичним**. Якщо людина частково виводиться із процесу виробництва (залишаються функції контролю), такий процес називається **автоматизованим**. Якщо людина повністю виводиться із процесу виробництва (залишаються функції налагоджування та частково керування), такий процес називається **роботизованим**.

Приклад **часткової автоматизації у зварюванні** – це виконання процесу дугового зварювання з використанням зварювальних апаратів з постійною та керованою (примусовою) швидкістю подачі електродного дроту. В даному випадку механізовані подача електродного дроту, переміщення електрода вздовж лінії стику, що зварюється, подача флюсу (захисного газу); автоматизовано процес керування напруги дуги (змінюю за заданим законом швидкості подачі електродного дроту при відхиленні напруги дуги від номінального значення). Оснащення зварювального апарату стежить за зварювальним стиком і засобами контролю параметрів режиму зварювання дозволяє перейти до стадії повної автоматизації виробничого процесу (роботизації), коли зварювання можна виконувати без участі людини. За оператором-зварювальником залишаються лише функції попередньо-

го налаштування процесу зварювання, включення обладнання та спостереження за ходом процесу зварювання.

Усі автоматичні пристрої, що діють без безпосередньої участі людини, можна розділити на два класи: *зварювальні автомати* (або *напівавтомати*) та *автоматичні системи*), рис. 1.



Рис. 1. Автоматизація зварювальних процесів:
а – зварювальні автомати; б – зварювальні автоматичні системи

Зварювальний автомат – механізм який являє собою конструктивне об'єднання зварювальної головки з механізмом її переміщення уздовж шва, механізмами настановних переміщень, пристроєм для подачі флюсу або захисного газу, котушками або касетами для дроту, пультами керування або інших пристроїв. Якщо зварювальний апарат автомат переміщується в процесі зварювання механізованим способом щодо виробу, то він називається зварювальним автоматом.

Класифікація зварювальних автоматів. Зварювальні автомати *універсальні* та *спеціалізовані*, які розрізняються за такими ознаками:

- за способом переміщення уздовж лінії зварного з'єднання: *самохідні* та *несамохідні* (підвісні);
- за способом захисту зони дуги – зварювальні апарати для зварювання *під флюсом* (Ф), *у захисних газах* (Г), *без зовнішнього захисту* (ПРО), *по флюсі, під флюсом та у захисних газах* (ФГ);
- по виду електрода – зварювальні автомати для зварювання *плавким і не плавким електродом*;
- по виду плавкого електрода – для зварювання *дротовим електродом, стрічковим електродом, штучними електродами*;
- по числу електродів із загальним підведенням зварювального струму – *одно-електродні, двоелектродні, багато-електродні*;
- за числом дуг при роздільному живленні електродів зварювальним струмом – *одно-дугові, дво-дугові, багато-дугові*;
- за технологічним призначенням – зварювальні апарати *для наплавлення, для зварювання*;
- за родом застосовуваного струму – зварювальні автомати для зварювання *постійним струмом, змінним струмом, постійним і змінним струмом*;
- за способом подачі електродного дроту – з *незалежної* від напруги на дузі *подачею*, із *залежної* від напруги на дузі *подачею*;
- за способом регулювання швидкості зварювання (для самохідних апаратів) і подачі електродного дроту – із *плавним, із плавно-східчастим, зі східчастим регулюванням*;

- **за способом формування металу шва** – для зварювання з *вільним формуванням, із примусовим формуванням*.

Класифікація зварювальних автоматичних систем. Зварювальні автоматичні системи випускають більш *спеціалізованими, ніж універсальними*, що розрізняються за такими ознаками, як і зварювальні автомати, крім окремих властивостей:

- **за способом транспортування зварних виробів** – з *безперервним транспортуванням, перервним або комбінованим*;
- **по системам контролю.**

У *автоматів* періодичне завантаження виробу, зміна інструменту, контроль процесу зварювання, переналагодження обладнання виконуються по ходу роботи автоматично; зупинка роботи автомата потрібна тільки для його налаштування.

У *напівавтоматів* для повторення процесу зварювання, встановлення заготовки, зняття готового виробу, пуску потрібне втручання людини.

Автоматичні системи підтримують незмінними або змінюють за заданим законом керовані величини технологічного процесу зварювання без участі оператора-зварювальника, здійснюють контроль їх значень та забезпечують безаварійну роботу зварювального обладнання.

Автоматичні системи по системам контролю можна розділити на 3 великі групи:

1. **Системи автоматичного керування** – реалізують інтелектуальну складову зварювального обладнання, автоматично підтримуючи в процесі зварювання задані значення керованої величини.

2. **Системи автоматичного контролю** – вирішують завдання вимірювання, реєстрації та сигналізації про значення фізичних показників (параметрів) режимів зварювання.

3. **Системи автоматичного захисту від аварійних ситуацій** – системи безпосереднього захисту та блокування зварювального обладнання від руйнівника зварювального виробництва розрізняють три фази контролю: вихідних матеріалів перед зварюванням, параметрів у процесі зварювання та якості зварних з'єднань.

Системи, що становлять 2 і 3 групи, відносять до *систем автоматики*. Системи автоматичного контролю ділять на три види: *вимірювання, сигналізації та реєстрації*.

Системи автоматичного вимірювання контролюють параметри об'єкта, процесу та видають результати в абсолютних значеннях у всьому діапазоні зміни. *Наприклад*, при дуговому зварюванні контролюють силу струму і напругу дуги, швидкість зварювання, при контактному зварюванні – силу струму, зусилля стиснення електродів, час зварювання і т.п.

Вимірювальним пристроєм (індикатором) зазвичай служить стрілочний чи цифровий прилад. При контактному зварюванні використовують також спеціальні прилади типу АСТ, АСД, СМ для вимірювання сили середнього та діючого струму, амплітуди та тривалості протікання струму.

Для контролю якості зварних з'єднань неруйнівними методами застосовують такі пристрої контролю, як установки рентгенівського контролю РУП-120-5, Ліліпут, Медікор та ін.; гамма-дефектоскопи типів УЗД та ДУГ.

Системи автоматичної сигналізації застосовують, коли потрібно визначити не конкретний параметр процесу, а лише отримувати інформацію про те, чи він змінюється в допустимих межах. Про досягнення граничного значення така система повідомляє світловим або звуковим сигналом. Системи сигналізації використовують також у разі необхідності встановити факт існування або досягнення контрольованим об'єктом певного стану.

У машині МШРП-1-3 для роликового зварювання пластмасових деталей система сигналізації, що складається з гідравлічного реле та сигнальної лампи, служить для конт-

ролю за наявності води в каналі охолодження електрода.

У високочастотній установці ЛД1-2 для зварювання пластмас світлова сигналізація дає знати зварювальникові, що підготовка генератора (первинне прогрівання) закінчилася і можна починати зварювання.

Системи автоматичної **реєстрації контрольованих параметрів** складаються з відповідних датчиків і само друкуючих та друкуючих приладів або осцилографів, що записують зміни параметрів об'єкта на якомусь носії, найчастіше на паперовій стрічці (*наприклад*, прилад ІСТ-4АМ (розроблений в ІЕС ім. Є. О. Патона) для вимірювання та реєстрації амплітудних значень сили струму при контактному зварюванні).

Прикладом застосування комплексної системи автоматичного контролю у зварювальному виробництві є прилад УВС, що складається з магніто-пружного датчика, підсилювача, індикатора та пристрою, що відключає. Прилад дозволяє контролювати тривалість зварювального імпульсу та припиняти подачу зварювального струму, як тільки міцність зварного з'єднання досягає максимального значення.

У зварювальному виробництві розрізняють три фази контролю: **вихідних матеріалів перед зварюванням, параметрів у процесі зварювання та якості зварних з'єднань**.

Системи автоматичного захисту від аварійних ситуацій можна розділити на 2 класи: **системи безпосереднього захисту та автоматичного блокування**:

1) **системи безпосереднього захисту**: плавкі запобіжники різноманітних конструкцій, електричні захисні автомати, автомати повторного включення. Принцип дії заснований на спрацьовуванні (розриві електричного ланцюга, що захищається струмоведучою) при досягненні зварювальним струмом критичних значень.

2) **системи автоматичного блокування** вирішують 2 завдання: **захист обладнання від неправильної дії обслуговуючого персоналу** (забезпечення заданої послідовності дій обладнання та включення резервного обладнання при виході з ладу основного).

В останні роки застосовують **промислові зварювальні роботи** – автомати, що характеризуються гнучкою кінетичною схемою, різноманітністю операцій, що виконуються, програмною переналадженям на зварювання виробів широкої номенклатури. Це універсальні автоматичні маніпулятори з програмним керуванням, призначені для відтворення керуючих та рухових функцій людини, що мають здатність до адаптації.

Автоматизоване та механізоване обладнання часто об'єднують у групи. Одна з них – **автоматична лінія** – це виробнича ділянка, спеціалізована на виконанні однієї або кількох однотипних зварювальних операцій. Автоматична лінія складається із групи зварювальних автоматів, об'єднаних загальною системою керування та загальними транспортними пристроями з єдиним темпом роботи.

Висока якість роботи зварювального обладнання безпосередньо пов'язана з останніми досягненнями в галузі радіоелектроніки, електротехніки, оптики, автоматики, мікропроцесорної та обчислювальної техніки.

Відомо сотні способів зварювання та їх різновидів. В одних випадках вже застосовані **адаптивні системи** (*наприклад*, у дуговому, контактному зварюванні), в інших – використано лише механізацію процесу, у третіх – зварювання здійснюється повністю вручну.

Відкриття у 1942 р. В.І. Дятловим явища саморегулювання дуги дозволило створити та широко використовувати прості та надійні зварювальні установки з постійною швидкістю подачі електродного дроту.

Подальшим розвитком такого обладнання займалися Б.Є. Патон, В.К. Лебедев, Г.М. Каспржак, І.Я. Рабінович.

З 1950 р. творці зварювального обладнання широко використовують методи теорії автоматичного керування та обчислювальну техніку. Почався період повнішої автомати-

зації зварювальних процесів, та був і складально-зварювального виробництва (роботи Б.Є. Патона, К.К. Хренова та інших дослідників з вивчення властивостей різних систем автоматичного керування дугового зварювання і зварювання під флюсом).

У середині 1980-х років. М.Л. Ліфшицем, Д.Д. Нікіфоровим та іншими вченими були розроблені **телевізійні системи для автоматичної корекції положення зварювальної ванни** щодо зварюваного стику при електронно-променевому зварюванні.

В даний час серійний випуск автоматизованого зварювального обладнання, інверторних джерел живлення з мікропроцесорами в контурі керування налагоджений у зарубіжних фірмах Lincoln Electric та Miller (США), Killos та Killberg (Німеччина), ESAB (Швеція), KEMPPİ (Фінляндія), FRONI та ін.

Мікропроцесорну техніку можна віднести до зварювального обладнання нового покоління, що характеризується великою швидкістю, багатофункціональністю у вирішенні технологічних завдань, гнучкістю перебудови та вибору робочих програм, зручністю в регулюванні та візуалізації параметрів режиму зварювання, малими габаритами та високою надійністю в роботі.

2.2 Загальні методи захисту від ураження при різних видах механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів

Умови та безпека праці, їх стан та покращення – самостійна і важлива задача соціальної політики будь-якої сучасної промислово розвинутої держави, яку вирішує така невід’ємна складова БЖД, як охорона праці.

Охорона праці водночас вирішує два основних завдання.

Одне з них – інженерно-технічне – передбачає запобігання небезпечним подіям під час трудового процесу шляхом:

- заміни небезпечних матеріалів менш небезпечними;
- переходу на нові технології, які зменшують ризик травмування і захворювання;
- проектування і конструювання устаткування з урахуванням вимог безпеки праці;
- розробки засобів індивідуального та колективного захисту.

Друге – соціальне – пов’язане з відшкодуванням матеріальної, моральної чи соціальної шкоди, завданої внаслідок нещасного випадку або професійного захворювання, тобто це захист працівника та його прав.

Виходячи з поставлених перед нею завдань, охорона праці, ґрунтуючись на правових та організаційних основах, вирішує питання виробничої санітарії, виробничої та пожежної безпеки.

Структурно охорона праці при різних видах механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів включає у себе:

– **правові та організаційні основи охорони праці** – це комплекс взаємопов’язаних законів та інших нормативно-правових актів, соціально-економічних та організаційних заходів, що спрямовані на правильну і безпечну організацію праці, забезпечення працюючих засобами захисту, компенсацію за важку роботу та роботу в шкідливих умовах, регламентацію відповідальності та відшкодування збитків у разі ушкодження здоров’я працівника або його смерті, навчання працівників безпечному веденню робіт.;

– **фізіологію, гігієну праці та виробничу санітарію** – комплекс організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів та засобів, спрямованих на запобігання або зменшення дії на працюючих шкідливих виробничих факторів;

– **виробничу безпеку** – комплекс організаційних та технічних заходів і засобів, спрямованих на запобігання або зменшення дії на працюючих небезпечних виробничих факторів;

– **пожежну безпеку та профілактику на виробництві** – комплекс заходів та засобів, спрямованих на запобігання запалювань, пожеж та вибухів у виробничому середовищі, а також на зменшення негативної дії небезпечних та шкідливих факторів, які утворюються в разі їх виникнення.

З наведеної на рис. 2 структурної схеми охорони праці видно, що правові та організаційні основи охорони праці є тією базою, яка забезпечує соціальний захист працівників і на якій будуються санітарно-гігієнічна та інженерно-технічна складові охорони праці.

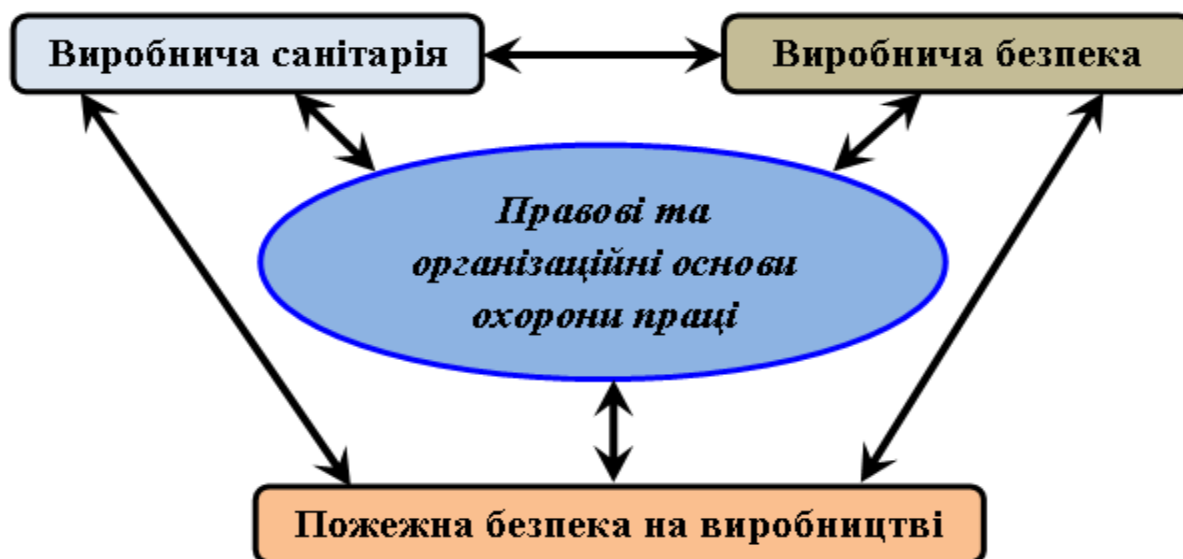


Рис. 2. Структурна схема охорони праці

2.2.1 Основні поняття, терміни та визначення в сфері охорони праці

Визначимо основні поняття, терміни та визначення в сфері охорони праці при різних видах механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів, а саме:

Людська праця – це джерело розвитку суспільства, створення матеріальних, культурних і духовних цінностей, передумова існування як кожної окремої людини, так і людства в цілому. В ідеалі трудова діяльність повинна надавати людині задоволення і не бути надмірно важкою чи напруженою. Важкість та напруженість праці є одними з головних характеристик трудового процесу.

Важкість праці – це така характеристика трудового процесу, що відображає переважне навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи організму (серцево-судинну, дихальну та ін.), які забезпечують його діяльність. Важкість праці характеризується фізичним (динамічним і статичним) навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальним числом стереотипних робочих рухів, робочою позою, ступенем нахилу корпусу, переміщенням в просторі.

Напруженість праці – це така характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника. До факторів, що характеризують напруженість праці, відносяться: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

Під час виконання людиною трудових обов'язків на неї діє сукупність фізичних, хімічних, біологічних та соціальних чинників, що зветься **виробничим середовищем**.

Сукупність чинників трудового процесу і виробничого середовища, які впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею трудових обов'язків складають **умови праці**.

Реальне виробництво супроводжується шкідливими та небезпечними чинниками (факторами) і має певний виробничий ризик.

Виробничий ризик – це ймовірність ушкодження здоров'я працівника під час виконання ним трудових обов'язків, що зумовлена ступенем шкідливості та/або небезпечності умов праці та науково-технічним станом виробництва.

Шкідливий виробничий фактор – небажане явище, що супроводжує виробничий процес і вплив якого на працюючого може призвести до погіршення самопочуття, зниження працездатності, захворювання, виробничо-зумовленого чи професійного, і навіть смерті, як результату захворювання.

Захворювання – це порушення нормальної життєдіяльності організму, зумовлене функціональними та/або морфологічними змінами.

Виробничо-зумовлене захворювання – це захворювання, перебіг якого ускладнюється умовами праці, а частота якого перевищує частоту його у працівників, які не зазнають впливу певних професійних шкідливих факторів.

Професійне захворювання (профзахворювання) – це захворювання, що виникло внаслідок професійної діяльності та зумовлюється виключно або переважно впливом шкідливих речовин і певних видів робіт та інших факторів, пов'язаних з роботою.

Небезпечний виробничий фактор – небажане явище, яке супроводжує виробничий процес і дія якого за певних умов може призвести до травми або іншого раптового погіршення здоров'я працівника (гострого отруєння, гострого захворювання) і навіть до раптової смерті.

Виробнича травма – пошкодження тканин, порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок впливу виробничих факторів. Як правило, виробнича травма є наслідком нещасного випадку на виробництві.

Нещасний випадок на виробництві – це обмежена в часі подія або раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого фактора чи середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов'язків, внаслідок яких заподіяно шкоду здоров'ю або настала смерть.

Як вже було сказано, один і той же чинник може одночасно викликати і травму, і захворювання (наприклад, високий рівень іонізуючого або теплового випромінювання може викликати опік або навіть призвести до миттєвої смерті). Через це всі несприятливі виробничі чинники часто розглядаються як єдине поняття – **небезпечний та шкідливий виробничий фактор (НШВФ)**.

За своїм походженням та природою дії НШВФ ділять на 5 груп:

– **фізичні** – до фізичних НШВФ відносяться машини та механізми або їх елементи, а також вироби, матеріали, заготовки тощо, які рухаються або обертаються; системи, устаткування або елементи обладнання, які знаходяться під підвищеним тиском; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку, інфразвуку; підвищений рівень іонізуючих випромінювань; підвищене значення напруги в електричній мережі; підвищена напруженість електричного та магнітного полів тощо;

– **хімічні** – до хімічних НШВФ відносяться хімічні речовини, які по характеру дії на організм людини поділяються на токсичні, задушливі, наркотичні, подразнюючі, 5 сенсibilізуючі, канцерогенні, мутагенні та такі, що впливають на репродуктивну функцію. По шляхам проникнення в організм людини вони поділяються на такі, що потрапляють через: 1) органи дихання; 2) шлунково-кишковий тракт; 3) шкіряні покриви та слизисті оболонки;

– **біологічні** – до біологічних НШВФ відносяться патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, грибки тощо) та продукти їхньої життєдіяльності, а також

макроорганізми – це тварини та рослини;

– **психофізіологічні** – до психофізіологічних НШВФ відносяться фізичні (статичні та динамічні) перевантаження і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження);

– **соціальні** – соціальні НШВФ – це неякісна організація роботи, понаднормова робота, необхідність роботи в колективі з поганими відносинами між його членами, соціальна ізольованість з відривом від сім'ї, незадоволеність роботою тощо.

Слід мати на увазі, що один і той самий за природою своєї дії НШВФ може належати одночасно до різних вищезгаданих груп. Такий стан умов праці, при яких виключена або зведена до припустимого рівня дія на працюючого небезпечних та шкідливих виробничих факторів зветься безпекою праці.

Виходячи з того, що в житті, а тим більше у виробничому процесі, абсолютної безпеки не існує, нерозумно було б вимагати від реального виробництва повного використання травматизму, виключення можливості будь-якого захворювання. Але реальним і розумним є ставити питання про зведення до мінімуму впливу об'єктивно існуючих виробничих небезпек. Цю задачу саме і вирішує охорона праці.

2.2.2 Основні причини виробничого травматизму і професійних захворювань та заходи щодо їх запобігання

Успішна профілактика виробничого травматизму та професійної захворюваності можлива лише при умові ретельного вивчення причин їх виникнення. Для полегшення цього завдання прийнято поділяти причини виробничого травматизму і професійної захворюваності на наступні основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні, психофізіологічні.

Організаційні причини: відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці; відсутність контролю; порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів; невиконання заходів щодо охорони праці; порушення технологічних регламентів, правил експлуатації устаткування, транспортних засобів, інструменту; порушення норм і правил планово-попереджувального ремонту устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; використання устаткування, механізмів та інструменту не за призначенням.

Технічні причини: несправність виробничого устаткування, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування, недосконалість або відсутність захисного огороження, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування.

Санітарно-гігієнічні причини: підвищений (вище ГДК) вміст у повітрі робочих зон шкідливих речовин; недостатнє чи нераціональне освітлення; підвищені рівні шуму, вібрації; незадовільні мікрокліматичні умови; наявність різноманітних випромінювань вище допустимих значень; порушення правил особистої гігієни.

Економічні причини: нерегулярна виплата зарплати; низький заробіток; неритмічність роботи; прагнення до виконання понад нормованої роботи; робота за сумісництвом чи на двох різних підприємствах.

Психофізіологічні причини: помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важкість і напруженість роботи; монотонність праці; хворобливий стан працівника; необережність; невідповідність психофізіологічних чи антропометричних даних працівника використовуваній техніці чи виконуваній роботі; незадоволення роботою; несприятливий психологічний мікроклімат у колективі.

Основні заходи щодо профілактики та усунення причин виробничого травматизму

До **технічних заходів** належать заходи з виробничої санітарії та техніки безпеки.

Заходи з **виробничої санітарії** передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих чинників. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря; теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; встановлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування.

Заходи з **техніки безпеки** передбачають систему організаційних та технічних заходів та засобів, що запобігають дії на працюючих небезпечних виробничих чинників. До них належать: розроблення та впровадження безпечного устаткування; механізація та автоматизація технологічних процесів; використання запобіжних пристосувань, автоматичних блокувальних засобів; правильне та зручне розташування органів керування устаткуванням; впровадження систем автоматичного регулювання, контролю та керування технологічними процесами, принципово нових нешкідливих та безпечних технологічних процесів.

До **організаційних заходів** належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; дотримання трудового законодавства, міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації і пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних та вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском.

2.3 Сучасний стан та перспективи розвитку видів механізації, автоматизації та роботизації зварювальних процесів

Взагалі, коли мова йде про механізацію, автоматизацію та роботизацію зварювальних процесів, розрізняють два основних типи механізації та один автоматизації:

- Механізація окремих технологічних процесів;
- Механізація всього виробництва в цілому.
- Автоматизація технологічних операцій, технологічних процесів та усього виробництва, як у комплексі так і по окремих позиціях;

Роботизація це окрема частина автоматизації всього зварювального виробництва.

Перший напрямок включає в себе установку механізмів, які скорочують ручну працю при подачі деталей до місця зварювання та переміщенню зварювального устаткування. Сюди ж включається і створення абсолютно унікальних зварювальних установок, що дозволяють прискорити роботу зварювальника. Застосування такого шляху механізації призводить до об'єднання високотехнологічних механізованих операцій з ручною працею професіонала. Але варто зазначити, що на загальній трудомісткості процесу такий шлях позначається не дуже сильно. Розрахунки показують, що навіть заміна половини ручних операцій механічними може знизити трудомісткість зварювального процесу лише на 10 %. Також не дуже сильно скорочується і загальний час виконання зварювальних робіт.

Другий напрямок вважається найбільш ефективним способом підвищити якість всього зварювального процесу і прискорити виробництво зварних конструкцій. Для впровадження такого шляху механізації потрібен комплексний підхід до всього процесу, заміна

практично всього ручного обладнання на механічне. Але результатом таких дій стає дотримання всіх вимог до якості будь-зварної конструкції і загальне підвищення продуктивності праці в рази.

Третій напрямок, тобто заміна автоматизованих зварювальних автоматів на роботів ще більш підвищує якість всього зварювального процесу і прискорює виробництво зварних конструкцій, так як підвищується якість позиціонування, зменшується час за зміну заготовок та готових виробів. Підвищується якість виготовлення продукції, так як існує зворотній зв'язок між процесом зварювання та контролем якості шва.

Загальні відомості однією з головних технічних і соціальних завдань в зварювальному виробництві є заміна ручної праці зварників механізованої і автоматизованої зварюванням. Це завдання вирішується заміною ручного зварювання механізованої для конструкцій, де складно використовувати автоматичне зварювання (короткі шви, складне просторове положення), широкого використання робототехніки, застосування механізованих і автоматизованих зварювальних установок з використанням вдосконалених і нових зварювальних процесів. Разом з тим трудомісткість зварювання становить приблизно одну третину загальної трудомісткості виготовлення зварної конструкції. Тому подальше скорочення часу виготовлення зварних конструкцій поряд з механізацією, автоматизацією та роботизацією зварювання передбачається за рахунок комплексної механізації і автоматизації зварювального виробництва, т.п.

Механізація, автоматизація та роботизація всіх виробничих процесів, складових технологічного циклу виготовлення зварної конструкції (заготівельних, обробних, складально-зварювальних, оздоблювальних, контрольних). Ефективність механізації, автоматизації та роботизації технологічних процесів залежить від серійності виготовлених на конкретному підприємстві конструктивно і технологічно подібних зварних конструкцій.

У машинобудуванні, в тому числі зварювальному виробництві, розрізняють наступні типи виробництва:

– *дрібносерійне*, що характеризується широкою номенклатурою виготовлених виробів і малим обсягом випуску виробів;

– *серійне*, що характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених періодично повторюваними партіями, і порівняно великим обсягом випуску;

– *багатосерійне виробництво*, що характеризується усталеною номенклатурою виробів, що випускаються у великих кількостях протягом усього року.

Суворих меж між основними типами виробництва немає. Орієнтовні ознаки серійності зварювального виробництва в залежності від маси зварних вузлів і їх річного випуску. Кожному типу виробництва відповідають свої оптимальні технологічні процеси, обладнання та організація виробництва. Зі збільшенням серійності зварних конструкцій зростає ступінь механізації та автоматизації технологічних процесів і операцій, що застосовуються при їх виготовленні.

Складальні роботи і їх механізація. Збірка під зварювання – це технологічна операція, що забезпечує підлягаючі зварюванню деталі, їх необхідне взаємне розташування з закріпленням у спеціальних пристосуваннях та виконання прихваток.

Збірку виконують на плиті, стелажі, стенді або в спеціальному пристосуванні, що призначені для розміщення і закріплення деталей, що збираються і зварюються.

Складально-зварювальний плита (рис. 3) – опорне пристосування у вигляді горизонтальної металевої плити з пазами; **стелаж** – найпростіше опорне пристосування з плоскої горизонтальною поверхнею для розміщення великогабаритних виробів в цеху.

Складально-зварювальні стенди (рис. 4) – більш складні пристрої для розміщення деталей, що збираються і зварюються при виготовленні великогабаритних виробів їх фіксації у потрібному положенні. Прикладами складально-зварювальних стендів можуть

служити електромагнітні стенди при виготовленні площинних секцій судових корпусів, резервуарів, вагонів і других листових конструкцій.

В умовах одиничного виробництва розташування деталей в зварюваній вузлі задається розміткою, для їх закріплення використовують струбцини, планки, скоби з клинами і інші найпростіші *універсальні пристосування* (рис. 5). Використання спеціальних складальних пристосувань-кондукторів дозволяє підвищити продуктивність праці і якість збірки, але суттєво підвищує собівартість продукції, що виготовляється.

Зварювальний кондуктор (рис. 6) – пристосування для збірки і закріплення відносно один одного зварювальних частин в певному положенні. Основою складального пристосування є жорсткий каркас, що несе упори, фіксатори і притиски.



Рис. 3. Складально-зварювальна плита



Рис. 4. Складально-зварювальний стенд



Рис. 5. Універсальні пристосування для зварювання:

а – струбцина; б – куток магнітний; в – щипці; г – пристосування для зрощення деталей



Рис. 6. Зварювальний кондуктор для просторових конструкцій

При складанні деталі заводять в пристосування, укладають по упорів і фіксаторів і закріплюють притисками. Застосовують стяжки і розпірні, притиски з ручним і механічним приводом.

Притиски з ручним приводом (гвинтові, важільні, ексцентрикові) прості, але вимагають безпосереднього ручної праці збирача (рис. 7). Використання пневматичних, гідравлічних, електромагнітних та вакуумних притисків значно скорочує допоміжний час, особливо, якщо потрібно затиснути виріб в декількох місцях. Фіксацію зібраних деталей для додання необхідної жорсткості зібраному вузлу найбільш часто здійснюють на прихватки. Прихватки повинні мати обмежений поперечний переріз і розташовуватися в місцях, що забезпечують їх повне переварювання при укладанні основного шва.

Послідовність виконання складально-зварювальних операцій може бути різною:

– зварювання виконують після повного завершення збирання;

- складання та зварювання ведуть по черзі, *наприклад* при виготовленні конструкції нарощуванням окремих елементів;
- загальної збірці і зварюванні конструкції передують складання і зварювання вузлів.

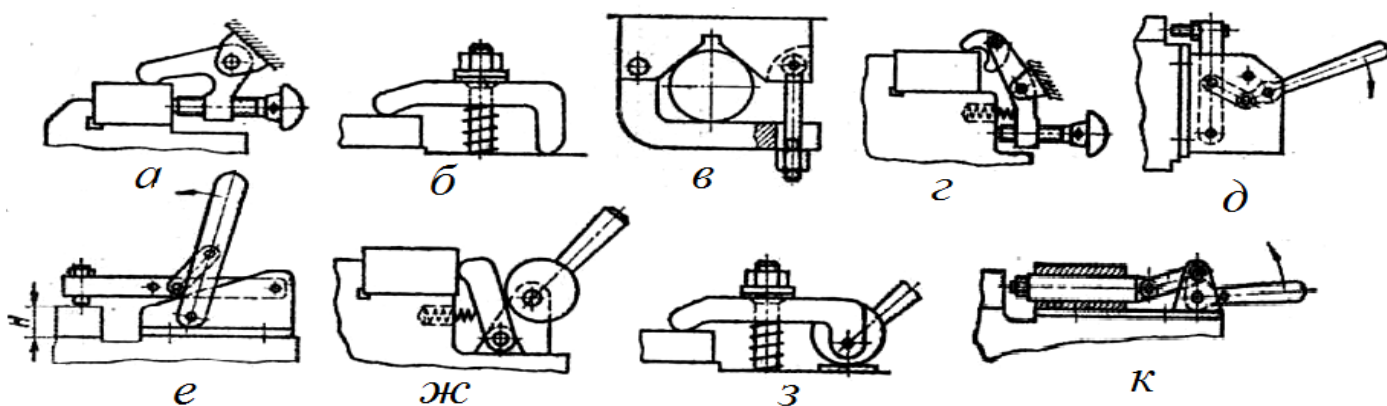


Рис. 7. Притиски з ручним приводом:

a, б, в – гвинтові; г – гвинтово-важільні; д, е – важільні; ж, з – ексцентрикові; к – ексцентриково-важільні

Для зручності виконання тих чи інших швів виріб доводиться встановлювати в різні положення. Це здійснюється за допомогою пристосувань – позиціонерів, обертачів, кантувачів, роликів, стендів, маніпуляторів. Подібного роду пристосування (табл. 1) можуть бути як *установчі*, що призначені тільки для повороту виробу в положення, зручне для зварювання того чи іншого шва, так і *зварювальні*, що забезпечують крім установки виробу його обертання (переміщення) із заданою швидкістю, яка дорівнює швидкості зварювання.

Таблиця 1. – Пристосування для зварювання зі зміною просторового положення

№ з/п	Вид пристосування	Назва та короткий опис конструкції
1	2	3
Пристосування установчі		
1.		Позиціонер – зварювальне пристосування для встановлення великогабаритних заготовок та виконання прихваток у різних зручних для цього положеннях.
2.		Зварювальний обертач НГК-5 складається з двох секцій: приводний і не приводної. Приводна секція оснащується двома електродвигунами з синхронізованим керуванням. Позиціонери мають безступінчасте регулювання швидкості обертання. В якості додаткової опції приводна і не приводна секції можуть встановлюватися на рейкові візки.
3.		Кантувач – зварювальне пристосування для повертання великогабаритних заготовок у зручні для цього положення під зварювання.

Продовження табл. 1.

1	2	3
Пристосування зварювальні		
4.		<p>Обертач для зварювання – зварювальне пристосування малої вантажопідйомності мод. HD-100, що призначено для нахилу та обертання виробів вагою до 50 кг у положенні, зручне для зварювання зі зварювальною швидкістю. За допомогою обертача можна виконувати автоматичне зварювання стикових та кутових кільцевих швів, ручне та напівавтоматичне зварювання кільцевих швів та інші роботи, що вимагають повороту або кантування виробів.</p>
5.		<p>Універсальний стенд для складання і зварювання котлів – зварювальна лінія універсальна і дозволяє локалізувати виробництво котлів різних діаметрів на компактній ділянці. Він забезпечує випуск на одній установці широкого спектру котлів різних діаметрів з незначним переналагодженням:</p> <p>1, 4 – роликівий стенд позовдовжнього переміщення; 2, 3 – роликівий стенд для кутового обертання; 5 – центратор; 6 – зварювальний маніпулятор; 7 – велосипедна стійка зі зварювальним трактором; 8 – вертикальна стійка для виконання прихваток.</p>
6.		<p>Зварювальний маніпулятор – пристрій з колоною стрілою зі зварювальним апаратом TIG і MIG. Існують три типи зварювальних маніпуляторів: радіально-позиційні, стаціонарні і стаціонарні поворотні маніпулятори. Він використовується для забезпечення надійної підтримки при високоточному зварюванні, а також може використовуватися для зварювальних апаратів, вітряних веж, трубопроводів та ін. Крім того, має додаткові функції, такі як відстежування, моніторинг та утилізацію гарту.</p>

Позиціонер – пристосування, призначене для установки виробу в зручне для складання і зварювання.

Універсальні пристосування загального призначення (складальні плити, стелажі, маніпулятори, кантувачі, роликіві стенди) використовують для складання і зварювання виробів широкої номенклатури і різних розмірів. Для виробів певного типу, але різних розмірів використовують універсальні пристосування спеціального призначення, які конструюють в індивідуальному порядку. Універсальні пристосування застосовують в одиничному і дрібносерійного виробництва.

Крім універсальних і спеціальних пристосувань в дрібносерійному і одиничному виробництві застосовують **універсально-складальні пристосування**, що представляють собою набір різних конструктивних елементів – універсальні плити з поздовжніми і поперечними пазами, типові змінні упори, фіксатори, штирі, прихвати, планки, кріпильні деталі і т.п.

В умовах багатосерійного і масового виробництва використовують спеціальні пристосування одно цільового призначення для виконання певних операцій при виготовленні конкретного виробу. З метою зменшення зварювальних деформацій напружень при складанні застосовують ряд заходів. Ефективним заходом зниження залишкових деформацій є жорстке закріплення деталей, що зварюються в спеціальних пристроях – кондукторах. Часто застосовують додаткову деформацію заготовок, яка повинна бути протилежною, ніж очікували зварювальної деформації.

Метод попереднього вигину деталей, що зварюються використовують для боротьби з кутовими деформаціями при зварюванні стикових і з'єднань внапуск. При зварюванні листів невеликої ширини з V-подібною обробленням кромки їх розташовують з попередніми вигином в бік, зворотний очікуваної деформації. Листи великої ширини можна укласти з попередніми вигином зварювальних кромки. З метою усунення деформацій при зварюванні таврових і двотаврових балок застосовують пристосування, які згинають балку в сторону, зворотний очікуваної деформації. Ефективним заходом запобігання витріщення стійки в двотаврових балках, викликаної зварюванням поясних швів, є збірка з попереднім натягом стінки. Для натягу стінки використовують складальні стенди з домкратними пристроями.

Потокові механізовані і автоматизовані лінії. Потокова лінія – комплекс обладнання, взаємно пов'язаного і працюючого злагоджено з певним заданим ритмом за єдиним технологічним процесом. В складально-зварювальні механізовані поточкові лінії входить обладнання для виконання зборки, зварювання, а іноді і операцій підготовки металу, його розкрию, контролю готової продукції тощо.

Перша конвеєр із застосуванням автоматичного зварювання під флюсом була створена в роки Великої Вітчизняної війни для виробництва корпусів танків Т-34.

За ознакою механізації, автоматизації та роботизації розрізняють кілька типів поточкових ліній:

– з **частковою механізацією** (рис. 8), при якій використовується ручна і напівавтоматичного зварювання, а інші процеси виробничого циклу – розкрій металу, різання, складання, фарбування і ін. виконуються вручну;

– з **комплексної механізацією** (рис. 9), коли механізовані кілька операцій, *наприклад*, застосовується механізована різання і напівавтоматичного зварювання;

– з **частковою автоматизацією**, при якій основні процеси (різання, зварювання) автоматизовані, а решта роботи (зборка, контроль якості, забарвлення) виконуються із застосуванням механізованого інструменту та пристосувань;

– з **комплексною автоматизацією – автоматичні лінії** (рис. 10). Автоматичні лінії являють собою комплекс машин, що виконують в заданій технологічній послідовності весь цикл операцій з виробництва виробів, із загальними для всієї лінії механізмами керування і автоматичними транспортними пристроями, що переміщують об'єкт обробки від однієї машини до іншої. Прикладом автоматичної лінії можуть служити складально-зварювальні автоматичні лінії для виробництва зварних труб великого діаметру зі спіральним швом, на яких за допомогою автоматів під наглядом невеликої кількості операторів здійснюють ся всі операції з виготовлення труб із сталевий стрічки;

– з **комплексною роботизацією – автоматичні заводи та фабрики** (рис. 11). Аналогічно попередньому визначенню, але ж замість робочих або автоматів застосовують роботів. Функції людини зводяться до часткового налагоджування та необхідного контролю за працею машин.

У зварювальному виробництві використовують складально-зварювальні лінії з різним ступенем механізації, автоматизації та роботизації роботи обладнання і застосованого оснащення з урахуванням масовості, серійності і індивідуальності виробництва для

багатьох видів зварних виробів – при складанні та зварюванні полотнищ, виготовленні обичайок, труб, судин, балок, ґратчастих та комплексних конструкцій, зварних заготовок для деталей машин.



Рис. 8. Зварювання лінії з частковою механізацією



Рис. 9. Зварювання лінії з комплексною механізацією



Рис. 10. Зварювання лінії з комплексною автоматизацією



Рис. 11. Зварювання лінії з комплексною роботизацією

Дрібносерійне (одиничне) виробництво про зварних конструкцій є найбільш поширеним в промисловості і будівництві.

Лекція №3

ТЕМА №3: ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО РОЗВИТОК МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Питання лекції: Основні поняття розвитку механізації і автоматизації виробництва: види, категорії, стадії. Основні види механізації і автоматизації і їх характеристика. Основні категорії механізації і автоматизації і їх характеристика. Основні стадії механізації і автоматизації і їх характеристика. Поняття і визначення механізації та автоматизації технологічних процесів. Основні напрямки розвитку науково-технічного прогресу.

Зварювання – сучасний прогресивний метод створення нероз'ємних з'єднань з металів, сплавів і різних полімерних матеріалів.

Сучасне зварювальне обладнання має високу продуктивність. Сварка струмами високої частоти забезпечує формування швів при виготовленні труб зі швидкості 50 м / хв. Швидкість двох і трьох дугового зварювання під флюсом досягає 4...5 м / хв. Точкові машини для контактного зварювання забезпечують продуктивність зварювання до 350 точок в хвилину.

Механізація і автоматизація виробничих процесів – це комплекс заходів, які передбачають широку заміну ручних операцій машинами і механізмами, впровадження автоматичних верстатів, окремих ліній і виробництв.

Механізація виробничих процесів означає заміну ручної праці машинами, механізмами та іншою технікою. Механізація виробництва безперервно розвивається, удосконалюється, переходячи від нижчих, до більш високих форм: від ручної праці до часткової, малої та комплексної механізації і далі до вищої форми механізації – автоматизації.

У механізованому виробництві значна частина трудових операцій виконується машинами і механізмами, менша – вручну. Це **часткова (не комплексна) механізація**, при якій можуть бути окремі слабо механізовані ланки.

Комплексна механізація – це спосіб виконання всього комплексу робіт, що входять в даний виробничий цикл, машинами і механізмами.

Вищим ступенем механізації є **автоматизація виробничих процесів**, яка дозволяє здійснювати весь цикл робіт без безпосередньої участі в ньому людини, лише під його контролем.

Автоматизація – це новий тип виробництва, який підготовлений сукупним розвитком науки і техніки, насамперед перекладом виробництва на електронну основу, за допомогою застосування електроніки і нових досконалих технічних засобів. Необхідність автоматизації виробництва викликана нездатністю органів людини з потрібною швидкістю і точністю управляти складними технологічними процесами. Величезні енергетичні потужності, великі швидкості, надвисокі і наднизькі температурні режими виявилися підвладні тільки автоматичному контролю і керування.

В даний час при високому рівні механізації основних виробничих процесів (80 %) в більшості галузей все ще недостатньо механізовані допоміжні процеси (25...40 %), багато роботи виконуються вручну. Найбільша кількість допоміжних робітників використовується на транспорті і переміщенні вантажів, на вантажно-розвантажувальних роботах. Якщо ж врахувати, що продуктивність праці одного такого працівника майже в 20 разів нижче, ніж у зайнятого на комплексно-механізованих ділянках, то стає очевидною гострота проблеми подальшої механізації допоміжних робіт. Крім того, необхідно вразо-

увати ту обставину, що механізація допоміжних робіт в промисловості обходиться в 3 рази дешевше, ніж основних.

Але основний і найважливішою формою є автоматизація виробництва. В даний час лічильно-вирішальні машини дедалі рішучіше входять в усі галузі науки і техніки. У майбутньому ці машини стануть основою автоматизації виробництва і будуть керувати автоматикою.

3.1 Основні поняття розвитку механізації і автоматизації виробництва: види, категорії, стадії

Справжній прогрес у розвитку зварювального виробництва визначають розвиток *механізації і автоматизації* процесу зварювання, особливо при комплексному підході до задачі, тобто якщо її рішення буде зачіпати всі етапи зварювального виробництва – заготівельні, транспортні, завантажувальні, зварювальні, складальні та оздоблювальні операції. При механізації та автоматизації зварювального виробництва можна підвищити продуктивність праці, якість продукції, скоротити чисельність обслуговуючого персоналу. Праця робітника в цих умовах стає більш змістовним і творчим.

Механізація – це заміна м'язових зусиль людини зусиллями механізмів, при цьому за людиною залишаються функції контролю і управління.

Залежно від ступеня механізації процесу робочий частково або повністю звільняється лише від виконання м'язових зусиль. Однак за ним повністю зберігаються функції контролю і керування.

Автоматизація – це вища ступінь механізації, коли людина звільняється не тільки від м'язових зусиль, але і від оперативного контролю та управління за технологічними процесами виробництва.

Автоматизація процесу зварювання – це переклад зварювального обладнання на автоматичний режим роботи, впровадження у виробництво технічних пристроїв, що діють повністю без участі людини.

Якщо людина повністю виводиться з процесу виробництва, то такий процес називається **автоматичним**.

Якщо людина частково виводиться з процесу виробництва (залишаються функції контролю), то такий процес називається **автоматизованим**.

Приклад часткової автоматизації в зварюванні – це процес дугового зварювання з використанням зварювальних апаратів з постійною і керованою (примусовою) швидкістю подачі електродного дроту. В даному випадку *механізовані* подача електродного дроту, переміщення електрода уздовж лінії стику, що зварюється, подача флюсу (захисного газу); *автоматизований* процес керування напруги дуги (змінюю по заданому закону швидкості подачі електродного дроту при відхиленні напруги дуги від номінального значення).

Оснащення зварювального апарату стежить системою за зварювальним стиком і засобами контролю параметрів режиму зварювання дозволяє перейти до стадії повної автоматизації виробничого процесу, коли зварювання можна виконувати без участі людини. За оператором-зварювальником залишаються лише функції попереднього налаштування процесу зварювання, включення обладнання і спостереження за ходом процесу зварювання.

Всі **автоматичні пристрої**, що діють без безпосередньої участі людини, можна розділити на два класи: зварювальні автомати (або напівавтомати) і автоматичні системи).

У **автоматів** періодична завантаження виробу, зміна інструменту, контроль про-

цесу зварювання, переналагодження обладнання виконуються по ходу роботи автоматично; зупинка роботи автомата потрібно тільки для його настройки. У напівавтоматів для повторення процесу зварювання, установки заготовки, зняття готового виробу, пуску потрібно втручання людини.

Автоматичні системи підтримують незмінними або змінюють по заданому закону керовані величини технологічного процесу зварювання без участі оператора-зварника, здійснюють контроль їх значень і забезпечують безаварійну роботу зварювального обладнання.

Автоматичні системи можна розділити на 3 великі групи:

1. **Системи автоматичного керування** – реалізують інтелектуальну складову зварювального обладнання, автоматично підтримуючи в процесі зварювання задані значення керованої величини.

2. **Системи автоматичного контролю** – вирішують завдання вимірювання, реєстрації і сигналізації про значення фізичних показників (параметрів) режимів зварювання.

3. **Системи автоматичного захисту від аварійних ситуацій** – системи безпосереднього захисту і блокування зварювального обладнання від руйнівних зварювальному виробництва розрізняють три фази контролю: вихідних матеріалів перед зварюванням, параметрів в процесі зварювання і якості зварних з'єднань.

Системи, що становлять 2 і 3 групи, відносять до **систем автоматизації**.

Системи автоматичного контролю ділять на три види: *вимірювання, сигналізації і реєстрації*.

Системи автоматичного вимірювання контролюють параметри об'єкта, процесу і видають результати в абсолютних значеннях у всьому діапазоні зміни. Наприклад, при дугового зварювання контролюють силу струму і напругу дуги, швидкість зварювання, при контактній зварюванні – силу струму, зусилля стиснення електродів, час зварювання і т.п.

Вимірювальним пристроєм (індикатором) зазвичай служить стрілочний або цифровий прилад. При контактному зварюванні використовують також спеціальні прилади типу АСТ, АСД, СМ для вимірювання сили середнього і діючого струму, амплітуди і тривалості протікання струму.

Для контролю якості зварних з'єднань неруйнівними методами застосовують такі пристрої контролю, як установки рентгенівського контролю РУП-120 (рис. 1), «Ліліпут», «Медікор» та ін.; електромагнітних дефектоскопів (рис. 2): мод. ВД1, мод. ВД-10А; мод. ВДЗ-81 мод. Eddyson; мод. ВІТ-4; гамма-дефектоскопи типів УЗД і ДУГ (рис. 3).

Системи автоматичної сигналізації застосовують, коли потрібно визначити не конкретний параметр процесу, а лише отримувати інформацію про те, чи змінюється він в допустимих межах. Про досягнення граничного значення така система оповіщає променевим або звуковим сигналом.

Системи сигналізації використовують також при необхідності встановити факт існування або досягнення контролюючим об'єктом певного стану. У машині МШРП-1-3 для роликового зварювання пластмасових деталей система сигналізації, що складається з гідравлічного реле і сигнальної лампи, служить для контролю наявності води в каналі охолодження електрода. У високочастотній установці ЛД1-2 для зварювання пластмас світлова сигналізація дає знати зварнику, що підготовка генератора (первинний прогрів) закінчилась і можна починати зварювання.

Системи автоматичної реєстрації параметрів, що контролюються складаються з відповідних датчиків і самописних і друкуючих пристроїв або осцилографів, записуючих зміни параметрів об'єкта на будь-якому носії, найчастіше на паперовій стрічці (*наприклад*, прилад ІСТ-4АМ (розроблений в ІЕЗ ім. Є.О. Патона) для вимірювання і реєстрації

амплітудних значень сили струму при контактному зварюванні; прилади з потенціометричним і індуктивними датчиками для реєстрації зусилля стиснення зварюваних деталей).



Рис. 1. Установки рентгеновського контролю РУП-120



а



б



в



г

Рис. 2. Зовнішній вигляд електромагнітних дефектоскопів:
а – мод. ВД1; б – мод. ВД-10А; в – мод. ВДЗ-81 Eddyson; г – мод. ВІТ-4



а



б



в

Рис. 3. Гамма-дефектоскопи типу УЗД і ДУГ:
а – дефектоскоп УЗД-7Е;
б – дефектоскоп мод. Гаммарид 170/400;
в – дефектоскоп мод. Шмель-250

Прикладом застосування комплексної системи автоматичного контролю в зварювальному виробництві є прилад УВС, що складається з магніто-пружного датчика, підсилювача, індикатора і відключає пристрої. Прилад дозволяє контролювати тривалість зварювального імпульсу і припинити подачу зварювального струму, як тільки міцність зварного з'єднання досягає максимального значення.

У зварювальному виробництві розрізняють три фази контролю: вихідних матеріалів перед зварюванням, параметрів в процесі зварювання і якості зварних з'єднань.

Системи автоматичного захисту від аварійних ситуацій можна розділити на 2 класи: *системи безпосереднього захисту і автоматичного блокування*:

1) **Системи безпосереднього захисту**: плавкі запобіжники різноманітних конструкцій, електричні захисні автомати, автомати повторного включення. Принцип дії засно-

ваний на спрацьовуванні (розриві захищається струмоведучим електричним колом) при досягненні зварювальним струмом критичних значень.

2) **Системи автоматичного блокування** вирішують 2 завдання: захист обладнання від неправильної дії обслуговуючого персоналу (забезпечення заданої послідовності дій обладнання і включення резервного устаткування при виході з ладу основного).

В останні роки застосовують **промислові зварювальні роботи** – автомати, що характеризують гнучкою кінетичною схемою, різноманітністю виконуваних операцій, програмних переналагодженнями на зварювання виробів широкої номенклатури. Це універсальні автоматически маніпулятори з програмним керуванням, призначені для програмування ведення керуючих і рухових функцій людини, що володіють здатністю до адаптації.

Автоматизоване та механізоване обладнання часто об'єднують в групи. Одна з них – **автоматична лінія** – це виробнича дільниця, спеціалізована на виконанні однієї або декількох однотипних зварювальних операцій.

Автоматична лінія складається з групи зварювальних автоматів, об'єднаних загальною системою управління і загальними транспортними пристроями з єдиним темпом роботи.

Висока якість роботи зварювального устаткування безпосередньо пов'язано з останніми досягненнями в області радіоелектроніки, електротехніки, оптики, автоматики, мікропроцесорної і обчислювальної техніки.

Відомо сотні способів зварювання і їх різновидів. В одних випадках вже застосовані адаптивні системи (наприклад, в дугового, контактного зварювання), в інших – використана тільки механізація процесу, по-третє – зварювання здійснюється повністю вручну.

Відкриття в 1942 р В.І. Дятловим явища саморегулювання дуги дозволило створити і широко використовувати прості і надійні зварювальні установки з постійною швидкістю подачі електродного дроту. Подальшим розвитком такого обладнання займалися Б.Є.Патон, В.К.Лебедев, Г.М. Каспржак, І.Я. Рабинович.

З 1950 р творці зварювального устаткування широко використовують методи теорії автоматически управління і обчислювальну техніку. Почався період більш повної автоматизації зварювальних процесів, а потім і складально-зварювального виробництва (роботи Б.Є. Патона, К.К. Хренова і інших дослідників з вивчення властивостей різних систем автоматичного керування дугового зварювання та зварювання під флюсом).

Великий вплив на розвиток і широке застосування при розрахунках статичних і динамічних характеристик зварювальних процесів методами теорії автоматичного керування, на проектування автоматичного зварювального обладнання надали роботи вчених: Б.Є. Патона, Ф.А. Аксельрода, Б.Д. Орлова, А.С. Гельмана, В.К. Лебедева, П.Л. Чулошнікова, Н.В. Подоли, Ю.А. Паченцева, Д.С. Балковец – в області контактного зварювання; Б.Є. Патона, В. К. Лебедева, А. І. Чвертко, Н.С. Львова, Е.М. Есібіяна, В.В. Смирнова та ін. – в області електродугової, шлакової зварювання і наплавлення; Ю.Н. Ланкіна, В.М. Язівського, В.Я. Біленького, В.В. Башенко, В.Н. Ластовіря, О.К. Назаренко, В.А. Виноградова, В.А. Казакова, В.А. Лаптенка і ін. – в області електронно-променевого зварювання; Б.Є. Патона, Г.А. Спиноу, В.А. Тимченко, Ф.А. Киселевського – в області роботизації дугового і контактного зварювання. У 1970-80-і рр. почалися роботи по оснащенню зварювального обладнання стежать системами з електромагнітними і оптичними датчиками для автоматичного орієнтації електрода по лінії стику. Впровадженню цього обладнання у виробництво сприяли роботи Ю.А. Паченцева, Н.С. Львова, Р.М. Широківського, Ш.А. Вайнера, Ф.Л. Киселевського, В.В. Смирнова та інших вчених.

В середині 1980-х рр. М.Л. Ліфшицем, Д.Д. Никифоровим і іншими вченими були розроблені телевізійні системи для автоматичної корекції положення зварювальної ванни щодо зварюваного стику при електронно-променевого зварювання.

В даний час серійний випуск автоматизованого зварювального обладнання, інверторних джерел живлення з мікропроцесорами в контурі управління налагоджених в зарубіжних фірмах Lincoln Electric і Miller (США), Killos і Killberg (Німеччина), ESAB (Швеція), KEMPPİ (Фінляндія), FRONIUS (Австрія) та ін. мікропроцесорної техніки можна віднести до зварювального обладнання нового покоління, що характеризується великим швидкодією, багатофункціональністю у вирішенні технологічних завдань, гнучкістю перебудови і вибору робочих програм, зручністю в регулюванні і візуалізації параметрів режиму зварювання, малими габаритами і високою надійністю в роботі.

Автоматизація зварювального устаткування перш за все, передбачає оснащення цього обладнання системами автоматичного керування. Вони являють собою найбільш складний і в той же час найпоширеніший вид автоматичних систем, вивчення яких і присвячена ця дисципліна.

3.2 Основні види механізації і автоматизації і їх характеристика

Створення нової автоматичної техніки означатиме широкий перехід від трьох ланкових машин (*робоча машина – передача – двигун*) до чотирьох ланковим системам машин. Четверта ланка – **кібернетичні пристрої**, за допомогою яких забезпечується керування величезними потужностями.

Основними ступенями автоматизації виробництва є: *напівавтомати, автомати, автоматичні лінії, ділянки – і цехи-автомати, заводи і фабрики-автомати.*

Першою сходинкою, що представляє собою перехідну форму від простих машин до автоматичних, є **напівавтомати** (рис. 4). Принципова особливість машин цієї групи полягає в тому, що цілий ряд функцій, що здійснюються раніше людиною, тут переданий машині, проте за робочим ще зберігаються певні операції, зазвичай важко піддаються автоматизації. Вищим ступенем є створення заводів і фабрик-автоматів, тобто повністю автоматизованих підприємств.



Рис. 4. Напівавтомат для зварювання

3.2.1 Основні види механізації і автоматизації

Основа автоматизації технологічних процесів – це перерозподіл матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків відповідно до прийнятого критерієм управління (оптимальності). Як оціночної характеристики може виступати поняття рівня (ступеня) автоматизації: часткова, повна і одинична.

Часткова механізація (автоматизація) технологічних процесів – механізація (автоматизація) технологічних процесів або їх систем, при якій частина витрат енергії людей замінена витратами енергії неживої природи, виключаючи (включаючи) керування.

Повна механізація (автоматизація) технологічних процесів – механізація (автоматизація) технологічних процесів або їх систем, при якій всі витрати енергії людей замінені витратами енергії неживої природи, виключаючи (включаючи) керування.

Одинична механізація (автоматизація) технологічних процесів – часткова або

повна механізація (автоматизація) однієї первинної складової частини технологічного процесу або системи технологічних процесів, виключаючи (включаючи) керування.

Примітка. *Зміст первинної частини визначається першим поділом об'єкта механізації (автоматизації) на складові частини.*

Наприклад, для системи технологічних процесів первинними складовими частинами є окремі технологічні процеси, для технологічних процесів – технологічні операції, для технологічних операцій – технологічні та допоміжні переходи і т.п.

Комплексна механізація (автоматизація) технологічних процесів – часткова або повна механізація (автоматизація) двох або більше первинних складових частин технологічного процесу або системи технологічних процесів, виключаючи (включаючи) керування.

Первинна механізація (автоматизація) технологічних процесів – механізація (автоматизація) технологічних процесів або їх систем, в яких до її проведення використовувалася тільки енергія людей.

Вторинна механізація (автоматизація) технологічних процесів – механізація (автоматизація) технологічних процесів або їх систем, в яких до її проведення використовувалася енергія людей і неживої природи (тільки неживої природи).

3.2.2 Характеристики механізації (автоматизації)

Характеристика механізації (автоматизації) технологічних процесів – опис кількісного або якісного ознаки механізації (автоматизації) технологічних процесів, що використовується при її оцінці.

Система характеристик механізації (автоматизації) технологічних процесів – сукупність якісних і кількісних характеристик механізації (автоматизації) технологічних процесів, є необхідною і достатньою для оцінки та аналізу її стану відповідно до вимог нормативно-технічної або технічної документації.

Підсистема якісних характеристик механізації (автоматизації) технологічних процесів – сукупність якісних характеристик механізації (автоматизації) технологічних процесів, використовувана в системі характеристик механізації (автоматизації).

Підсистема кількісних характеристик механізації (автоматизації) технологічних процесів – сукупність кількісних характеристик механізації (автоматизації) технологічних процесів, що використана в системі характеристик механізації (автоматизації).

Показник механізації (автоматизації) технологічних процесів – кількісна характеристика механізації (автоматизації) технологічних процесів, що встановлюється відповідно до умов її застосування.

Основний показник механізації (автоматизації) технологічних процесів – показник механізації (автоматизації) технологічних процесів для узагальненої оцінки якості механізації (автоматизації) на певному етапі її проведення, встановлений в нормативно-технічної документації.

Додатковий показник механізації (автоматизації) технологічних процесів – показник механізації (автоматизації) технологічних процесів для аналізу якості механізації (автоматизації) на певному етапі її проведення, встановлений у технічній документації.

3.2.3 Якісні характеристики стану механізації (автоматизації)

Ступінь механізації (автоматизації) технологічних процесів – якісна характеристика стану механізації (автоматизації) технологічних процесів або їх систем, що

визначається областю застосування, яка може змінюватися від технологічної операції до системи технологічних процесів всіх галузей машинобудування і приладобудування.

Визначник комплексності механізації (автоматизації) технологічних процесів – якісна характеристика стану механізації (автоматизації) технологічних процесів або їх систем, що визначає наявність однієї або більше механізованих (автоматизованих) первинних складових частин.

Категорія механізації (автоматизації) технологічних процесів – якісна характеристика стану механізації (автоматизації) технологічних процесів або їх систем, що визначається інтервалом значень основного показника механізації (автоматизації), встановленим в нормативно-технічній документації.

Узагальнена характеристика стану механізації (автоматизації) технологічних процесів – характеристика стану механізації (автоматизації) технологічних процесів або їх систем, що визначається ступенем, комплексністю та категорією механізації (автоматизації).

3.2.4 Рівень механізації

Основними показниками, що характеризують **рівень механізації і автоматизації**, є:

- **коефіцієнт механізації виробництва ($K_{M.B.}$):**

$$K_{M.П.} = V_M / V_{ЗАГ.},$$

де V_M – обсяг продукції, виробленої за допомогою машин і механізмів;

$V_{ЗАГ.}$ – загальний обсяг виробленої продукції на підприємстві.

- **коефіцієнт механізації (автоматизації) праці ($K_{M.T.}$):**

$$K_{M.П.} = \frac{N_M}{N_M + N_P},$$

де N_M – де, кількість робочих, зайнятих на механізованих (автоматизованих) роботах, чол.;

N_P – кількість робітників, що виконують ручні операції.

- **коефіцієнт механізації (автоматизації) робіт (K_P):**

$$K_P = \frac{V_M}{V_{ЗАГ.}}$$

- **рівень автоматизації (Y_A) на практиці досить часто визначають з виразу:**

$$Y_A = \frac{K_A}{K_A + K},$$

де, K_A – кількість автоматичного обладнання в штуках або його вартість в рублях;

K – кількість або вартість неавтоматичного обладнання.

Необхідно відзначити, що цей показник рівня автоматизації, певний на основі зіставлення застосовуваного автоматичного і неавтоматичного обладнання, не зовсім точно характеризує рівень автоматизації на підприємстві.

Певною мірою рівень механізації виробництва характеризує і такий показник, як технічна озброєність праці ($K_{T.B.}$) Який визначається з виразу:

$$K_{T.B.} = \frac{\Phi_A}{N}.$$

де Φ_A – середньорічна вартість активної частини основних виробничих фондів;

N – середньооблікова чисельність працівників підприємства або робітників

Економічна і соціальна значимість механізації і автоматизації виробництва полягає в тому, що вони дозволяють замінити ручну працю, особливо важку, машинами і автоматами, підвищити продуктивність праці і на цій основі забезпечити реальне або умовне вивільнення працівників, поліпшити якість виробленої продукції, знизити трудомісткість і витрати виробництва, збільшити обсяг виробництва і тим самим забезпечити підприємству більш високі фінансові результати, що дає можливість покращити добробут працівників та їхніх родин.

3.3 Основні категорії механізації і автоматизації і їх характеристика

3.3.1 Основні показники

Тимчасовий рівень механізації (автоматизації) живої праці – стосується не перекритого машинного часу до штучному часу.

Тимчасовий рівень механізації (автоматизації) засобів технологічного оснащення – відношення повного машинного часу до штучному часу.

Енергетичний рівень механізації (автоматизації) живої праці – відношення корисних витрат енергії неживої природи в протязом не перекритого машинного часу до суми корисних витрат енергії неживої природи і людей протязом штучного часу.

Енергетичний рівень механізації (автоматизації) засобів технологічного оснащення – відношення корисних витрат енергії неживої природи протязом повного машинного часу до суми корисних витрат енергії неживої природи і людей протязом штучного часу.

3.3.2 Допоміжні показники

Рівень повного ручного часу – відношення повного ручного часу до штучному часу.

Примітка. Сума тимчасового рівня механізації (автоматизації) живої праці і рівня повного ручного часу дорівнює одиниці.

Ступінь охоплення механізацією (автоматизацією) первинних частин технологічного процесу – ставлення первинних частин, що механізуються (автоматизуються) до загальної кількості первинних частин технологічного процесу.

Коефіцієнт структури штучного часу – ставлення повного ручного часу до не перекрито машинного часу.

Коефіцієнт складу штучного часу – ставлення повного ручного часу до повного машинного часу.

Коефіцієнт не перекриття машинного часу – відношення не перекритого машинного часу до повного машинного часу.

Коефіцієнт структури потужностей при механізації (автоматизації) технологічних процесів – відношення середньої потужності живого праці до середньої потужності засобів технологічного оснащення на одному робочому місці.

3.3.3 Показники зміни стану

Коефіцієнт зміни тимчасового рівня механізації (автоматизації) живої праці – відношення значення часового рівня механізації (автоматизації) живої праці після прове-

дення механізації (автоматизації) технологічних процесів або їх систем до його значенню в початковому стані.

Коефіцієнт зміни рівня повного ручного часу – відношення значення рівня повного ручного часу після проведення механізації або автоматизації живого праці до його значенню в початковому стані.

Коефіцієнт зміни повного ручного часу – відношення значення повного ручного часу в початковому стані до його значенням після проведення механізації або автоматизації живого праці.

Коефіцієнт зміни не перекритого машинного часу – відношення значення не перекритого машинного часу в початковому стані до його значенням після проведення механізації або автоматизації живого праці.

Коефіцієнт зміни штучного часу – відношення значення штучного часу в початковому стані до його значенням після проведення механізації або автоматизації технологічних процесів або їх систем.

Коефіцієнт зміни стану механізації (автоматизації) технологічного процесу – відношення коефіцієнта зміни, що не перекритого машинного часу до коефіцієнта зміни повного ручного часу.

3.4 Основні стадії механізації і автоматизації і їх характеристика

Автоматизація має **нульовий рівень**, якщо у виробництві участь людини виключається тільки при виконанні робочих ходів (обертання шпинделя, рух подачі інструментів та ін.). Таку автоматизацію назвали **механізацією**. Можна сказати, що механізація – це автоматизація робочих ходів. Звідси випливає, що автоматизація передбачає механізацію.

Автоматизація **першого рівня** обмежується створенням пристроїв, мета застосування яких – виключити участь людини при виконанні холостих ходів на окремо взятому обладнанні. Така автоматизація називається автоматизацією робочого циклу в серійному і поточному виробництві.

Автоматизація **другого рівня** – це автоматизація технологічних процесів. На цьому рівні вирішуються завдання автоматизації транспортування, контролю об'єкта виробництва, видалення відходів і управління системами машин. В якості технологічного обладнання створюються і застосовуються автоматичні лінії, гнучкі виробничі системи (ГВС).

Автоматичної лінією називають автоматично діючу систему машин, встановлених в технологічній послідовності і об'єднаних засобами транспортування, завантаження, контролю, керування і усунення відходів. Якщо лінія включає позиції за участю людини, то вона називається автоматизованою.

Третій рівень автоматизації – комплексна автоматизація, яка охоплює всі етапи і ланки виробничого процесу, починаючи від заготівельних процесів і закінчуючи випробуваннями і відправкою готових виробів.

3.5 Поняття і визначення механізації та автоматизації технологічних процесів

Автоматизація технологічного процесу – сукупність методів і засобів, призначено для реалізації системи або систем, що дозволяють здійснювати керування самим технологічним процесом без безпосередньої участі людини, або залишення за людиною права прийняття найбільш відповідальних рішень.

Автоматизація технологічного процесу – застосування енергії неживої природи в технологічному процесі або його складових частинах для їх виконання і управління ними без безпосередньої участі людей, що здійснюється з метою скорочення трудових витрат, поліпшення умов виробництва, підвищення обсягу випуску і якості продукції.

Як правило, в результаті автоматизації технологічного процесу створюється АСУ ТП.

Керування в кібернетиці – це сукупність менеджменту і організації в сфері кібернетики. Поняття кібернетики і керування вперше було введено Стаффордом Біром в 1950-х роках.

Технологічний процес (скорочено ТП) – це впорядкована послідовність взаємопов'язаних дій, що виконуються з моменту виникнення вихідних даних до отримання необхідного результату.

«Технологічний процес» (ГОСТ 3.1109-82) – це частина виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії по зміні і (або) визначення стану предмета праці. До предметів праці відносять заготовки і вироби.

Механізація технологічного процесу – застосування енергії неживої природи в технологічному процесі або його складових частинах, повністю керованих людьми, здійснюване з метою скорочення трудових витрат, поліпшення умов виробництва, підвищення обсягу випуску і якості продукції.

Примітки:

1. Складові частини технологічного процесу – по ГОСТ 3.1109-73.

2. Механізація і автоматизація технологічного процесу поширюються на засоби технологічного оснащення і людей.

Механізація засобів технологічного оснащення – застосування енергії неживої природи в засобах технологічного оснащення при механізації технологічного процесу.

Автоматизація засобів технологічного оснащення – застосування енергії неживої природи в засобах технологічного оснащення при автоматизації технологічного процесу.

Механізація живого праці – застосування енергії неживої природи в технологічному процесі, що забезпечує виключення людей з його виконання або полегшення їх праці при збереженні за ними керування цим процесом.

Автоматизація живої праці – застосування енергії неживої природи в технологічному процесі, що забезпечує виключення участі людей у виконанні процесу і керування ним.

Якість механізації (автоматизації) технологічного процесу – сукупність властивостей механізації (автоматизації) технологічного процесу, що визначає її придатність для заданого технологічного процесу.

Примітка. Властивості механізації (автоматизації) технологічного процесу характеризуються значеннями параметрів засобів технологічного оснащення і трудовитрат людей після виконання механізації (автоматизації).

Стан механізації (автоматизації) технологічного процесу – якість механізації (автоматизації) технологічного процесу, що визначається в певний момент часу сукупністю значень характеристик, встановлених в нормативно-технічній або технічній документації.

Ручний метод виконання технологічного процесу – метод виконання технологічного процесу, при якому використовується енергія людей без застосування засобів технологічного оснащення.

Кооперувально-річний метод виконання технологічного процесу – метод вико-

нання технологічного процесу, при якому застосовуються засоби технологічного оснащення, що функціонують за допомогою енергії людей або тварин.

Механізовано-ручної (автоматизовано-річний) метод виконання технологічного процесу – метод виконання технологічного процесу, при якому одночасно застосовується енергія людей і неживої природи, а керування виконується людьми (частково без участі людей).

Механізований (автоматизований) метод виконання технологічного процесу – метод виконання технологічного процесу, при якому застосовується енергія неживої природи, а керування виконується людьми (частково без участі людей).

Автоматичний метод виконання технологічного процесу – метод виконання технологічного процесу і керування ним без безпосередньої участі людей.

Примітка. У технологічних процесах і операціях можуть застосовуватися один або кілька методів механізації (автоматизації).

3.5.1 Засоби технологічного оснащення при механізації (автоматизації)

Ручний технічний пристрій – технічний пристрій, що функціонує і кероване за участю людей, без використання енергії неживої природи.

Примітки:

1. Технічним пристроєм називається **виріб машинобудування або приладобудування** для перетворення, видобутку, переміщення, контролю об'єктів або керування ними. До технічних пристроїв відносять машини, інструменти, пристосування і т.п.;

2. Об'єктами впливів технічних пристроїв можуть бути матеріали, заготовки, вироби, енергія, інформація, копалини, рослини і т.п.;

3. Функціонування технічного пристрою являє виконання технологічної операції за встановленим алгоритмом.

Механізовано-ручний (автоматизовано-ручний) технічний пристрій – технічний пристрій, що функціонує при одночасному застосуванні енергії людей і неживої природи, яким керує людьми без використання (з частковим використанням) енергії неживої природи.

Механізоване (автоматизоване) технічний пристрій – технічний пристрій, що функціонує при послідовному застосуванні енергії людей і неживої природи, яким керує людьми без використання (з частковим використанням) енергії неживої природи.

Автоматичне технічний пристрій – технічний пристрій, що функціонує і керований за заданим алгоритмом з використанням енергії неживої природи, без безпосередньої участі людей. **Машина ручного дії** – машина, яка є ручним технічним пристроєм.

Примітка: **Машиною** називається окреме технічний пристрій, що складається, в загальному випадку, з енергетичної, передавальної, виконавчої і керуючої складових частин і виконує механічні рухи для безпосереднього перетворення стану матеріалів, енергії або інформації.

Механізовано-ручна (автоматизовано-ручна) машина – машина, в якій рух інструменту відбувається за допомогою енергії неживої природи, переміщення об'єкта обробки щодо інструменту виконується людьми, які повністю (частково) здійснюють керування.

Механізована машина – машина, яка є механізованим технічним пристроєм, в якому люди, крім установки і знімання об'єктів обробки, можуть виконувати подачу інструменту.

Машина-напівавтомат – машина, що виконує за допомогою енергії неживої при-

роди заданий алгоритм функціонування за участю людей у завантаженні і вивантаженні або установці і зніманні об'єктів обробки і періодичному включенні машини.

Машина-автомат – машина, що є автоматичним технічним пристроєм.

Ручний інструмент – інструмент, який є ручним технічним пристроєм.

Примітки:

1. *Інструментом називається технічний пристрій, що використовується в якості знаряддя машини або людини для безпосереднього зміни або визначення стану або для установки іншого знаряддя в машині.*

2. *При відновленні робочих властивостей ручного, механізовано-ручної або механізованого інструменту та їх установці в робоче положення, крім праці людей, може застосовуватися енергія неживої природи.*

Механізовано-ручний інструмент – інструмент, головне рух якого здійснюється енергією неживої природи, а подача і керування виконуються людьми.

Механізований інструмент – інструмент, всі рухи якого здійснюються енергією неживої природи, а керування – людьми.

Автоматично використовуваний інструмент – інструмент, що приводиться в дію і керований за допомогою енергії неживої природи, який використовується в машинах-автоматах або напівавтоматах, забезпечених спеціальним пристроєм для періодичного відновлення робочих властивостей інструменту і його установки в робоче положення без участі людей.

Ручне пристосування – пристосування, що є ручним технічним пристроєм.

Примітка:

Пристосуванням називається технічний пристрій, що приєднується до машини або використовується самостійно для базування і, при необхідності, закріплення предметів виробництва при виконанні технологічних операцій.

Механізоване пристосування – пристосування, в якому закріплення і розкріплення предметів виробництва виконується за допомогою енергії неживої природи, а інші дії – людьми.

Напівавтоматичне пристосування – пристосування, що є автоматизованим технічним пристроєм, який виконує заданий алгоритм функціонування частково за участю людей.

Автоматичне пристосування – пристосування, що є автоматичним технічним пристроєм.

3.6 Основні напрямки розвитку науково-технічного прогресу

У сучасний період бурхливого розвитку науково-технічного прогресу до традиційних його напрямками реалії життя доповнюють багато істотного, як в загальному, так і галузевому розрізі. Однак і традиційні діють постійно, залишаючись основою розвитку галузі та підвищення її ефективності.

До основних напрямів науково-технічного прогресу відносяться:

1. **Випереджаючий розвиток самої науки**, як основи технічної революції і технічного прогресу.

2. **Електронасищення виробництва.**

3. **Електронізація виробництва.**

4. **Масштабне використання обчислювальної техніки та інформаційної технології.**

5. **Механізація і автоматизація всіх виробничих процесів.**

6. **Раціональна хімізація**, доповнена біологічними засобами і методами.

7. **Сучасні і надсучасні напрямки**, пов'язані з використанням ефекту лазера, космічного інструментарію, мікробіології, біоніки, біоінженерії, генної інженерії та ін.

8. **Створення прогресивних технологій** з урахуванням досягнень всіх названих напрямів науково-технічного прогресу.

9. **Удосконалення організації виробництва**, праці та управління адекватно впровадження нової технології і інших напрямів науково-технічного прогресу.

Пріоритетними напрямками науково-технічного прогресу є:

– **електронізації народного господарства** – забезпечення всіх сфер виробництва і суспільного життя високоефективними засобами обчислювальної техніки (як масової – персональні комп'ютери, так і супер-ЕОМ з швидкодією більше 10 млрд. Операцій в секунду з використанням принципів штучного інтелекту), впровадження нового покоління супутникових систем зв'язку і т.д.;

– **комплексна автоматизація** всіх галузей народного господарства на базі його електронізації – впровадження гнучких виробничих систем (що складаються з верстата з ЧПУ, або так званого обробного центру, ЕОМ, мікропроцесорних схем, робототехнічних систем і кардинально нової технології); роторно-конвеєрних ліній, систем автоматизованого проектування, промислових роботів, засобів автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт;

– **прискорений розвиток атомної енергетики**, спрямоване не тільки на будівництво нових атомних електростанцій з реакторами на швидких нейтронах, а й на спорудження високотемпературних атомних енерготехнологічних установок багатопільового призначення;

– **створення і впровадження нових матеріалів**, що володіють якісно новими ефективними властивостями (корозійної і радіаційною стійкістю, жароміцних, стійкістю до зносу, надпровідність і ін.);

– **освоєння принципово нових технологій** – мембранної, лазерної (для розмірної і термічної обробки; зварювання, різання і розкрою), плазмової, вакуумної, детонаційної та ін.

Розмежування названих напрямів щодо, оскільки всі вони відрізняються високим ступенем взаємозамінності і спряженості: процес в одній області спирається на досягнення в інших. Так, сучасний рівень автоматизації виробництва і управління немислимий без інформаційно-обчислювальних пристроїв, які є основною частиною автоматизованих систем управління; створення нових матеріалів неможливо без застосування принципово нових технологій їх виробництва і обробки; в свою чергу одним з умов, що забезпечують високу якість нової техніки, є застосування нових матеріалів з особливими властивостями. Вплив обчислювальної техніки, нових матеріалів і біотехнології відчувають на собі не тільки окремі галузі, а вся національна економіка.

Всі ці напрямки науково-технічного прогресу дуже важливі. Однак, в реальному житті необхідне коригування на пріоритетність і можливість. У цьому плані найбільш пріоритетними напрямками є нові технології, механізація та автоматизації виробничих процесів. Необхідна також переорієнтація імпорту продукції на придбання технології.

Технічну оснащеність виробництва і праці також характеризує ряд показників:

1. **Фондоозброєність праці (ΦB):**

$$\Phi B = \frac{O\Phi}{Ч},$$

де ΦB – фондоозброєність, гр./чол.;

$O\Phi$ – вартість основних виробничих фондів у середньорічному обчисленні;

$Ч$ – чисельність персоналу.

2. Технічна озброєність праці (ТОТ):

$$ТОТ = \frac{A}{Ч_p},$$

де **ТОТ** – технічна озброєність праці, руб. / чел.;

A – вартість активної частини основних фондів;

Ч_p – чисельність робітників.

3. Фондоємність (ФМ):

$$ФМ = \frac{ОФ}{ТП},$$

де, **ФМ** – фондомісткість, гр.;

ОФ – вартість основних фондів у середньорічному обчисленні;

ТП – товарна продукція.

У конкурентній боротьбі галузі важливо оптимальне поєднання необхідної хімізації як основи технології і прискорення процесів в поєднанні з біотехнологією, генетикою, біологічними методами захисту. Адже продукція харчової промисловості повинна бути екологічно чистою, тоді вона буде високої конкурентної здібності.

Лекція №4

ТЕМА №4: КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ

Питання лекції: Основні терміни зварювального виробництва. Зміст і завдання аналізу виробничої програми. Техніко-економічна ефективність впровадження механізації, автоматизації та роботизації. Поняття про строки окупності обладнання для механізації, автоматизації та роботизації зварювального виробництва. Показники рівня механізації.

4.1 Основні терміни зварювального виробництва

При розробці технологічних процесів з урахуванням вимог по механізації, автоматизації та роботизації виготовлення зварних конструкцій супроводжується заходами, що пов'язані з визначенням, вибором, розробкою та замовленням нових засобів технологічного оснащення. Таким чином, для реалізації підвищення якості продукції, зменшення собівартості її виготовлення та полегшення умов праці робітників необхідно при створенні новітніх технологічних процесів необхідно змінювати засоби технологічного оснащення на більш досконалі. Для комплексного аналізу зварювального виробництва і визначення передумов автоматизації і роботизації розглянемо існуючу термінологію.

Засоби технологічного оснащення – сукупність технологічного устаткування (в тому числі для контролю і випробувань), технологічної оснастки (в тому числі інструменти і засоби контролю) та засобів механізації, автоматизації та роботизації виробничих процесів.

Технологічне устаткування – сукупність машин, механізмів, верстатів та приладів, які виконують одну або декілька певних виробничих операцій при виготовленні різних виробів (зварювання, наплавлення, різки та ін.).

Технологічна оснастка – сукупність обладнань, механізмів, пристроїв та спеціального інструменту, необхідних для здійснення запроектованого технологічного процесу. Оснастка сама по собі, не виконує ніяких технологічних операцій, а тільки сприяє їх виконанню і застосовується при виготовленні конкретних виробів або груп однотипних виробів.

У зварювальному виробництві технологічну оснастку за звичаєм називають *складально-зварювальною оснасткою*.

Складально-зварювальна оснастка – сукупність обладнань, механізмів, пристроїв та спеціального інструменту, необхідних для здійснення запроектованого технологічного процесу складання і зварювання вузлів, секцій та виробів у цілому.

Пристрій – додаткове обладнання до технологічної оснастки або устаткування, яке застосовується для полегшення умов праці, підвищення її продуктивності, за забезпечення умов техніки безпеки працюючого та ін. Окремі пристрої можуть не входити в склад технологічного устаткування або оснастки і використовуватись незалежно від них, тобто самостійно.

Інструмент – головна частина виконавчого механізму, за допомогою якої доцільно змінюють предмет праці (різець, свердло, шліфувальний круг, молоток, зубило та ін.). Інструмент використовують при виконанні слюсарних, складальних та інших видів робіт.

Механічне обладнання – сукупність пристроїв, механізмів, верстатів та приладів, які виконують одну або декілька допоміжних операцій при виготовленні зварних конструкцій (кантування виробу в зручне для зварювання положення, переміщення виробу або

зварювальних апаратів у процесі зварювання).

Механізм – кінематичний ланцюг, який призначений для здійснення певних доцільних рухів.

Машина – механізм або комплекс механізмів, призначених для виконання потрібної роботи, що пов'язано з процесом виробництва, транспортування або з процесом перетворення енергії.

4.2 Зміст і завдання аналізу виробничої програми

Виробничі результати зумовлюються системою завдань з виробництва і реалізації продукції, якими є максимально можливий випуск і реалізація продукції в умовах ринкової кон'юнктури за найбільш повного використання виробничих потужностей, досягнень науки і техніки, передового досвіду для забезпечення стійкого насичення ринку конкурентно-спроможною продукцією та досягнення при цьому високих фінансових результатів. Отже, виробнича програма охоплює обсяг виробництва продукції, її структуру та асортимент, параметри конкурентоспроможності і рівень використання виробничого потенціалу.

Особливість формування виробничої програми в умовах ринку полягає в тому, що визначальними орієнтирами масштабів, асортименту, якості, ціни продукції виступають параметри ринку продукції: місткість ринку, ступінь насиченості, інтенсивність насичення, параметри цієї продукції конкуруючих фірм, ефективність антимонопольної політики.

Загальна мета аналізу виробничої програми полягає в оптимізації номенклатури та асортименту виробництва продукції для укладання договорів на її поставку і реалізацію, максимального використання виробничого потенціалу та забезпечення стійких фінансових результатів господарської діяльності. Для досягнення цієї мети необхідно здійснити такі пошукові дослідження: знайти партнерів господарської діяльності; виявити резерви виробництва і реалізації продукції; визначити нові ринки збуту продукції; сформулювати нові потреби; прийняти оперативні організаторські рішення для забезпечення господарської діяльності по всій ієрархії.

4.3 Техніко-економічна ефективність впровадження механізації, автоматизації та роботизації

Основними техніко-економічними показниками обладнання є: *продуктивність, надійність, коефіцієнт корисної дії, точність роботи, технологічність, ступінь автоматизації, економічна ефективність, естетична довершеність, патентна чистота і патентоспроможність.*

Ці показники є критеріями, що дозволяють в сукупності судити про якість обладнання.

Продуктивність. Найважливішим техніко-економічним показником обладнання є продуктивність.

Продуктивністю обладнання називають кількість оброблюваного продукту в одиницю часу. Залежно від призначення обладнання та виду обробки продуктивність може вимірюватися в різних одиницях (*шт. / год., м / год., кг / год.* і ін.). Найбільш часто в зварювальному виробництві продуктивність обладнання вимірюється кількістю виготовлених виробів в штуках в одиницю часу (*шт. / год., шт. / хв.*). Теорія продуктивності розроблена проф. Г.А. Шаумяном. Розглянемо основні положення цієї теорії.

При роботі технологічної машини тривалість її циклу $T_{\text{Ц}}$ складається з робочих ходів l_p , пов'язаних з процесом обробки, і неодружених (допоміжних) ходів l_x , необхідних для повного здійснення циклу (завантаження і знімання виробу, що обробляють переміщення його з позиції на позицію, підведення і відведення робочих органів і т.п.).

Так, як за час $T_{\text{Ц}}$ закінчується обробка одного виробу, то, очевидно, для обробки наступного виробу при сталій роботі зварювальної машини потрібно той же самий час $T_{\text{Ц}}$.

За кожен проміжок часу $T_{\text{Ц}}$ машина, здійснюючи в певному чергуванні, робочі та допоміжні ходи, зробить одне і те ж певну кількість продукту. Отже, за кожен період робочого циклу відбувається одна і та ж робота.

Знаючи період робочого циклу, легко визначити частоту повторення робочого циклу, тобто циклову продуктивність машини ($Q_{\text{Ц}}$):

$$Q_{\text{Ц}} = \frac{1}{T_{\text{Ц}}} = \frac{1}{t_p + t_x},$$

де, $T_{\text{Ц}}$ – час обробки одного виробу, в шт. / хв. або шт. / год.;

t_p – час на виконання робочих ходів (зварювання), в м / хв. або м / год.;

t_x – час на виконання холостих ходів (зварювання), в м / хв. або м / год.

Для деякої машини, умовно званої «ідеальної», у якій відсутні втрати часу на холості ходи робочого циклу ($l^* = 0$), тобто у якій робочий процес здійснюється безперервно, продуктивність:

$$Q_{\text{Ц}} = \frac{1}{t_p} = K,$$

де, K – технологічна продуктивність машини, в шт. / год. або шт. / хв. при цьому $T_{\text{Ц}} = t_p$.

Величину K називають технологічної продуктивністю машини. Вона являє собою продуктивність машини, обчислену без обліку втрат часу на холості ходи, і характеризує можливості технологічного процесу, покладеного в основу машини. Таким чином, якщо у машини відсутні холості ходи, її циклова продуктивність цілком тривалістю обробки t_p .

Підставляючи другої формули в першу формулу, отримаємо:

$$Q_{\text{Ц}} = \frac{K}{1 + Kt_x},$$

Представляючи в отриману формулу, як добуток множників, отримаємо:

$$Q_{\text{Ц}} = K \cdot \frac{1}{1 + Kt_x} = K\eta_1,$$

де, η_1 – коефіцієнт продуктивності.

Коефіцієнт продуктивності визначається відношенням циклової продуктивності машини до технологічної, або відношенням часу робочих ходів до періоду робочого циклу:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 + Kt_x} = \frac{Q_{\text{Ц}}}{K} = \frac{t_p}{T_{\text{Ц}}}.$$

Величина коефіцієнта продуктивності характеризує **ступінь безперервності процесу** або використання машини за часом.

Якщо проаналізувати четверту формулу, то видно, що при $t_x = \text{const}$, підвищення технологічної продуктивності, з одного боку, збільшує продуктивність, а з іншого – змен-

шує величину коефіцієнта продуктивності, що веде до зниження темпу зростання продуктивності. Очевидна суперечність, що говорить про те, що підвищення продуктивності можливо лише при обліку взаємодії між двома зазначеними факторами. Таким чином, продуктивність машини підвищується не пропорційно збільшенню технологічної продуктивності.

Введення нових робочих органів, нового удосконаленого інструменту, нових високоефективних способів обробки і т.п. не дає пропорційного підвищення продуктивності машини, тобто якщо відбувається збільшення тільки технологічної продуктивності при $t_x = \text{const}$, то будь-яка машина буде мати **межу підвищення продуктивності**. Якщо ж одночасно зі збільшенням технологічної продуктивності скорочувати час на холості ходи, то можна продуктивність машини збільшувати безмежно. Якщо оцінювати продуктивність машини не за цикл, а за більш тривалий проміжок часу, *наприклад* за зміну, місяць, то в цьому випадку з'являються додаткові втрати часу: *зупинки машини* для її настройки і налагодження, для чищення та змащення та ін. Ці втрати часу не пов'язані з періодом робочого циклу машини і тому їх називають *поза циклові втрати* t_n .

Фактична продуктивність машини (Q_Φ) з урахуванням поза циклових втрат:

$$Q_\Phi = \frac{1}{t_p + t_x + t_n}.$$

Розділивши чисельник і знаменник на t_p , отримаємо:

$$Q_\Phi = \frac{K}{1 + Kt_x + Kt_n}.$$

З формули випливає, що продуктивність залежить від технологічної продуктивності, а також від часу виконання холостих ходів і поза циклових втрат. Представляючи формулу, як твір множників, отримаємо:

$$Q_\Phi = K \frac{1}{1 + K(t_x + t_n)} = K\eta_0,$$

де, η_0 – загальний коефіцієнт продуктивності, що враховує всі втрати. Співвідношення між цикловою ($Q_{Ц.}$) і фактичною (Q_Φ) продуктивністю називають **коефіцієнтом використання машини (η_0)**:

$$\eta_0 = Q_\Phi / Q_{Ц.}$$

Цей коефіцієнт характеризує рівень використання машини і показує, в якому ступені при роботі використовується запроєктована в машині продуктивність.

Таким чином, продуктивність обладнання характеризується можливістю обробки на ньому в одиницю часу певної кількості виробів, що відповідають заданим технічним умовам, і тому є одним з головних техніко-економічних показників його.

Всі втрати, які відбуваються при роботі обладнання, можна розбити на шість видів:

Втрати виду I – все холості ходи робочого циклу (транспортування об'єкта обробки з позиції на позицію; підводи і відводи робочих органів; фіксація, затиск і розтискання заготовки; перемикання окремих механізмів і т.п.). Втрати виду I – це **циклові втрати**.

Втрати виду II – втрати по інструменту (зміна електрода, установка і регулювання форсунки зварювальної головки; і т.п.).

Втрати виду III – втрати по ремонту (ремонт механізмів, очікування слюсаря чи електрика, отримання запасних частин і т.п.).

Втрати виду IV – втрати з організаційних причин (відсутність об'єкта обробки, матеріалу; здача зміни, переговори але роботі; відсутність робочого; прибирання і т.п.).

Втрати виду V – втрати по браку (браку заготовок, брак внаслідок порушення налагодження і т.п.).

Втрати виду VI – втрати по переналагодженні в зв'язку з переходом на виготовлення іншого виробу (зміна технологічного оснащення, інструменту, пристосувань; кінематична настройка і т.п.). Втрати виду VI в обладнанні зварювального виробництва мають місце рідко, так як це обладнання зазвичай є вузько спеціалізованим і служить для виготовлення якого-небудь одного виробу і, як правило, переналагодженні не підлягає. Втрати видів II..VI – це **поза циклові втрати**.

Крім того, всі види втрат можна розділити на дві групи:

1) **втрати, що пов'язані з режимом роботи обладнання** (власні, або основні втрати);

2) **втрати, не пов'язані з режимом роботи устаткування** (додаткові втрати).

До першої групи належать втрати по інструменту, ремонту і регулюванню механізмів та ін., до другої групи – втрати, викликані зовнішніми причинами: з організаційних причин, по браку і т.п. Якщо втрати першої групи в якійсь мірі неминучі, то втрати другої групи можуть і повинні бути доведені до мінімуму. З огляду на всі шість видів втрат, на основі аналізу роботи обладнання можна скласти схему балансу продуктивності (рис. 1). Зі схеми видно, що втрати різко знижують продуктивність від технологічної K до фактичної Q_{Φ} .

Баланс продуктивності показує, які втрати мають місце при роботі обладнання, який їх питома вага і з яких причин замість технологічної продуктивності K виходить значно менша величина Q_{Φ} . Схема балансу продуктивності відображає в наочній формі ефективність використання обладнання в умовах експлуатації. Вона дає чітке уявлення про причини наявних втрат робочого часу і показує, за рахунок яких чинників може бути здійснено підвищення продуктивності обладнання.

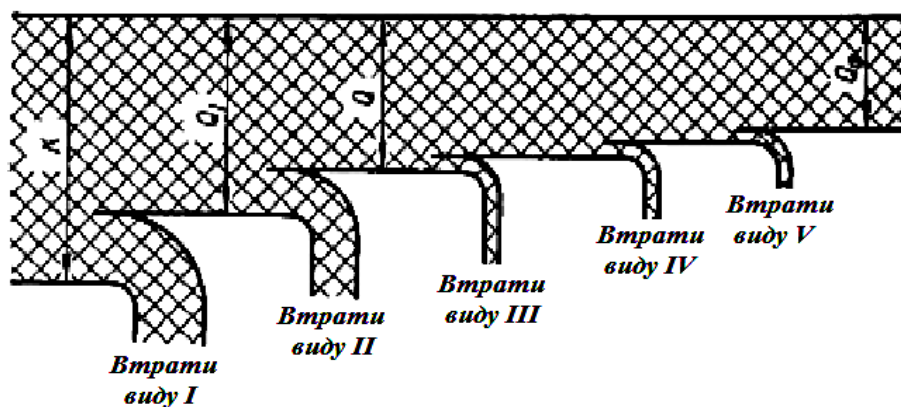


Рис. 1. Схема балансу продуктивності

Розглядаючи втрати, можна вказати основні проблеми комплексної автоматизації виробничих процесів, вирішення яких визначає перспективи **розвитку автоматизації**. В їх число входять проблеми автоматизації робочого циклу і створення устаткування і ліній безперервної дії, автоматизації зміни і регулювання інструментів, довговічності і надійності, автоматизації керування виробництвом, якості продукції та мобільності автоматизованого виробництва.

Надійність. Надійність обладнання визначається його здатністю до безперебійного випуску продукції заданої якості.

Надійність обладнання та його елементів не може бути оцінена поза зв'язком з продуктивністю і економічною ефективністю і тому теорію надійності обладнання розглядають як складову частину теорії продуктивності.

Одним з основних понять теорії надійності є поняття відмови. Відмовою обладнання називають подія, що полягає в повній або частковій втраті його працездатності, тобто можливості випустити придатну продукцію.

Під **безвідмовністю** розуміють здатність обладнання зберігати працездатність, тобто не мати відмов, в певних режимах і умовах експлуатації.

Під **режимами експлуатації обладнання** зварювального виробництва розуміють кількісні значення таких робочих параметрів, як тривалість робочого циклу, що визначає швидкості, прискорення і динамічні навантаження виконавчих і транспортних пристроїв, силові навантаження, температурний режим, тиск, розрідження і т.п.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) – характеристика ефективності системи (пристрої, машини) відносно перетворення, або передачі енергії. Визначається відношенням корисно використаної енергії до сумарної кількості енергії, отриманого системою; позначається звичайно η («ета»). ККД є безрозмірною величиною і часто вимірюється в процентах.

Точність роботи – узагальнена характеристика якості виконуваної роботи, яка визначається межами допустимих основних і додаткових похибок, а також рядом інших властивостей, що впливають на точність здійснюваних з їх допомогою вимірювань. Похибка може унормувати, зокрема, по відношенню до результату вимірів і т.п.

Технологічність – це одна з комплексних характеристик технічного пристрою (вироби, пристрої, приладу, апарата), яка виражає зручність його виробництва, ремонтпригодність і експлуатаційні якості.

Технологічність закладається в конструкцію при відповідному призначення параметрів деталей (матеріалу, розмірів і їх відхилень, шорсткості і т.п.), форм і взаємного розташування поверхонь їх елементів. Технологічність базується на стандартизації, уніфікації і спадкоємності. У багатьох випадках тільки можливості технології (втілює в собі досягнення науки і техніки) дозволяють досягти унікальних результатів і високих споживчих властивостей.

Технологічність не є характеристикою, яка б однозначно виражалася в будь-яких одиницях вимірювання. При виробництві різних виробів технологічність багато в чому визначає собівартість, витрати на виготовлення і подальше використання. Як правило, більш сучасні пристрої є більш технологічними в порівнянні з застарілими зразками, тобто, виробляються і експлуатуються з меншими витратами і з залученням більш продуктивних виробничих процесів.

Таким чином, не слід плутати **технологічність і технічний рівень** виробу або рівень задіяних в його виробництві технологій – це абсолютно різні поняття. Залежність між більш високим технічним рівнем і більш високою технологічністю виробу проявляється далеко не завжди, а часом носить і зворотний характер.

Рівень (ступінь) автоматизації (англ. *Levels of Automation, LOA*) це:

- 1) формалізована, виражена числом ступінь роботизації виконуваних операцій або, по-іншому, незалежність автоматизованого комплексу від людини;
- 2) поточний або планований стан автоматизації, що описується технічно, функціонально автоматизуються функції контролю і керування;
- 3) рівень автономності системи.

Економічна ефективність (англ. *Economic efficiency*) – це співвідношення між отриманими результатами виробництва – продукцією і послугами, з одного боку, і затратами праці і засобів виробництва – з іншого.

Критерії ефективності. Головним критерієм соціально-економічної ефектності є ступінь задоволення кінцевих потреб суспільства, і перш за все потреб, пов'язаних з розвитком людської особистості. Соціально-економічною ефективністю володіє та еконо-

мічна система, яка найбільшою мірою забезпечує задоволення різноманітних потреб людей: матеріальних, соціальних, духовних, гарантує високий рівень і якість життя. Основою такої ефективності служить оптимальний розподіл наявних у суспільства ресурсів між галузями, секторами і сферами національної економіки.

Ефективність економічної системи залежить від ефективності виробництва, соціальної сфери (систем освіти, охорони здоров'я, культури), ефективності державного керування. Ефективність кожної з цих сфер визначається відношенням отриманих результатів до витрат і вимірюється сукупністю кількісних показників.

Вимірювання ефективності. Для вимірювання ефективності виробництва використовуються показники продуктивності праці, фондоддачі, рентабельності, прибутковості, окупності та ін. З їх допомогою зіставляються різні варіанти розвитку виробництва, вирішення його структурних проблем.

Вимірювання ефективності соціальної сфери вимагає використання особливих якісних показників розвитку кожної з галузей цієї сфери.

Для державної сфери необхідні спеціальні критерії відповідності витрат і результатів діяльності держави вимогам суспільства.

Ефективність виробництва. Економічно ефективним прийнято вважати такий спосіб виробництва, при якому фірма не може збільшити випуск продукції без збільшення витрат на ресурси і одночасно не може забезпечити той же обсяг випуску, використовує меншу кількість ресурсів одного типу і не збільшуючи при цьому витрати на інші ресурси.

Ефективність виробництва складається з ефективності всіх діючих підприємств. Ефективність підприємства характеризується виробництвом товару або послуги з найменшими витратами. Вона виражається в його здатності виробляти максимальний обсяг продукції прийнятної якості з мінімальними витратами і продавати цю продукцію з найменшими витратами. Економічна ефективність підприємства, на відміну від його технічної ефективності, залежить від того, наскільки його продукція відповідає вимогам ринку, запитам споживачів.

Естетичне досконалість (Естетика) (нім. *Ästhetik*, від ін. – грец. *Αἴσθησις* – «чутство, чуттєве сприйняття») – філософське вчення про сутність і форми прекрасного в художній творчості, в природі і в житті, про мистецтво як особливу форму суспільної свідомості.

Естетика – наука про не утилітарності споглядальному або творчому відношенні людини до дійсності, що вивчає специфічний досвід її освоєння, в процесі і в результаті якого людина відчуває, відчуває, переживає в станах духовно-чуттєвої ейфорії, захоплення, невимовної радості, блаженства, катарсису, екстазу. Термін «естетика» вживається в сучасній науковій літературі та в побуті і в іншому сенсі – для позначення естетичної складової культури і її естетичних компонентів. У цьому сенсі говорять про естетику поведінки, діяльності, спорту, обряду, ритуалу, будь-якого об'єкта і т.п. Головні категорії естетики: *естетичне, прекрасне, піднесене, трагічне, комічне, потворне, мистецтво*.

Патентна чистота (патентоспроможність) (патентна юридична бездоганність, юридична бездоганність) – юридична властивість об'єкта (техніки, конструкції, машини, спробу виробництва і т.п.), Що означає можливість використовувати даний об'єкт на території даної країни без порушення чужих патентних прав щодо даного об'єкта.

У разі якщо об'єкт був ввезений на територію, де щодо нього вступають в силу патентні права третіх осіб, об'єкт може бути вилучений (арештований), а на власників об'єкта накладені штрафи, санкції або пред'явлена вимога про відшкодування шкоди.

4.4 Поняття про строки окупності обладнання для механізації, автоматизації та роботизації зварювального виробництва

1. **Економічний фактор відіграє основну роль при роботизації** (впровадженні роботів і маніпуляторів) в металургійне виробництво. Правда, поки що можна говорити лише про окремі операції складних металургійних переділів. Поки що це роботи в ремонтних цехах або допоміжних виробництвах підприємств галузі.

При визначенні техніко-економічної ефективності механізації (автоматизації) через роботизацію в металургії, в основу розрахунків беруть такі показники:

- термін окупності промислового робота або маніпулятора і додаткових капітальних вкладень;
- витрати на утримання промислового робота або маніпулятора;
- збільшення продуктивності технологічного устаткування при обслуговуванні його промислового робота;
- порівняння промислового робота з автоматами, якщо останні використовуються для виконання аналогічних операцій.

Вважається виправданим впровадження промислового робота для заміни робочих на тих операціях, які неможливо механізувати іншими (простішими і дешевшими) засобами.

Як свідчить досвід іноземних фірм (і розробників, і споживачів) має місце стійка тенденція до зниження вартості промислових роботів.

Економічна ефективність впровадження промислового робота залежить від багатьох факторів. Найбільш значним фактором впровадження промислового робота є їх вартість, яка залежить від наступних характеристик: числа ступенів рухливості, обсягу робочої зони, вантажопідйомності і складності систем керування. Дорогі промислового робота можуть виконувати більш широкий круг операцій, а система керування вищого класу гарантує кращу адаптацію промислового робота до новому виду роботи. Так, *наприклад*, вартість адаптивного робота, оснащеного системою технічного зору, становить 150 тис. дол. У найближчі роки його вартість, як вважають фахівці США, знизиться в 1,5 рази. Приблизно 60 % і більше вартості промислового робота становить система керування. Сумарні витрати на впровадження промислового робота складаються з витрат на придбання власне промислового робота, на монтаж і пуско-налагоджувальні роботи, на допоміжне обладнання. Ці витрати залежать від виду промислового робота і роботизуємо технологічної операції.

Важливим економічним аспектом впровадження промислового робота є відносивування здешевлення промислового робота при зростанні їх функціональних можливостей.

При цьому існують норми економічної ефективності експлуатації ПР і маніпуляторів: впровадження одного промислового робота вивільняє, в середньому 2...3 чол. робот повинен використовуватися в три зміни, термін (швидкість) окупності витрат на роботизацію 3...4 роки.

Однак, в різних країнах термін окупності різний. Так в США він складає 2...2,5 року, в Англії – вісім років при двозмінній роботі. Критерієм рентабельності ПР в Японії вважається його повна амортизація за три роки при вивільненні не менше двох робочих.

При груповому використанні ефективність промислового робота зростає: продуктивність обладнання підвищується в 2...4 рази, знижується відносний показники капіталовкладень і експлуатаційних витрат.

Оцінка економічної ефективності використання промислових роботів показують, що один робот може замінити 1...3 робочих в одну зміну, при цьому продуктивність об-

ладнання можна підвищувати на 20 % за рахунок зменшення його простоїв, стабілізації і підвищення ритму роботи.

2. Економічні показники ефективності впровадження промислових роботів. Доцільність впровадження маніпуляторів і промислових роботів визначається наступними факторами:

- необхідність заміни робочих на фізично важких, шкідливих і небезпечних для здоров'я людини, монотонних (утомливих) технологічних операціях; дефіцитом робочий сили для виконання певних операцій (робіт);

- економічною ефективністю при заміні робочих промисловими роботами;

- необхідністю механізації виробничих операцій (заміною ручної праці) при створенні автоматизованих систем керування виробничими «процесами» соціальним фактором – ліквідацією відмінності між розумовою і фізичною працею.

Узагальненим показником економічної ефективності промислових роботів є термін окупності:

$$D = E/L - P,$$

де, D – термін окупності, рік;

E – витрати по роботизації технологічних операцій (процесів), грн.;

L – річна економія фонду зарплати, грн.;

P – величина річних експлуатаційних витрат, грн.

Економія фонду зарплати L , за рахунок впровадження промислових роботів визначається кількістю вивільнених робітників і величиною їх зарплати. З урахуванням того, швидше чи повільніше працює обладнання, що обслуговується роботом замість оператора формула має вигляд:

$$D = E/(L - P) \pm q(L + Z),$$

де, q – коефіцієнт, що визначає, на скільки промислових роботів працює швидше (+) або повільніше (-) оператора, %;

Z – річні амортизаційні відрахування на обладнання, що обслуговується роботом, рублів. Прибуток від експлуатації обчислюється за формулою:

$$D = K(L - P),$$

де, K – коефіцієнт прибутку (табл. 1).

Таблиця 1. – Коефіцієнт добутку

Час експлуатації робота, років	Амортизація, %				
	1	0,969	0,950	0,928	0,907
2	1,883	1,814	1,735	1,663	1,539
3	2,746	2,599	2,436	2,293	2,054
4	3,559	3,313	3,056	2,818	2,450
5	4,327	3,062	3,577	3,256	2,755
6	5,051	4,551	4,038	3,660	2,989
7	5,734	5,088	4,439	3,924	3,169
8	6,379	5,576	4,778	4,174	3,308
9	6,987	6,018	5,091	4,388	3,414
10	7,500	6,421	5,355	4,564	3,497

Крім прямого прибутку впровадження промислових роботів дозволяє підвищити коефіцієнт змінності з 1,4 до 1,9 при двозмінній роботі і до 2,9 – при тризмінній роботі обладнання.

З метою полегшення розрахунків окупності промислових роботів розроблена таб-

лиця коефіцієнтів визначення прибутку в залежності від терміну служби робота і відсохка його амортизації.

Розглянемо конкретний приклад економічної ефективності використання промислових роботів для виконання технологічної операції в цеху виробництва товарів народного споживання.

Початкові дані:

- Витрати на роботизацію операції штампування виробів – 800 тис. грн.
- Загальна економія праці (вивільнено двоє робітників з місячною зарплатою 8000 грн. кожен);
- Витрати на експлуатацію (утримання) промислових роботів складають:
 - при роботі в одну зміну – 30 тис. грн.;
 - при двозмінній роботі – 40 тис. грн.;
 - при тризмінній роботі – 46 тис. грн.

Відповідно до формули термін окупності роботизації складе: при роботі комплексу в одну зміну:

$$D = \frac{E}{L-P} = \frac{800000}{192000-30000} = 4,9 \text{ роки.}$$

Річну економію фонду зарплати визначили як:

$$L = 2 \times 8000 \times 12 = 192000 \text{ грн.,}$$

при роботі комплексу в дві зміни:

$$D = \frac{E}{L-P} = \frac{800000}{384000-40000} = 2,3 \text{ роки,}$$

при роботі комплексу в три зміни:

$$D = \frac{E}{L-P} = \frac{800000}{570000-46000} = 1,5 \text{ року.}$$

Аналіз економічних показників свідчить, що основний прибуток виходить за рахунок економії живої праці, тобто заробітної плати робітників, вивільнених у процесі роботизації.

Впровадження промислових роботів в ливарному, ковальсько-пресовому, зварювальному і металургійному виробництвах ще більш доцільно і економічно ефективніше, ніж в машинобудівному виробництві, так як зарплата робітників в гарячих цехах вище, ніж в механообробних і механоскладальних. Крім того, будуть вагомими соціальні та інші фактори, що впливають на доцільність впровадження промислових роботів.

4.5 Показники рівня механізації

Прискорення науково-технічного прогресу в промисловості вимагає систематичного аналізу стану механізації, та науково обґрунтованого визначення перспектив її розвитку, узагальнення та поширення передового досвіду, вдосконалення техніки, як матеріальної основи механізації та автоматизації праці. При наявності відповідних показників оцінки рівня механізації можна робити необхідні порівняння і узагальнення, як по підприємствам і організаціям, так і по підгалузі і галузі в цілому.

В даний час для оцінки досягнутого рівня механізації використовуються різні непрямі показники:

- дані про структуру основних фондів;
- обсязі випуску або впровадження зварювального устаткування;
- капіталовкладеннях в механізацію праці в розрахунку на одного працівника або на 1000 грн. річного товарообігу;
- дані про питому вагу підприємств, оснащених тим чи іншим обладнанням і т.п.

Однак для всіх перерахованих показників характерна відсутність явної вираженої залежності між їх абсолютними значеннями і ступенем заміни ручної праці механізованою.

Виявити і оцінити залежність між обсягом використовуваного обладнання та рівнем механізації можна тільки за допомогою **спеціальних статистичних показників**.

Якісна оцінка рівня механізації передбачає визначення ступеня витіснення ручної праці механізмами. При цьому одиницею спостереження можуть бути працівник, його праця і виконувана робота, технологічний процес.

Отже, рівень механізації може характеризуватися системою показників. У зв'язку з цим в інструкції по визначенню рівня механізації в зварювальному виробництві дані методи розрахунку декількох показників:

– «Рівень механізації праці» – $Y_{M.T.}$;

– «Рівень механізації робіт» – $Y_{M.P.}$.

Однак це не означає, що в кожному окремому випадку підприємство повинні визначати всі ці показники.

Вибір того, чи іншого показника, здійснюється даними про облік цілей і завдань, що відносяться при вивченні стану і перспектив розвитку механізації.

« $P_{OЗУМ. T.}$ » визначається відношенням механізованої праці в загальних трудових витрат. Цей показник відображає не тільки охоплення механізацією тих чи інших робіт і учасників, але також і якісну сторону механізації, тобто технічний рівень машин і механізмів, що використані. Він розраховується за формулою:

$$P_{OЗУМ. T.} = \left(\frac{ET_{MM}}{\Phi \cdot PCPC} \right) 100,$$

де, T_M – час роботи машини (механізму) при виконанні даного обсягу робіт, год.;

M – норма обслуговування, тобто кількість працівників, які одночасно обслуговують дану машину (механізм), чол.;

Φ – фонд часу одного працівника в середньому за місяць, квартал або рік (визначається за виробничим календарем), год.;

PCPC – середньооблікова чисельність працівників даної ділянки і підприємства по організації, чол.

Рівень механізації робіт характеризує питому вагу обсягу робіт, виконаних механізованим способом в загальному обсязі робіт. Загальні трудові витрати визначаються виходячи з витрат часу на виконання окремих операцій (робіт) і середньооблікової чисельності по кожній групі працівників. Якщо, працівник виконує кілька видів робіт, визначається проведене число працівників даної категорії за кожним видом робіт і відповідним чином коригується середньооблікова чисельність по окремих категоріях працівників.

Наприклад, на даний зварювальної ділянці протягом року зварниками витрачається на складальні операції 4670 год., на підйомно-транспортні 8400 год., тоді наведена кількість зварювальників при збірці продукції становить 2,5 одиниць (4670:1860). В даному розрахунку.

Корисний річний фонд часу одного працівника 1860 год./рік. Потім відповідно коригується річна чисельність зварників, слюсарів та стропальників, зайнятих вантажно-розвантажувальними роботами.

Фактично трудовитрати при використанні обладнання, люд.-год., визначається як добуток часу роботи обладнання на число працівників, що виконують операції на ньому або використовують його. Механізовані трудові витрати визначаються множенням по-

казника фактичних трудовитрат при роботі обладнання за рік на коефіцієнт технологічної прогресивності, що характеризує технічний рівень обладнання, його відповідність завданням по комплексної механізації даного процесу (роботи) вимогам технічного прогресу.

Обсяг механізації робіт визначається в натуральних одиницях. Зокрема, обсяг підйомно-транспортних робіт визначається в одиницях брутто. По товарах, надходження яких показується в інших одиницях (тисяч умовних банок, тис. штук), здійснюється перерахування зазначених товарів в брутто за допомогою наступних перекладних коефіцієнтів: кронштейни – 0,05; розтяжки – 0,5; скоси – 0,6; інші деталі – 1,7.

Обсяг підйомно-транспортних робіт з окремої групи виробів або по підприємству у цілому визначається з урахуванням кількості умовних перевалок, під якими слід розуміти суму перевалок-перевантажень виробів з ручною (або механізованим) перекладанням запакованих або штучних вантажів з одного транспортного засобу (без урахування автотранспорту) на інший, і кількість переміщень вантажів (як горизонтальних, так і вертикальних).

Особливості логістичних процесів на складах обумовлюють і деякі відмінності в підході до оцінки рівня механізації складських робіт. У роді спеціальних робіт рівень механізації складських робіт рекомендується обчислювати розподілом обсягу вантажообігу, виконаного механізованим способом (в тоннах) на загальний обсяг складського вантажообігу за певний період (в тоннах). Однак на практиці розрахувати такий показник досить складно.

По-перше, тому, що на сучасних складах кожна одиниця вантажообігу може піддаватися послідовно, як механізованої, так і ручної переробки. У цих умовах визначити обсяг вантажообігу, виконаного механізованим способом, можна тільки на основі спеціальних спостережень.

По-друге, показник «Вантажообіг в тоннах» на практиці трактується по-різному: в одних випадках це може бути вага вантажів, що надійшли на склад; в інших – відправлених зі складу і т.п. Слід також зазначити, що такий показник механізації робіт не забезпечує порівнянності результатів розрахунку.

При розробці показників механізації складських робіт необхідно виходити з основних функцій складів, що складаються в забезпеченні оптимальних умов зберігання товарів і підготовки їх до відправки в роздрібну мережу. За своїм змістом складські процеси не однорідні. Тому з точки зору охоплення таких процесів механізацією доцільно розподілити їх по функціонально-логістичним ознаками на 3 групи:

- вантажно-розвантажувальні роботи;
- завантаження транспорту;
- зберігання виробів і підготовка їх до просування в роздрібну мережу.

Коефіцієнт механізації однорідних робіт $K_{М.П.-Р.Р.}$ можна розрахувати за формулою:

$$K_{М.П.-Р.Р.} = [(Q_M + Q_{ПМК}) / Q_{ЗАГ}] 100,$$

де Q_M , $Q_{ПМК}$ – частина загального обсягу робіт, виконаних відповідно механізованим і напів-автоматизованим способом;

$Q_{ЗАГ}$ – загальний обсяг виконаної роботи.

Лекція №5

ТЕМА №4: КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ

Питання лекції: Основні системи автоматичного керування циклом виробництва. Загальна відомості про системи автоматики, їх класифікація та призначення. Визначення автоматичного циклу, класифікація САЦ і їх переваги та недоліки.

5.1 Основні системи автоматичного керування циклом виробництва

Сучасна технологія виробництва пред'являє високі вимоги до *автоматизації технологічних процесів*, до вибору оптимальних засобів комплексної автоматизації. Виробництво і постачання засобів комплексної промислової автоматизації технологічних процесів, автоматизованих систем керування та оптимізації виробничих процесів, АСК ТП різної складності є одним з найважливіших напрямків роботи промисловості. На цей час пропонується широкий вибір засобів для комплексної автоматизації, оптимізації виробничих процесів.

Автоматизована система керування та контролю призначена для керування технологічним процесом (АСК ТП), оптимізації технологічних процесів, автоматизації технологічних процесів, підтримки оптимального режиму роботи технологічних апаратів та обліку проміжних даних, формування і видачі звітної і архівної документації, діагностики вимірювального обладнання у всіх галузях промисловості, таких як будівельна, харчова, хімічна, нафтопереробна та ін. Станції автоматичного керування (САК) є багатофункціональними електротехнічними шафами та щитами автоматики, основною метою яких є автоматизація технологічних процесів.

Завдяки високоякісним і високонадійні компонентам систем автоматизації, що поставляються такими виробниками як *Schneider Electric* і *Siemens* та інші, автоматизовані системи керування відповідають основним цілям оптимізації виробничих процесів і мають найбільш економічно вигідну для кінцевого користувача співвідношення ціна / якість. Економічними аргументами на користь комплексної інтегрованої автоматизації АСК ТП є скорочення витрат на апаратну частину, *наприклад*, завдяки використанню стандартних компонентів і модульної конструкції, а також більш низьким витратам за час життєвого циклу системи та економії на запасних частинах.

Комплексні системи автоматизації. АСК ТП повинна мати:

- високу інформативність, що допомагає оцінити технологічний процес, вибрати критерії та визначити їх відносну важливість;
- мати можливість аналізу технологічної обстановки, порушень ведення технологічного процесу, що дозволяє вести технологічне налагодження виробництва;
- можливість пошуку оптимального режиму ведення технологічного процесу;
- високу точність по вимірюванню технологічних параметрів і їх регулювання;
- можливість автоматичного дозування компонентів;
- можливість якісного підтримування технологічного режиму за заданим алгоритмом;
- можливість створення на базі АСК ТП автоматизованих робочих місць (АРМ) обслуговуючого персоналу;
- можливість розширення системи керування.

АСК ТП повністю вирішують всі ці завдання, спрямовані на оптимізацію технологічних процесів. У комплекс послуг по пуско-налагодженню комплексних систем автоматизації входять навчання по впровадженню і застосуванню засобів промислової автоматизації на виробництві, профілактичний огляд, сервісне обслуговування станцій автоматичного керування і т.п.

Програмне забезпечення програмно-технічного комплексу призначене для реалізації автоматизованого керування технологічним обладнанням та диспетчеризації параметрів технологічного процесу станції автоматичного керування (АСК ТП).

Основні функції системи автоматизації. До основних функцій поставляються АСК ТП відносяться:

- автоматична диспетчеризація параметрів технологічного обладнання (рівнів, тисків, рівнів розділу фаз, температур і витрат по технологічним апаратам та ін.);
- порівняння вимірних значень технологічних параметрів із заданими значеннями і формування сигналів керування, а також попереджувальної і аварійної сигналізації;
- відображення ходу технологічного процесу у вигляді мнемосхем, трендів (графіків зміни параметрів у часі), індикаторів, хронометрування основних технологічних параметрів, формування протоколу подій і архівних даних;
- оперативне автоматичне і ручне керування електрозадвіжками і регулюючими клапанами з пульта, автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора, технолога та т.п.;
- імітація об'єкта керування, різних аварій і відмов, для незалежного налагодження і навчання обслуговуючого персоналу.

Структура і функції. Розробка територіально-розподілених автоматизованих систем збору, обробки даних і керування технологічним процесом вимагає застосування спеціальних рішень побудови мереж передачі даних. АСК ТП будується за ієрархічним принципом і має багаторівневу структуру.

В АСК ТП виділяється чотири рівні ієрархії:

- **нижній рівень** – рівень датчиків і виконавчих механізмів;
- **середній рівень** – рівень промислових контролерів (ПЛК);
- **верхній рівень** – рівень промислового сервера і мережевого обладнання;
- **оперативний рівень** – рівень операторських і диспетчерських станцій.

Нижній рівень складається з датчиків і виконавчих механізмів, які встановлюються на технологічних об'єктах. Їх конструкція і виконання дозволяють їм стійко і безпечно функціонувати при самих несприятливих погодних умовах, а також у вибухонебезпечних зонах. Зв'язок датчиків і виконавчих механізмів із середнім рівнем здійснюється за допомогою відповідних кабелів.

Середній рівень складається з промислових контролерів, силовий, сигналізаційної автоматики і необхідних вторинних приладів. Повинні бути розташовані на території таким чином, щоб мінімізувати витрати на прокладку кабелів і знизити вплив перешкод. Ядром програмно-технічних засобів контролю і керування системи є промислові контролери.

Промислові контролери здійснюють:

- збір та обробку даних, що надходять з датчиків;
- керування технологічними об'єктами за заданими алгоритмами роботи.

Відмінними рисами в обраних моделях контролерів є:

- широка номенклатура модулів, що дозволяє розробляти багатофункціональні системи контролю та керування;
- наявність інтелектуальних модулів введення / виведення, в тому числі модулів,

регуляторів автономного функціонування;

- дублювання модулів центрального процесора і блоку живлення;
- можливість «гарячої» заміни модулів;
- наявність вихідних ланцюгів, що мають вид вибухозахисту «іскробезпечне електричне коло».

Передача інформації від контролерів на наступний рівень і прийом команд керування здійснюється з використанням стандартних інтерфейсів RS485. Зв'язок будь-якого промислового контролера з сервером здійснюється одночасно по двох незалежних каналах зв'язку.

Дублювання каналів зв'язку «сервер-промисловий контролер» необхідно для підвищення надійності системи в цілому.

Верхній рівень системи – це рівень *промислового сервера і мережевого устаткування*.

Мережеве обладнання складається з *концентраторів, комутаторів і перетворювачів*.

Промисловий сервер являє собою високонадійну стійку обчислювальну систему і забезпечує накопичення в реальному масштабі часу і надійне тривале зберігання великих обсягів технологічної інформації, а також доступ до неї з великої кількості автоматизованих робочих місць оперативного рівня. *Мережеве і телекомунікаційне обладнання, мережеві канали, телефонні і оптоволоконні лінії зв'язку* утворюють високошвидкісну територіально-розподілену обчислювальну мережу промислового призначення. Відмовостійкість мережі забезпечується резервуванням мережевих каналів, ліній зв'язку та комунікаційного обладнання.

Оперативний рівень складається з автоматизованих робочих місць операторів і диспетчерів, а також мережевого принтера, встановлених в різних приміщеннях і будівлях. Об'єднані в локальну мережу АРМ утворюють єдиний інформаційно-обчислювальний комплекс (ІОК). ІОК реалізує відображення в графічному вигляді технологічної інформації, забезпечує видачу аварійних сигналів і взаємодія операторів з АСК ТП, організовує зв'язок з іншими системами керування. На цьому рівні створюються, як повністю дублюючі (рівноправні по отриманні даних і виконуваних функцій керування) один одного робочі місця, так і технологічно орієнтовані робочі місця, що адекватно враховують специфіку роботи персоналу і технології ділянки виробництва.

Програмне забезпечення для комплексних систем автоматизації. Обладнання, що поставляється з програмним забезпеченням повинно легко інтегруватися з системами АСК ТП підприємства і іншими існуючими на підприємстві системами автоматизації завдяки застосуванню стандартизованих рішень:

- комунікаційних протоколів (*Ethernet 802.3, TCP / IP* і інших);
- операційної системи (*MS Windows*);
- форматів файлів (*TXT, DOC, XLS*);
- інтерфейсів з СУБД (*ODBC, SQL*);
- інтерфейсів динамічного обміну даними *DDE, NetDDE*.

Програмне забезпечення реалізує всі необхідні функції людино-машинного інтерфейсу в цілях автоматизації технологічних процесів.

5.2 Загальна відомості про системи автоматизації, їх класифікація та призначення

Для того щоб машина могла виконувати необхідні операції в технологічному про-

цесі, нею потрібно нею керувати, тобто здійснювати пуск, зупинку, змінювати режим роботи, стан робочих органів і виконувати інші операції керування і контролю шляхом впливу на органи керування машини, механізму. Якщо керування здійснюється людиною, воно називається **ручним**, якщо технічним засобом – **автоматичним**.

Ось деякі серйозні причини, що характеризують людину, як найбільш слабку ланку в системі регулювання:

1. Запізнення реакції людини в середньому становить 0,3 с і практично виключає ручне керування у високошвидкісних пристроях. Так при керуванні пристроєм в прокатних станах при швидкості виходу прокату в 10...30 м / с, час, який потрібен оператору для виявлення відшарування товщини смуги від заданої, занадто великий, щоб впливати на відповідні коригувальні пристрої.

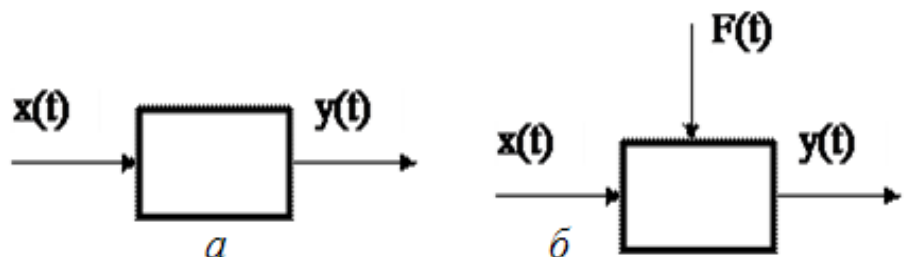
2. При тривалому, навіть не дуже складному алгоритмі керування, фізична втома оператора значно знижує якість роботи системи в цілому, а часто призводить і до її відмов у роботі. Для здійснення автоматичного керування технічним процесом створюється система, що включає керований об'єкт і керуючий пристрій, або автоматичний регулятор, що складається з засобів автоматики і телемеханіки.

I. Основні поняття систем автоматизації.

Елементом автоматики (рис. 2) називається частина пристрою автоматичної системи, яка виконує самостійні функції в якісних або кількісних перетвореннях фізичних величин.

Точка автоматичної системи або пристрою, до якої прикладене вплив, що розглядається, називається **Входом $x(t)$** , а та точка, в якій спостерігається ефект, викликаний даним впливом – **Вихід $y(t)$** . **$F(t)$** називається **Зовнішнім впливом** тобто впливом зовнішнього середовища, а під **Внутрішнім** розуміється вплив однієї частини автоматичної системи на іншу в системі автоматичного керування. **Впливом, що обурює**, вважають, такий вплив, який не передбачено алгоритмом керування. На практиці той вплив, що підбурює погіршує або порушує роботу системи автоматичного керування.

Рис. 2. Елемент автоматики:
а) без впливу, що обурює; б) зі зовнішнім впливом, що обурює



Прості і складні засоби автоматики складаються з окремих пов'язаних між собою елементів.

Чутливий елемент, або вимірювальний пристрій, що вимірює дійсне значення **керуємої величини** і перетворює його в однозначно **відповідну величину $K_1 t$** , зручну для порівняння з величиною, що задає **$G_1(t)$** . Якщо чутливий елемент створює електричний або пневматичний сигнал, то він має назву **первинний перетворювач**.

Перетворюючий елемент призначений для перетворення сигналів в зручний вид і іноді об'єднується в одне ціле з датчиком або з іншим елементом для подальшого використання.

Елемент, що задає, формує вплив **$G(t)$** , який визначає необхідне значення керованої величини, і перетворює його в однозначно відповідну величину **$G_1(t)$** , зручну для порівняння з величиною **$K_1(t)$** .

Як елемент, що задають, можуть використовуватися різні кулачкові механізми, функціональні потенціометри, перфокарти, магнітні плівки, профільні діаграми і т.п. Іноді елемент, що задає, конструктивно об'єднується в одне ціле з вимірювальним і порівнювальним елементом.

Порівнювальний елемент у найбільш поширеному вигляді вимірює різницю сигналів (похибку) $X(t) = G_1(t) - K_1(t)$. У елементів для порівняння, може відбуватися і підсумовування сигналів. Операції алгебраїчного підсумовування на схемах автоматики позначаються умовними знаками. Як порівнюють елементів можуть використовуватися потенціометри, механічні диференціали і сельсин пари в трансформаторному режимі для порівняння кутових переміщень, пристрої на резисторах для порівняння і підсумовування електричних напруг, струмів і т.п.

Підсилювальний елемент підсилює сигнал неузгодженості (T) до величини, достатньої для приведення в дію виконавчого елемента (рис. 3). У підсилювальному елементі відбувається збільшення сигналу за рахунок отримання енергії зовні. У системах автоматичного керування (рис. 4) найчастіше використовуються **електричні** (електронні, релейні, електромагнітні, магнітні, напівпровідникові і ін.), **гідравлічні і пневматичні підсилювачі**. Останні мають високі коефіцієнти посилення по потужності і виконують одночасно роль виконавчих елементів (серводвигунів, серво-механізмів).

Рис. 3. Структурна схема підсилбвача низької частоти

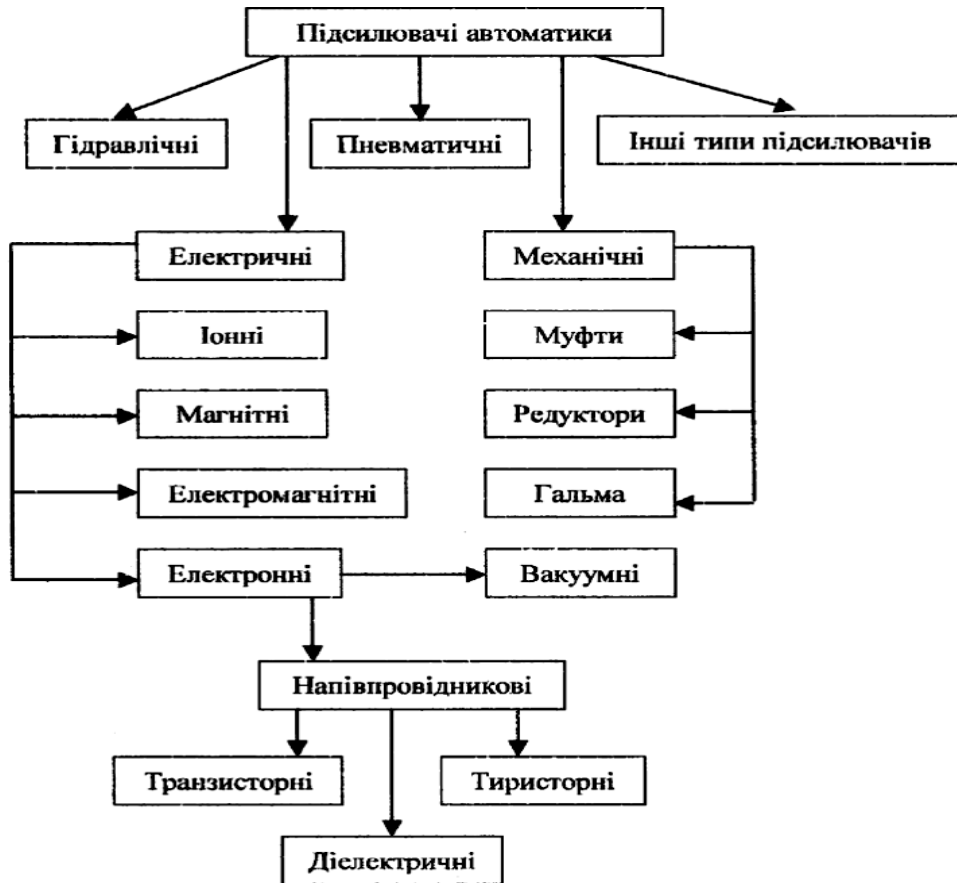
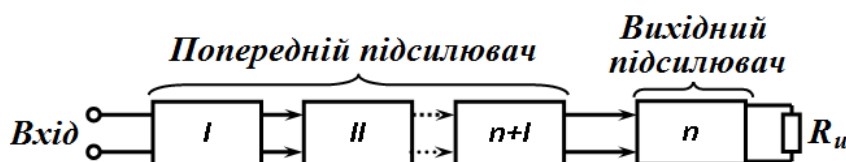


Рис. 4. Класифікація підсилювачів автоматики

Виконавчий елемент виробляє і подає на регулюючий орган об'єкта керування дії, що керують (t). По виду використовуваної енергії виконавчі елементи поділяють на **елект-**

ричні (електродвигуни постійного і змінного струму, одно обертові електричні виконавчі механізми і ін.), **гідравлічні і пневматичні** (серводвигуни, що характеризуються великими зусиллями, швидкодією і високою точністю).

Об'єкти керування – це різні технічні пристрої, енергетичні та силові установки, транспортні засоби, окремі механізми пристроїв і т.п.

Коригувальний елемент, або місцевий зворотний зв'язок, – це спеціальний пристрій, що вводяться у систему для поліпшення якості керування.

Головний зворотний зв'язок – це зв'язок між виходом системи та входом, що утворює **замкнутий контур керування**.

На об'єкт керування крім керуючих вхідних впливів (t) впливають і різні зовнішні дії, що збурюють вплив $F(t)$, або збурення (рис. 5), яке викликає зміни керованої, або регульованої величини $K(t)$ (вихідна величина).

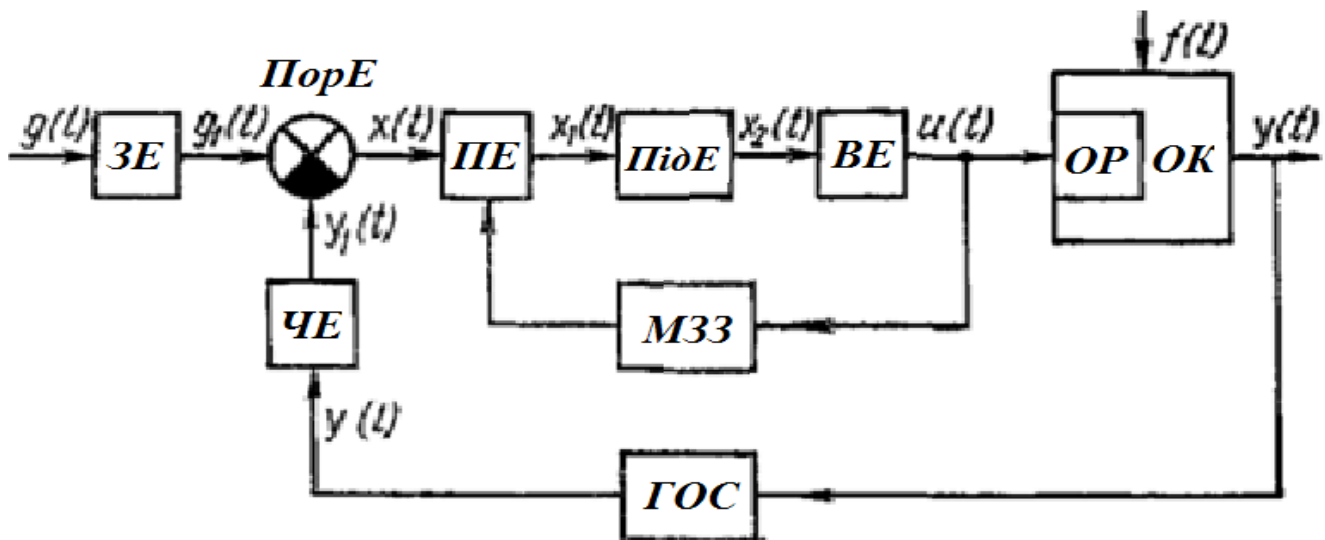


Рис. 5. Система автоматичного керування в загальному вигляді:

ЗЕ – елемент, що задає; *ПорЕ* – порівняльний елемент; *ЧЕ* – вимірювальний (чутливий) елемент; *ПЕ* – перетворюючий елемент; *ПідЕ* – підсилювальний елемент; *ВЕ* – виконавчий елемент; *ОР* – орган регулювання; *ОК* – об'єкт керування; *МЗЗ* – місцевий зворотний зв'язок; *ГОС* – головний зворотний зв'язок

Для боротьби з збуреннями об'єкт **забезпечується регулюючим органом (РО)**, впливаючи на який вручну або автоматично, можна змінювати керовану величину, компенсуючи небажані зміни, викликані впливом збурень.

Ті впливи, що збурюють і задають вплив поділяться на **зовнішні і внутрішні**.

Зовнішнє – це вплив на автоматичну систему зовнішнього середовища або пристроїв, які не є частиною цієї системи.

Внутрішнє – це вплив однієї частини системи на іншу.

Керованим об'єктом – називають пристрій, який безпосередньо здійснює технологічний процес, який потребує надання спеціально організованих впливів ззовні для виконання завданого алгоритму.

Автоматичний керуючий пристрій – це, пристрій, що здійснює вплив на керований об'єкт відповідно до алгоритму керування.

Алгоритм функціонування – це сукупність правил, інструкцій чи математичних залежностей, що визначають правильне виконання технологічного процесу в будь-якому пристрої. Він складається на підставі технологічних, економічних та інших вимог без ураховання динамічних спотворень.

Алгоритм керування – це сукупність, приписів, що визначають характер керуючих впливів на об'єкт з метою здійснення ним заданого алгоритму функціонування з урахуванням динамічних властивостей системи.

Програмне керування – це, алгоритм функціонування при якому вихідна величина об'єкта змінюється за заздальгідь заданою програмою. Розрізняють системи з *тирчасовим і просторовим програмним керуванням* (штучний світанок, системи з програмним керуванням).

Уявімо найбільш загальний випадок побудови систем автоматичного керування, що містить максимум елементів (див. рис. 5), де *ЗЕ* – елемент, що задає; *ПорЕ* – елемент, що порівнює; *ЧЕ* – вимірювальний (чутливий) елемент; *ПЕ* – перетворюючий елемент; *ПідЕ* – підсилювальний елемент; *ВЕ* – виконавчий елемент; *ОК* – об'єкт керування; *МЗЗ* – місцевий зворотний зв'язок; *ГОС* – головний зворотній зв'язок.

II. Основні види автоматизації (рис. 6). Залежно від функцій, які виконуються спеціальними автоматичними пристроями, розрізняють наступні основні види автоматизації:

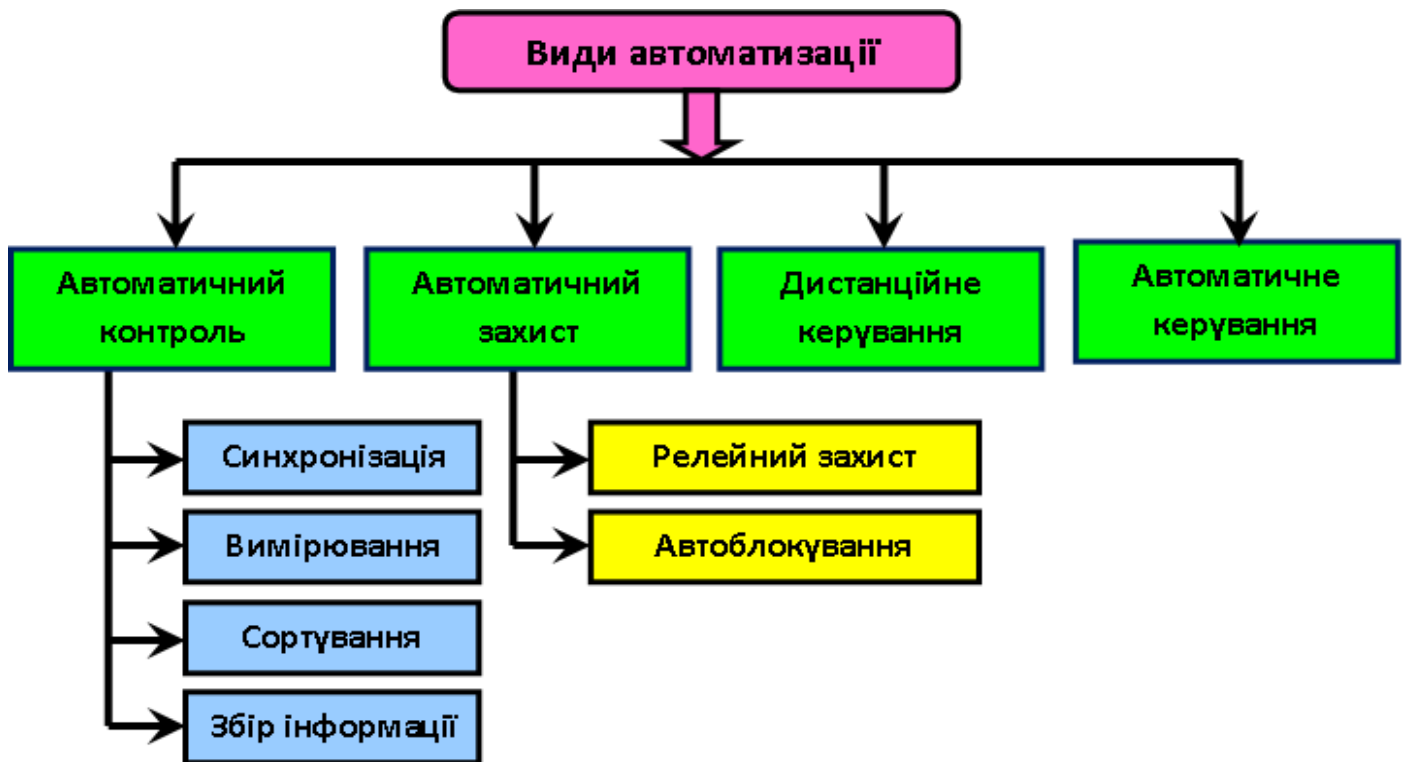


Рис. 6. Основні види автоматизації

1. **Автоматичний контроль**, в який, в свою чергу, входять:

а) **автоматична сигналізація** – служить для оповіщення персоналу про наявність, характер і місце порушення або досягнення граничних значень параметрів технологічного процесу (ТП). До сигнальних пристроїв відносяться лампи, дзвінки, сирени, спеціальні мнемонічні покажчики та ін.;

б) **автоматичне вимірювання** дозволяє вимірювати і передавати на спеціальні прилади значення контрольованих параметрів ТП і режимів роботи машин і агрегатів;

в) **автоматична сортування** – здійснює ідентифікацію та розподіл продукції за фізико-механічними ознаками: розміром, вагою, твердістю, пророщенням (сортування зерна, картоплі, кавунів і т.п.);

г) **автоматичний збір інформаційного проходженні** ТП, видів, кількість та якість продукції, що випускається і т.п.

2. **Автоматична захист** – це сукупність технічних засобів, що реагують на аномальні і аварійні режими протікання ТП з подальшим його відключенням, або припиненням, або автоматичним усуненням несправностей. *Наприклад:* релейний захист електричних блокувань і автоблокувань в технологічних лініях.

3. **Дистанційне керування** включає до себе методи і технічні засоби керування об'єктами на відстані включає в себе комплекс технічних засобів і методів з керування об'єктами без участі.

4. **Автоматичне керування** включає до себе комплекс технічних засобів і методів з керування об'єктами без участі обслуговуючого персоналу:

- пуск і зупинку основних установок;
- включення і відключення допоміжних пристроїв;
- забезпечення безаварійної роботи;
- дотримання необхідних значень параметрів відповідно до оптимального ходу технологічного процесу.

За ступенями автоматизації розрізняють наступні її види: **часткову, комплексну і повну.**

Часткова автоматизація – охоплення окремих виробничих операцій або установок, які не звільняючи людини від участі в процесі, але полегшуючи його праця (роздача кормів на фермі).

Комплексна автоматизація – означає автоматичне виконання всіх операцій за участю оператора.

Повна автоматизація – на відміну від комплексної без участі людини при виборі та погодження режимів роботи ліній. Оператор лише стежить і перебудовує на нові виробничі завдання.

Системою автоматизованого керування (САК) називається система, що виконує деяку мету за допомогою переробки і перетворення доступною її інформації про внутрішні і зовнішні умови своєї роботи у вектор і забезпечує необхідний функціональний зв'язок між вектором і вектором стану.

Системою автоматизованого регулювання (САР) називається система, що слугує для забезпечення необхідного функціонального зв'язку між векторами і за допомогою їх порівняння. Згідно з цим, САР розглядається як складова частина більш широкого поняття САК.

III. Класифікація систем автоматизації. Класифікація технічних засобів АСК ТП представлена на рис. 7 і вони систематизуються за наступними критеріями:

- алгоритмом функціонування;
- взаємодією регулятора та об'єкта;
- принципом регулювання;
- законом керування;
- характером керування.

Залежно від алгоритму функціонування автоматичні системи керування поділяють на:

- стабілізуючі;
- адаптивні;
- спостереження;
- автоматичні;
- програмні.

За алгоритмом функціонування.

Стабілізуючі системи. Автоматична система керування називається *стабілізую-*

чою, якщо алгоритм функціонування містить припис підтримувати значення вихідної величини постійним, тобто $y(t) = \text{const}$. Розрізняють *статичні і астатичні системи регулювання*.

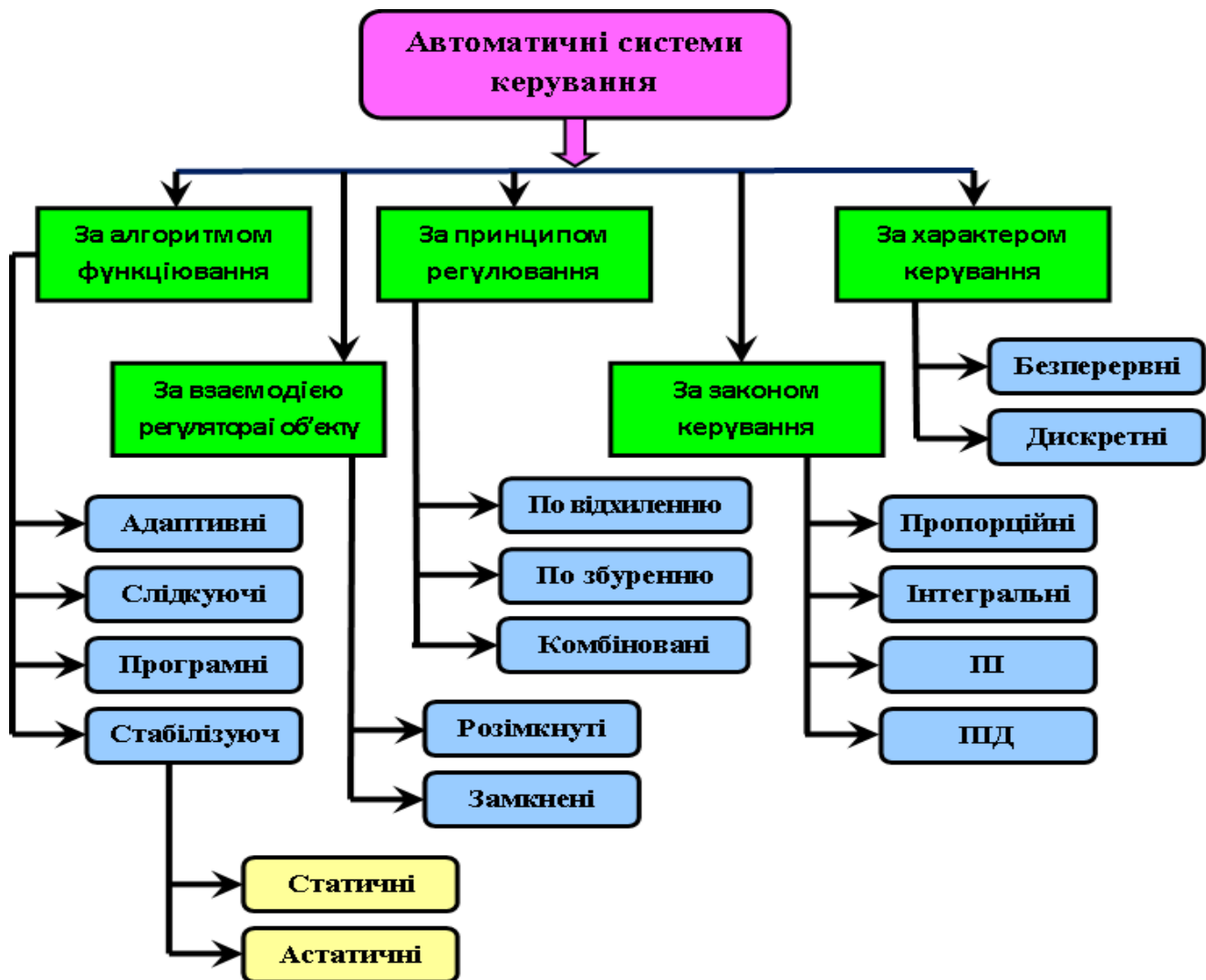


Рис. 7. Класифікація автоматичних систем керування

Статичні системи регулювання – якщо все зовнішні впливи (ті, що задають та ті, що збурюють) з плином часу прагнуть до постійних значень, а встановилася помилка постійною.

Система називається *астатичною* по відношенню до даного зовнішнього впливу, якщо складова статичної помилки, зумовлена ним, дорівнює нулю.

5.2.1 Класифікація підсилювачів

Вихідні сигнали датчиків, елементів порівняння, як правило, слабкі і не можуть безпосередньо використовуватися для приведення в дію різних механізмів автоматики. Тому в сучасних системах автоматики широко застосовують підсилювачі, що підсилюють потужність сигналу та можливого його перетворення у вид. зручніший для роботи системи.

Підсилювачем називають пристрій, призначений для збільшення потужності сигналу за рахунок енергії джерела живлення, при цьому вихідна підсилена величина є функцією вхідного сигналу і має з ним однакову фізичну природу. За видом використаної енергії підсилювачі діляться на електричні, гідравлічні, пневматичні, механічні тощо.

5.2.2 Напівпровідникові і магнітні підсилювачі

Напівпровідникові транзисторні підсилювачі мають невеликі габарити, масу, економічні, значний строк роботи, високий К.К.Д., але їх параметри змінюються під час зміни температури, що є їх недоліком.

Тиристорні підсилювачі застосовують при значно більших струмах та напругах. Вони також мають невеликі габарити, масу, високий ККД, надійні, але чутливі до перевантажень по струму.

Магнітні підсилювачі не мають рухомих частин, нечутливі до вібрацій, якості електроенергії. їх потужність сягає десятків кіловат. До недоліків належать великі габарити, інерційність, вартість.

Діелектричні підсилювачі застосовують як підсилювачі потужності (на базі варикапів), але їх параметри залежать від вологості, температури.

Гідравлічні і пневматичні підсилювачі служать для підсилення вхідних величин за потужністю, тиском або використовуються як виконавчі елементи (серводвигуни). їх схеми аналогічні і розрізняються за видом робочого тіла (рідина чи повітря) та конструктивно (обробкою поверхні, герметизацією). Дані підсилювачі надійні, мають велику потужність, невелику інертність.

Механічні підсилювачі ділять на муфти, редуктори, гальма, які являють собою механічні трансформатори для перетворення зусиль, частоти обертання та крутного моменту.

Підсилювальний елемент разом з пасивними елементами (резисторами, конденсаторами, котушками індуктивності) називають **підсилювальним каскадом**. За формою характеристик, як залежність між вихідною і вхідною величинами, розрізняють **підсилювачі з лінійними і нелінійними характеристиками**.

Електронні підсилювачі широко застосовують у системах автоматики для попереднього підсилення слабких сигналів, що виробляють датчики до потужності, що не перевищує 100 Вт. Вони можуть бути **напівпровідникові, постійного, змінного струму, одно- і багато каскадні**.

Напівпровідникові підсилювачі характеризуються невеликою потужністю споживання, є стійкими та надійними, економічні. За способом вмикання напівпровідникових підсилювачів розрізняють три схеми вмикання.

5.2.3 Підсилювачі електричних сигналів

Пристрої, що призначені для підсилення електричних сигналів мають назву **підсилювачі**.

Процес підсилення є один з випадків процесу керування енергією і; в принципі полягає в тому, що слабкий сигнал, який надійшов, на вхід підсилювача від керуючого джерела електричної енергії, керує більш сильним сигналом на його виході.

Вхідний сигнал не є джерелом енергії вихідного сигналу. Енергія вихідного сигналу утворюється за рахунок витрачання енергії електричних джерел живлення, але в той же час без сигналу на вході не утворюється і сигнал на виході.

Отже вхідний сигнал керує вихідним сигналом, джерелом енергії якого є певний пристрій живлення. Узагальнена структурна схема підсилюючого пристрою (рис. 8):

Вхідний пристрій (вхідне коло) призначений для подачі сигналу, що підсилюють, на підсилюючий елемент, який забезпечує керування з боку вхідного сигналу вихідним, створюючи тим самим підсилення.

Підсилений сигнал передається споживачу – навантаженню підсилювача. Коло, в яке включений споживач, називається вихідним колом (вихідним пристроєм).

Пристрій живлення забезпечує роботу підсилюючого елемента і є джерелом енергії вихідного сигналу.

Підсилюючий елемент необхідний для забезпечення процесу підсилення.

Такі підсилюючі властивості має і транзистор. Як було показано вище, значення колекторного струму залежить від в основному від струму емітера і може змінюватись в широких межах при зміні напруги між емітером і базою.

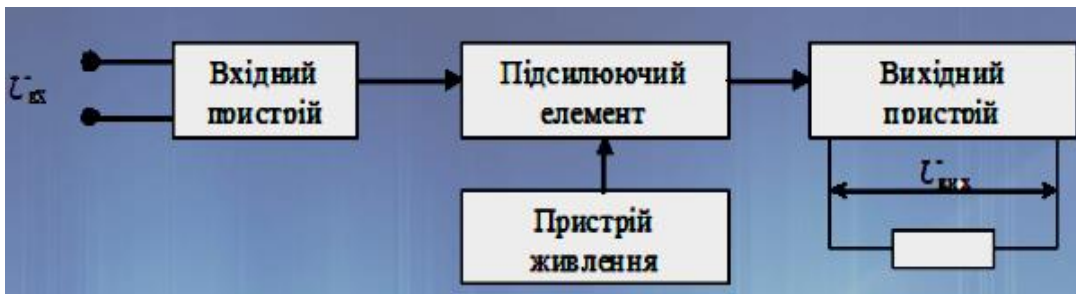


Рис. 8. Узагальнена структурна схема підсилюючого пристрою

В узагальненому викладі фізична суть роботи підсилюючого елемента можна розглядати як властивість його змінювати в широких межах його опір під дією вхідного сигналу. В результаті цього на опорі навантаження, який включений послідовно з підсилюючим елементом (ПЕ), здійснюється пульсація напруги і виділяється підсилений по потужності сигнал $U_{вих}$, утворений джерелом ЕРС е завдяки протіканню струму у навантаженні.

Для більшого підсилення сигнал з виходу першого ПЕ подається на такий же елемент, тобто підсилювач може мати кілька підсилюючих елементів, що послідовно підсилюють сигнал. Частина схема, що складається з одного ПЕ із вхідними і вихідними колами, називається **підсилюючим каскадом**.

В багато каскадних підсилювачах розрізняють **попередній і кінцевий каскади**.

Попередній – підсилює вхідний сигнал до рівня, що забезпечує нормальну роботу наступних каскадів.

Кінцевий – забезпечує підсилення потужності сигналу до рівня, необхідного для нормальної роботи вихідного пристрою (гучномовця у акустичних системах, електродвигуна в системах автоматики і т.п.).

Характеристики підсилювачів.

Показники підсилювача – це параметри і характеристики, за якими оцінюють якість його як елемента системи автоматики. Розглянемо основні з них.

Коефіцієнт підсилення – розрізняють за струмом, напругою, потужністю. Для усталеного режиму відповідно рівні: $KU = U_{вих}/U_{вх}$; $KI = I_{вих}/I_{вх}$; $KP = P_{вих}/P_{вх}$;

Якщо підсилювач складається з кількох (п) каскадів, то $K = K_1 \times K_2 \times \dots \times K_n$.

Вихідна потужність підсилювача – це корисна потужність, при якій спотворення не перевищують допустимих величин.

Вхідний і вихідний опір ($R_{вх}$ і $R_{вих}$).

Вихідний опір визначають між вихідними затискачами підсилювача при вимкненому опорі навантаження R_n .

Номінальна вхідна напруга (чутливість) – це напруга на вході підсилювача, при якій на виході забезпечується задана потужність. Чим менша величина $U_{вх}$, що визначає задану потужність, тим чутливіший підсилювач.

Діапазон підсилювальних частот (полоса пропускання підсилювача) – сфера частот, коли коефіцієнт підсилення змінюється не більше, ніж допускається за умовами роботи.

Динамічний діапазон виражений в децибелах – відношення максимальної амплітуди, при якій сигнал ще не викривляється, до мінімальної амплітуди, при якій сигнал ще достатньо перевищує перешкоди.

Спотворення в підсилювачах – нелінійні, частотні, фазові. При цьому відповідно змінюється форма підсилювальних коливань, величина коефіцієнта підсилення при зміні частоти та з'являється зсув фаз між $U_{вх}$ і $U_{вих}$. Спотворення в підсилювачах – явища негативні і їх вплив, якщо можна, зменшують.

Фазові спотворення зумовлені присутністю частотно-залежних елементів. Сигнали різної частоти мають неоднакові зсуви в часі, що призводить до викривлення форми складного вхідного сигналу в результуючому сигналі (для звукових підсилювачів ці викривлення несуттєві, а для відео-, телесигналу ці викривлення призводять до подвоєння та розмивання контуру).

Нелінійні спотворення – виникають за рахунок нелінійних елементів (транзисторів, дроселів, трансформаторів та ін.). Для звукового сигналу ці викривлення призводять до зміни тембру звуку.

Чутливість підсилювача – напруга на вході підсилювача, при якій на виході розвивається номінальна потужність.

Зворотний зв'язок. В багатьох підсилювачах застосовується зворотний зв'язок.

Зворотний зв'язок має місце тоді, коли частина сигналу, що утворюється на виході підсилювача, передається на його вхід. Якщо при цьому сигнал, що передається на вхід з виходу співпадає по фазі з вхідним сигналом, то зворотний зв'язок називається позитивним (додатним), інакше – негативним (від'ємним). Види зворотного зв'язку (рис. 9):

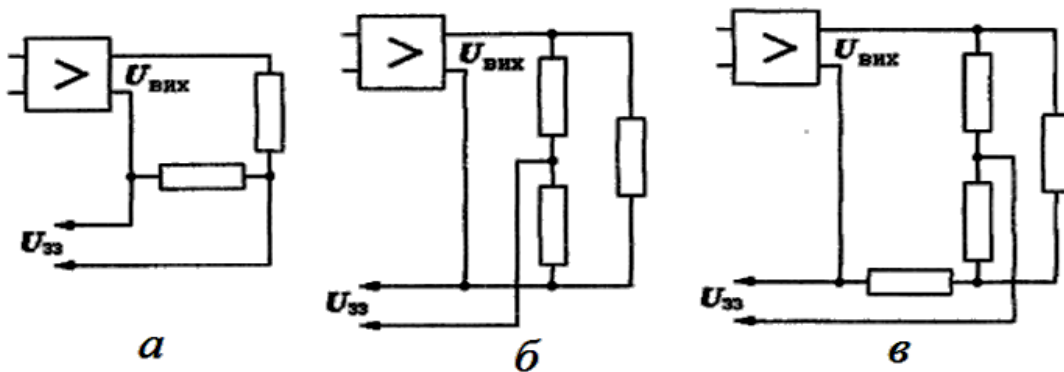


Рис. 9. Види зворотного зв'язку:
а) зворотний зв'язок за струмом;
б) зворотний зв'язок за напругою;
в) змішаний зворотний зв'язок

Для більш стійкої роботи чи зміни режиму підсилювача використовують зворотний зв'язок, тобто частину вихідного сигналу (або весь сигнал) подають знову на вхід. Такий зв'язок утворюють спеціально шляхом уведення в схему підсилювача ланки зворотного зв'язку В цьому випадку на вхід підсилювача подається напруга. Знак напруги $U_{зв.з}$ визначається схемною реалізацією ланки зворотного зв'язку. Якщо $U_{зв.з}$ брати зі знаком «+», то вона підсилює вхідну напругу, а такий зв'язок називають **додатним**, якщо ж $U_{зв.з}$ брати зі знаком «—», то вона зменшує вхідну напругу, а сам зв'язок називають **від'ємним**. Крім цього, зворотні зв'язки поділяють на зв'язки **за напругою і за струмом**. Наявність зворотного зв'язку суттєво впливає на коефіцієнт підсилення підсилювача. В режимі підсилення електричних сигналів використовується від'ємний зворотний зв'язок. При цьому він забезпечує незмінність коефіцієнта підсилення при зміні параметрів тран-

5.2.4 Одно каскадні підсилювачі

У якості активного елементу підсилювача можуть бути використані *біполярний* або *польовий транзистори*. Розглянемо роботу одно каскадного підсилювача на базі біполярного транзистора. В одно каскадному підсилювачі із спільним емітером вхідний сигнал подається в коло бази, а вихідний сигнал отримуємо між емітером і колектором транзистора. Оскільки вхідний струм і вхідна напруга в такій схемі відповідають відповідно струму бази й напрузі база-емітер, які незначні за величиною, а вихідний струм відповідає струму колектора й завдяки властивостям біполярного транзистора є значним, отримуємо в такій схемі значне підсилення за струмом та напругою сигналу. Тобто зміна вхідного струму призводить до зміни вихідного струму

Конденсатори C_1 , C_2 , використовують у випадку підсилення змінного вхідного сигналу для перешкоди протіканню постійного струму від джерела живлення, їх опір повинен бути незначним в частотному діапазоні вхідного сигналу, тому що це впливає на частотну характеристику підсилювача.

На даний час ширше використовуються підсилювачі, виконані на польових транзисторах. Одно каскадний підсилювач за схемою із спільним витоком з одним джерелом живлення (рис. 10).

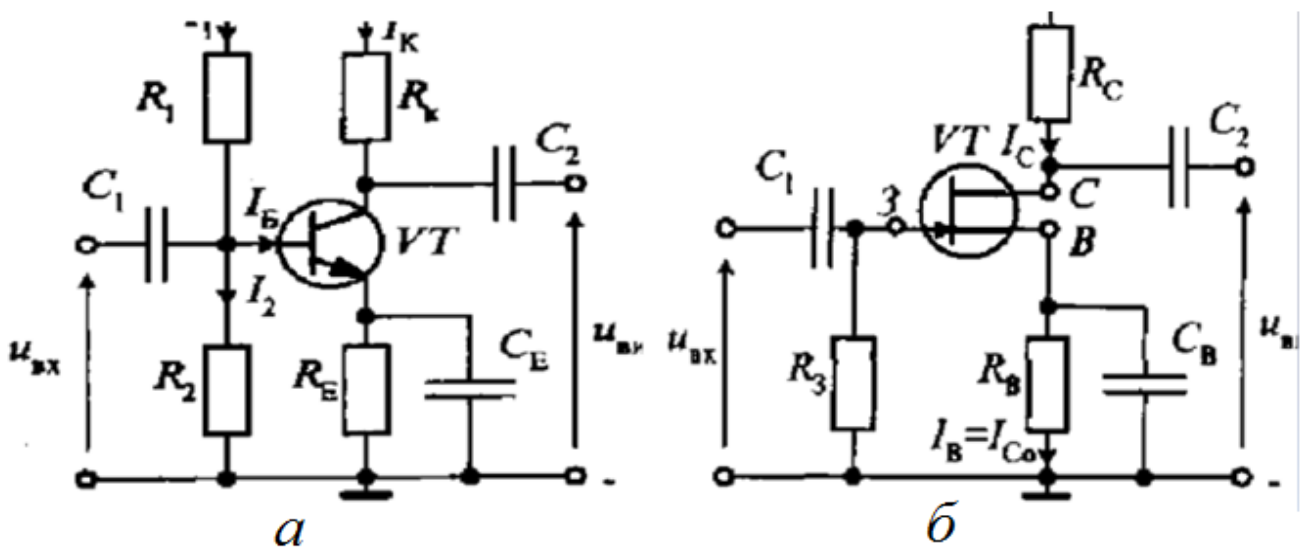


Рис. 10. Одно каскадний підсилювач з біполярним (а) та польовим (б) транзистором

Режим роботи польового транзистора в режимі спокою забезпечується постійним струмом стоку та відповідною йому напругою стік-витік. Задання цього режиму здійснюється напругою зміщення на затворі польового транзистора. Ця напруга виникає на резисторі r_B при проходженні струму $I_B = I_{C0}$ і прикладається до затвора завдяки гальванічному зв'язку через резистор R_3 .

Резистор $R_3 >$ окрім забезпечення напруги зміщення затвора, використовується також для температурної стабілізації режиму роботи підсилювача за постійним струмом. Для того, щоб на резисторі R_B не виділялася змінна складова напруги, його шунтують конденсатором C_B і таким чином забезпечують незмінність коефіцієнта підсилення каскаду. Опір конденсатора C_B на найнижчій частоті сигналу повинен бути набагато біль-

шим від опору резистора R_B .

5.3 Визначення автоматичного циклу, класифікація САК і їх переваги та недоліки

Стандарт ГОСТ34.601-90 передбачає наступні стадії і етапи створення автоматизованої системи:

1. Формування вимог до автоматичної системи:

а) обстеження об'єкта та обґрунтування необхідності створення автоматичної системи;

б) формування вимог користувача до автоматичної системи;

в) оформлення звіту про виконання робіт і заявки на розробку автоматичної системи.

2. Розробка концепції автоматичної системи:

а) вивчення об'єкта;

б) проведення необхідних науково-дослідних робіт;

в) розробка варіантів концепції автоматичної системи (АС) і вибір варіанту концепції АС, що задовольняє вимогам користувачів;

г) оформлення звіту про виконану роботу.

3. Технічне завдання:

а) розробка та затвердження технічного завдання на створення АС;

б) передавання технічного завдання на розробку.

4. Ескізний проект:

а) розробка попередніх проектних рішень по системі і її частинам;

б) розробка документації на АС і її частини.

5. Технічний проект:

а) розробка проектних рішень по системі і її частинам;

б) розробка документації на АС і її частини;

в) розробка та оформлення документації на поставку комплектуючих виробів;

г) розробка завдань на проектування в суміжних частинах проекту.

6. Робоча документація:

а) розробка робочої документації на АС і її частини;

б) розробка та адаптація програм.

7. Введення в дію:

а) підготовка об'єкта автоматизації;

б) підготовка персоналу;

в) комплектація АС, що поставляються виробами (програмними і технічними засобами, програмно-технічними комплексами, інформаційними виробами);

г) будівельно-монтажні роботи;

д) пусконаладжувальні роботи;

е) проведення попередніх випробувань;

ж) проведення дослідної експлуатації;

з) проведення приймальних випробувань.

8. Супровід АС:

а) виконання робіт відповідно до гарантійних зобов'язань;

б) післягарантійне обслуговування.

Ескізний, технічний проекти і робоча документація – це послідовне побудова все більш точних проектних рішень. Може бути виключений стадію «Ескізний проект» і

окремі етапи робіт на всіх стадіях, об'єднувати стадії «Технічний проект» та «Робоча документація» у «Технічному робочому проекті», паралельно виконувати різні етапи і роботи, включати додаткові.

Даний стандарт не цілком підходить для проведення розробок в даний час: багато процесів відображені недостатньо, а деякі положення застаріли.

Сукупність автоматичного керуючого пристрою і об'єкта керування, пов'язаних і взаємодіючих між собою відповідно до алгоритму керування, називають **системою автоматичного керування** (САК) (рис. 11).

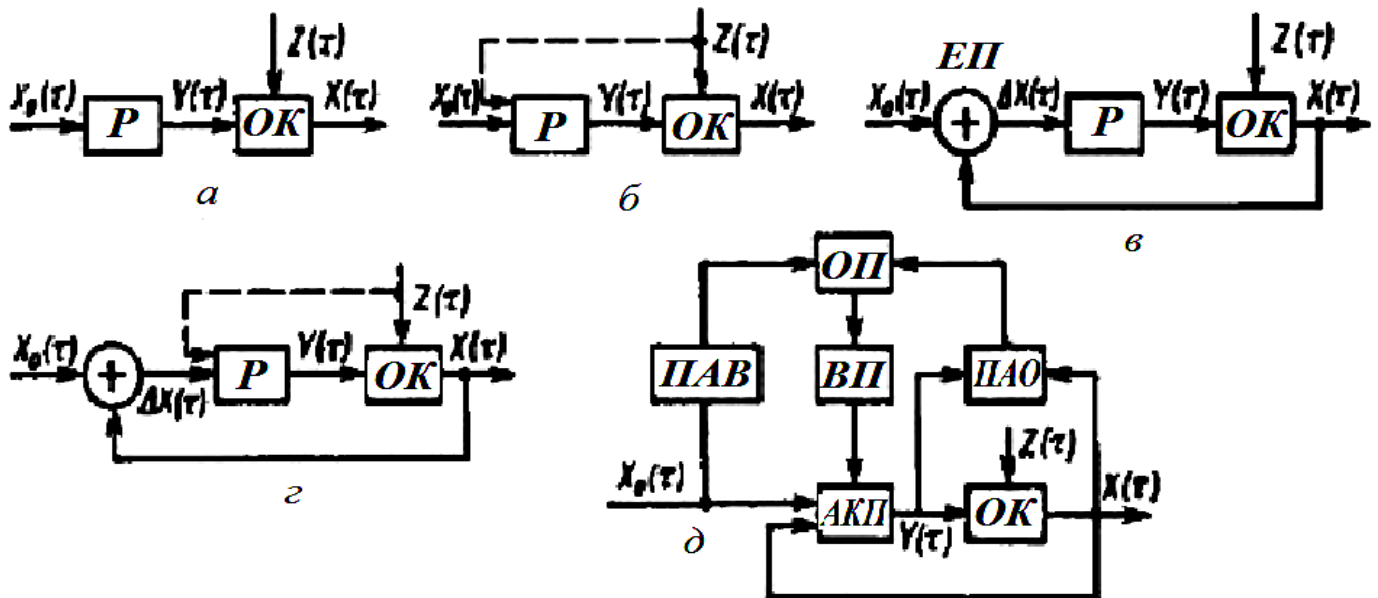


Рис. 11. Системи автоматичного керування:

а – розімкнена; *б* – розімкнена по відхиленню; *в* – замкнута; *г* – комбінована;

д – самоналагоджувальна; *P* – регулятор; *ОК* – об'єкт керування; *ЕП* – елемент порівняння;

ПЗВ – пристрій аналізу задає впливу; *ОП* – обчислювальний пристрій; *ВП* – виконавчий пристрій;

АКП – автоматичний керуючий пристрій; *ПАО* – пристрій аналізу об'єкта керування

Класифікувати системи автоматичного керування можна за методом керування і функціональною ознакою. За методом керування всі системи діляться на два великі класи: **звичайні** (які не самостійні) і які **самостійні** (адаптивні).

Звичайні системи, що відносяться до категорії простих, не змінюють своєї структури в процесі керування. Вони найбільш розроблені і широко застосовуються в ливарних і термічних цехах. Звичайні системи автоматичного керування поділяють на три підкласу: **розімкнуті, замкнуті і комбіновані системи керування**.

Розімкнуті системи автоматичного керування в свою чергу ділять на системи **автоматичного жорсткого керування** (САЖК) і **системи керування з обуренню** (СКО).

У перших систем регулятор впливає на об'єкт керування незалежно від отриманого результату, т.п. Значення регульованої величини і зовнішнього збурення. Системи керування з обуренню працюють за принципом, коли керуючий вплив виробляється в залежності від зовнішнього збурення, що виявляє вплив на об'єкт керування.

Як приклад можна розглянути систему опалення ливарного або термічного цеху. В цьому випадку витрата гарячої води в теплотрасі цеху залежить від зовнішніх погодних умов. Чим холодніше на вулиці, тим більше подається гарячої води в батареї опалення, і навпаки.

Замкнені системи автоматичного керування, що працюють за принципом відхилення, називають також **системами автоматичного регулювання** (САР). Їх відмінною

рисию є наявність замкнутого контуру проходження сигналів, т.п. Наявність зворотного каналу, по якому інформація про стан регульованої величини передається на вхід елемента порівняння.

Системи автоматичного регулювання призначені для вирішення трьох завдань: **стабілізації регульованої величини** (стабілізуюча САР), **зміни регульованої величини за відомою** (програмна САР) або **невідомою** (стежить САР) **програмами**.

У стабілізуючих САР задане значення регульованої величини постійно. Прикладом такої системи може служити система регулювання температури в робочому просторі термічної печі. У програмних САР значення регульованої величини змінюється в часі за заздалегідь розробленою (відомою) програмою.

У системах, що стежать задане значення регульованої величини змінюється в часі по заздалегідь невідомою програмою. **Спостерігачі і програмні САР відрізняються від стабілізуючих принципом обробки сигналу, що задається.**

Найбільш типовим прикладом регулювання, що спостерігає є автоматична підтримка заданого співвідношення між витратами палива і повітря при регулюванні процесу горіння в паливних плавильних і нагрівальних печах.

Комбіновані системи поєднують в собі переваги систем керування по відхиленню і по збуренню, що підвищує точність керування. Дія неврахованих збурень в комбінованих системах компенсується або послаблюється керуванням по відхиленню.

Самостійно (адаптивні) системи можна розділити на три підкласу: **екстремальні системи, системи з самонастроювання параметрів і системи з самонастроювання структури**.

Системами екстремального регулювання називають системи стабілізуючого, що стежить, або програмного керування, у яких настройка, програма або закон відтворення автоматично змінюються в залежності від зміни зовнішніх умов або внутрішнього стану системи з метою створення найвигіднішого (оптимального) режиму роботи об'єкта керування.

У таких системах замість постійної налаштування або програми встановлюється пристрій автоматичного пошуку, яке проводить аналіз будь-якої характеристики об'єкта (коефіцієнта корисної дії, продуктивності, економічності і т.п.), і в залежності від отриманого результату подає в керуючий пристрій необхідне значення регульованої величини так, щоб дана характеристика отримала екстремальне значення при безперервному зміні різних впливів, що обурюють, що впливають на умови роботи системи.

У **системах з самонастроюванням параметрів** при зміні зовнішніх умов або характеристик об'єкта регулювання відбувається автоматичне (не по заздалегідь заданою програмою) зміна змінних параметрів керуючого пристрою з метою забезпечення сталої роботи системи і підтримки регульованої величини на заданому або оптимальному рівні.

У **системах з самонастроювання структури** при зміні зовнішніх умов і характеристик об'єкта керування відбувається перемикання елементів в схемі з'єднань або введення в неї нових елементів. Метою таких змін (відбору) структури є досягнення кращого вирішення завдання керування.

Відбір структури здійснюється шляхом автоматичного пошуку із застосуванням обчислювальних і логічних операцій. Такі системи повинні не тільки пристосовуватися до всіх змін зовнішніх умов і характеристик об'єкта, а й функціонувати нормально навіть при наявності несправностей або відмов окремих елементів, створюючи нові ланцюги замість порушених. Системи з самонастроювання структури можна змусити самовдосконалюватися, «набувати досвіду» шляхом швидкого випробування декількох варіантів, відбору і «запам'ятовування» кращого з них.

Відповідно до класифікації за функціональною ознакою всі автоматичні системи керування поділяють на чотири класи:

- системи для координації роботи механізмів;
- системи регулювання параметрів технологічних процесів;
- системи автоматичного контролю;
- системи автоматичного захисту та блокування.

Системи, призначені для координації роботи окремих механізмів установки або установки в цілому, є *системами автоматичного жорсткого керування* (САЖК).

Системи автоматичного регулювання (САР) технологічних процесів забезпечують підтримку регульованої величини на заданому рівні або зміна її за заданою програмою.

Системи автоматичного контролю (САК) містять засоби і методи для отримання інформації про поточні значення параметрів технологічних процесів (температури, тиску, запиленості або загазованості повітря і ін.) без безпосередньої участі людини.

Системи автоматичного захисту (САЗ) та *блокування* (САБ) запобігають виникненню, аварійних ситуацій в роботі обладнання при сталому режимі.

Лекція №6

Тема №5: КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Питання лекції: Подання про різні види обладнання, області їх застосування. Показники видів обладнання: вибір видів обладнання; класи обладнання. Вибір обладнання відповідно до технологічного процесу по виготовленню зварної конструкції.

На сьогоднішній день зварювання займає своє почесне місце, і ви навряд чи знайдете таку область трудової діяльності, де вона б не застосовувалася. Головним чином, області зварювального виробництва представлені при будівництві, так як металеві конструкції необхідні там у надлишку. Також зварювання важливе для машинобудування, так як саме завдяки зварювального процесу «народжуються» нові складні прилади, металеві деталі, які необхідно міцно і «намертво» приєднати один до одного. Незамінне зварювання і в побуті, тому як ще можна приєднати труби водопроводу, каналізаційні комунікації, газові труби один до одного при найменшій собівартості виконання, щоб вони не пропускали «передану речовину» назовні, власне до вашого помешкання.

Існує величезна кількість *технологій зварювального виробництва*, що вимагають використання спеціального зварювального *устаткування*, в даний час їх налічується близько 150 видів. Основна класифікація зварювання передбачає поділ процесів *по фізичним, технічним і технологічним ознаками*.

Фізичними ознаками є форма і вид використовуваної енергії, форма енергії показує клас зварювання, а вид енергії – вид самого процесу. За такою ознакою можна виділити 3 види зварювання:

1. **Термічний клас** (рис. 1) – ця категорія включає в себе види зварювання, які здійснюються плавленням і вимагають наявності теплової енергії. Це *дугове, стикове та термітне зварювання*.

2. **Термомеханічний клас** (рис. 2) – включає до себе види зварювання, які здійснюються при використанні не тільки теплової енергії, але і тиску. Це *контактне, ковальське і газове зварювання*.

3. **Механічний клас** (рис. 3) – зварювання, яке здійснюється при використанні механічної енергії. Це *холодне зварювання, зварювання ультразвуком і тертям*.



Рис. 1. Термічний клас



Рис. 2. Термомеханічний клас



Рис. 3. Механічний клас

6.1 Подання про різні види обладнання, області їх застосування

Розглянемо найбільш поширений термічний клас видів зварювання – **термічний**, який складається з наступних основних видів зварювання: *електродугове; ручне дугове; автоматичне дугове під флюсом; електрошлакове; в середовищі захисних газів; тер-*

мічне; окремо стоячі газове і плазмове зварювання та різання. Для них вико ристовується наступне обладнання.

Джерела зварювального струму для термічних видів зварювання. Це основна деталь будь-якого зварювального апарату, що перетворює напругу мережі в постійний або змінний струм із заданими параметрами. Види зварювальних апаратів за типом дже рела струму класифікуються на:

Акумулятори. Це самий «древній» та «перший» вид джерел живлення для зварни ків, що складається з набору акумуляторних батарей та вуглецевого електрода (рис. 4). Тому швидко втрачав напругу та необхідно було довго чекати поки батареї заряджаються. Застосовувався при народженні зварювання. У наступний час почти не використовують, застосовують лише у лабораторних цілях, з-за нетривалого часу роботи.

Трансформатори. Це самий «менш древній» вид джерел живлення для зварників, але отримавши найбільше поширення у порівнянні з першим джерелом, що має гранич но простий пристрій (рис. 5). Вони більш прості у виготовленні та експлуатації, мають велику масу і низьку вартість, а також мають низький ККД але більш довговічні. Однак при живленні змінним струмом дуга горить нестійко, так як 100 раз в секунду напруга і струм дуги проходять через нульове значення, що призводить до тимчасової дейонізації дугового проміжку. Вони здійснюють перетворення змінного струму з великим напру женням в той же змінний струм, але він має вже меншу напругу. Завдяки цьому і стає можливим проведення зварювання. Регулювання сили струму здійснюється в результаті зміщення положення обмотки котушок як відносно один одного, так і основного сер дечника. За способом налаштування робочих параметрів все трансформатори можна розділити на кілька типів: *з фазової регулюванням (тиристорні), зі стандартним маг нитним розсіюванням і зі збільшеним магнітним розсіюванням.* Саме від ВАХ-харак теристик залежать особливості функціонування та налаштування тій чи іншій модифі кації зварювального апарату трансформаторного типу.



Рис. 4. Зварювання за допомогою акумуляторів



Рис. 5. Зварювання за допомогою трансформаторів

Звичайно ж, застосування змінного струму робить електродуги нестійкою – тому необхідно постійно її підтримувати. Нестабільність дуги, велика кількість газових вклю чень і шлакових утворень призводить до істотного розбризкування металу і досить низької якості шовного з'єднання.

Крім того, трансформатори є досить громіздкими і важкими пристроями, спо живають багато електричної енергії і мають підвищену чутливість до коливань напруги в мережі. Але варити ними цілком можна – як внахлест, так і встик. Досвідчений зварю вальник в стані добре проварити навіть відповідальний шов за допомогою трансформа тора. Зварювальне обладнання даного виду до сих пір застосовується в різних сферах. Слід зазначити, що за допомогою змінного струму можна зварювати лише «чорні мета ли» – стали найбільш «ходових» марок і певні марки чавуну.

Випрямлячі. Наступним «поколінням» джерел живлення зварювальних апаратів (рис. 6) можна вважати випрямлячі, які дозволили позбутися всіх недоліків застосування змінного струму. У таких агрегатах крім зниження струму, що надходить з мережі, здійснюється ще й перетворення «перерви» в «постоянку». Це стає можливим завдяки впровадженню в конструкцію апарату блоку напівпровідників-діодів, які і «перетворюють» змінний синусоїдальний струм в постійний лінійний, що володіє вже пологопадаючих характеристиками ВАХ.

Висока стабільність електричної дуги дозволяє проварювати герметичні і високоякісні шви рівномірної глибини. Також істотно знижується розбризкування. А завдяки кращій захищеності дуги, зварне з'єднання виходить однорідним і достатньо міцним, а необхідність в додатковому очищенні деталей від крапель «бризкати» розплаву відпадає. Ще один плюс – можливість роботи всіма типами електродів.

І варити можна не тільки чорні метали. *Наприклад*, постійний зворотно-полярний струм використовується для зварювання алюмінієвих деталей. Адже на поверхні цього кольорового металу (навіть коли він розплавлений) знаходиться оксидна плівка, яка перешкоджає зварюванню металу струмом прямої полярності, так як не відбуваються вільні атомарні реакції. Руйнування цієї плівки стає можливим лише при потоці заряджених частинок зсередини розплаву. Таким чином, утворюється молекулярна решітка між сполучаються алюмінієвими площинами. Область застосування випрямлячів набагато ширше, ніж трансформаторів: будь-то – чавун і сталь (високолегований – в тому числі), кольорові метали (мідь, титан, нікель і ін., А також їх сплави).

Інвертори. Так звані зварювальні інвертори (рис. 7) – це одне з найбільш вдалих винаходів у сфері зварювального справи за останнє десятиліття. Невелика вага і компактність поряд з потужністю і функціональністю, зробили такі апарати лідерами продажів на сьогоднішній день. Автоматизація настройки робочих режимів дозволяє швидко навчитися варити інверторами – що робить їх оптимальним варіантом для новачків. А фахівці можуть істотно підвищити продуктивність роботи, замінивши сучасним зварювальника інверторного типу випрямляч або трансформатор.



Рис. 6. Випрямляч мод. ВДУ-300 з напівавтоматом для дугового зварювання



Рис. 7. Інвертор мод. Sturml! AW97I310DP

Інверторні агрегати влаштовані не так вже й складно. Змінний струм мережі, проходячи крізь мережевий випрямляч, згладжується і перетворюється в постійний. Після він надходить безпосередньо в інверторний блок (це і є частотний перетворювач), де

знову стає змінним, але вже з набагато більшою частотою. Потім в справу вступає високочастотний мініатюрний трансформаторний блок, де здійснюється зниження напруги. Останній етап – це силовий випрямляч. Таким чином, на виході ми маємо високо потужний постійний струм.

За роботу частотного перетворювача відповідає мікропроцесорний блок автоматичного контролю. Він і дозволяє з високою точністю налаштувати різний діапазон вольт-амперних характеристик (ВАХ) – від крутопадаючих до зростаючих. Гідність інверторів в тому, що на виході струм має практично ідеально гладку криву, тому і електрична дуга є дуже стабільною.

Інверторні зварювальні апарати можна налаштувати дуже точно, тому з їх допомогою стає можливим якісне виконання самих різних завдань. Крім того, вони нечутливі до стрибків напруги в мережі. Шов виходить просто відмінним за всіма показниками. Зварювати можна навіть листової тонкостінний метал. ККД інверторів – не менше 90 % (для порівняння: деякі трансформатори мають ККД всього 30 %). Наявність таких корисних опцій, як гарячий старт, антизалипання електрода, імпульсне зварювання перетворює експлуатацію агрегату в задоволення. Варити інверторами можна все – чорні і кольорові метали будь-якої товщини в будь-яких положеннях в просторі. Електроди також можна застосовувати всіх видів. Все інверторні апарати виробляються за однією з двох технологій – **MOSFET** або **IGBT**.

Технологія MOSFET була розроблена приблизно півстоліття тому, **IGBT** – більш сучасна і економічна – має безліч переваг в порівнянні з **MOSFET**. В Європі, де нормативи по енергоспоживанню посилюються з кожним роком, знайти в продажу **MOSFET** – інвертори вже неможливо. У нас вони поки зустрічаються досить часто. Інвертори **MOSFET** добре відпрацьовані, стоять зазвичай дешевше і, незважаючи на більшу вагу і габарити, все ще досить популярні, особливо для виконання простих робіт зі зварювання чорних металів. Виробництво компонентів **MOSFET** обходиться дешевше, але і потрібно їх більше: у інвертор на 200 А можна зустріти до 24 однакових силових транзисторів **MOSFET** і в рази меншу кількість транзисторів **IGBT** (зазвичай близько десятка). Інверторні апарати **IGBT** здатні працювати при значно більшій частоті (60...85 кГц), ніж **MOSFET**, що ще більш знижує вагу апарату. Температура спрацьовування термозахисту у **IGBT**-транзисторів складає близько 90 °С проти 60 °С у **MOSFET**, це безпосередньо впливає на тривалість безперервної роботи інвертора. Що стосується ремонтпридатності, тут думки «сервісменів» кардинально різняться. Деякі вважають, що компактний і має меншу кількість деталей і силових транзисторів.

До того ж виробники випускають різні **IGBT**-апарати, часом зі складним компонуванням і важким доступом до окремих деталей. У будь-якому випадку, якщо дотримуватися думки «чим менше деталей – тим менша ймовірність поломки», слід звернути увагу на інвертори **IGBT**, до того ж за рахунок відмінних параметрів зварювального струму вони краще варять не тільки чорні метали, а й чавун, і нержавійку. Лідером виробництва інверторних зварювальних апаратів є компанія Лінкольн Електрик (**Lincoln Electric**).

За рахунок використання в інверторах електронної системи керування за допомогою зворотних зв'язків, можна отримати вихідні характеристики, які підходять для будь-якого способу зварювання. Найбільш важливі функції **Hot Start**, **Arc Force** і **Anti-Stick**. На початку роботи електроніка забезпечує додатковий імпульс струму, що полегшує підпал дуги (функція **Hot Start**). Якщо електрод дуже швидко наближається до деталі, функція **Arc Force** збільшує зварювальний струм, перешкоджаючи залипання. При залипанні значення струму знижується або відключається, виключаючи можливість «приморозив» електрод (функція **Anti-Stick**). В тій чи іншій мірі ці функції присутні у всіх інверторах, в

більш дорогих моделях є можливість їх регулювання (*наприклад, Hot Start* при зварюванні тонких листів металу не потрібен, простіше його зменшити або зовсім відключити). Недоліки у інверторів теж є, але такими їх назвати можна з великою натяжкою. Слід розрізняти використання інвертора в побуті або на виробництві.

Основний ворог електронних схем волога і пил, особливо остання – металева. Тому не рекомендується включати його в запилені приміщеннях і особливо працювати «болгаркою» поруч з включеним інвертором.

Зрозуміло, під час дощу роботи слід припиняти, це заборонено правилами техніки безпеки, і не тільки тому, що шкідливо для апарату. Професійні моделі краще захищені від пилу і вологи, а й коштують відповідно. У будь-якому випадку час від часу апарат потрібно відкривати і ретельно продувати стисненим повітрям.

Електроніка чутлива до якості струму, тому в схему інверторів включають різні елементи захисту: датчики перегріву, запобіжники, іноді – пристрої відключення при падінні напруги нижче допустимого рівня, втім, практично всі апарати можуть працювати при напрузі від 170 до 250 В. Для захисту від різкого стрибка напруги (вище 270 В) багато виробників встановлюють варистори («таблетки»), що розколюються при різкому підвищенні напруги. Після цього пошкоджений варистор слід замінити, цей ремонт простий і недорогий. Якщо планується автономна робота від електрогенератора, необхідно підбрати апарат з вбудованим компенсатором перепадів напруги мережі живлення. Про його наявності виробники попереджають окремо, без нього інвертор може швидко вийти з ладу.

Апарат не слід зберігати взимку в неопалюваному приміщенні – електроніка вимагає дбайливого ставлення.

Є і ще один «недолік»: працювати на трансформаторі або випрямлячі набагато складніше, ніж на інвертору, зате той, хто навчився працювати на «трансформаторі» без проблем перейде на інвертор, а ось зворотний перехід набагато складніше – доведеться доучуватися.

Основні параметри зварювального апарату. Дуже важливим параметром при роботі зварювального апарату, незалежно від його пристрою, є тривалість включення (ПВ) при різних значеннях зварювального струму. Тут у різних виробників різні методи вимірювань. В європейському стандарті EN 60974-1 береться до уваги тривалість зварювання при температурі 40 °С до першої зупинки апарату від перегріву, і ПВ вираховується виходячи з відношення цього часу до 10-хвилинного робочого циклу. При більш наближених до реальності умовах використання за методикою італійської компанії *Telwin* ($t = 20$ °С, робота з перервами) враховується в першу чергу кількість електродів, які можна використовувати за цей період часу. Зрозуміло, ПВ, розрахований по другій методиці, помітно вище і при виборі апарату треба уточнити, як саме його вважали. Втім, в процесі роботи рідко доводиться палити поспіль кілька електродів на повній потужності без перерви, і апарат з заявленим «Європейським» ПВ в 10...20 % буде працювати до відключення стільки ж, скільки з 60...80 % -ним ПВ, розрахованим за «телвіновською» методикою.

Важливим параметром і першим, на що зазвичай звертають увагу, вважається діапазон зміни зварювального струму. Він побічно вказує на потужність апарату. Чим вона більше, тим більшого розміру електрод можна встановити і тим більше буде ПВ при роботі невеликими електродами при рівній силі струму. Для побутових цілей і роботи ходовим 3-міліметровим електродом всіх видів трансформаторів з лишком вистачає максимальної потужності в 150 А, для інверторів – і того менше, при цьому струмі вони спокійно варять «четвіркою». Слід враховувати, що на коробці з електродами зазвичай вка-

зують рекомендовані струми при роботі з трансформаторами або випрямлячами, інвертор при таких токах вже може різати метал.

Ще один важливий параметр – струм холостого ходу. Він може знаходитися в межах 60...85 В: чим його значення вище, тим простіше запалити дугу.

Деякі моделі зварювальних апаратів здатні функціонувати спільно з пристроями для зварювання аргоном, випускаються також моделі, що працюють в напівавтоматичному режимі (зварювання дротом). Для побутового застосування вони не дуже цікаві – подібні опції потрібні рідко, а вартість їх набагато вище, ніж у простих моделей. Але якщо планується робота на професійному рівні з різними видами металів і тонкими листами, ці функції будуть вельми корисні.

Напівавтомати (рис. 8). Даний вид зварювального обладнання дозволяє не тільки істотно зменшити тимчасові витрати при виконанні різних зварювальних операцій, але і домогтися більш якісного провару. Шов виходить суцільним – так як постійно міняти електроди не потрібно. Напівавтоматична техніка призначена для зварювання в газовому середовищі (газ може бути як інертним, так і активним). Назва «напівавтомат» має на увазі те, що суцільний електродний дріт подається автоматично до електричної дузі. Напівавтоматичний «комплект» включає в себе джерело струму (трансформатор / випрямляч / інвертор), блок подачі дроту, газовий балон, електричні кабелі, газові шланги та пальник.



Рис. 8. Зварювальні напівавтомати:

a – мод. FORSAGE TORNADO 350A (380V) з трансформатором; б – мод. JACKLE tec MIG 400 з випрямлячем; в – мод. AOTAI MIG-250C з інвертором

Те, який газ застосовується, залежить від виду металу, з яким працюють. В якості активного газу може виступати азот, кисень або вуглекислий газ, як інертний – гелій або аргон. Найчастіше використовуються їх суміші. З балона до пальника газ підходить по несучих патрубкам, а з пальника подається безпосередньо до електроду. Перевага зварювання «з газом» в тому, що він додатково захищає зварену ванну від негативної дії газового складу повітря навколишнього середовища, а також стабілізує саму електричну дугу і надає певні хімічні властивості зварного шва.

Через пальник автоматичним чином безперервно подається дріт, який слугує заміною в даному випадку штучного електроду. Підбираючи відповідним чином поєднання сумішей газів і різних видів електродного дроту можна змінювати в потрібному напрямку властивості зварної ванни.

Дуже гарні моделями напівавтомати вважаються такі, у яких джерело струму дозволяє варити не тільки звичайним сталевим дротом, але спеціальним порошковим (або

самозахисним). Їх відмінна риса в тому, що всередині зовнішньої сталеві оболонки є сердечник, що складається з різного по хімічного складу флюсу. Коли така порошковий дріт загоряється, то утворюється хмара газу, яке виконує роль газу, що подається з балона під час зварювання простий дротом. Ефект той же самий – зварна ванна захищається від окислення повітрям, активні компоненти сердечника надають металу потрібні властивості, електрична дуга горить набагато стабільніше. Тільки наявності газового балона, шлангів та пальники вже не потрібно.

При необхідності можна придбати і універсальну напівавтоматичну модифікацію, яка розрахована, як на роботу із застосуванням газів, так і дроту самозахисного типу.

Механізми, що відповідають за подачу дроту, бувають як інтегрованими в корпус агрегату, так можуть бути окремими. Кожній різновидом може виявитися зручніше варити в різних умовах. Такі системи розрізняються кількістю роликів, що подають зварювальний дріт, тобто за кількістю роликів виробляються як **двох-** так і **чотирьох-роликіві**.

Різними за формою і способом установки можуть бути і самі ролики – це залежить від того, який різновид дротів «завантажується» в подає блок: порошкові, мідні, алюмінієві, сталеві та ін. Дріт підбирається за типом і діаметру з залежності від виду і товщини зварюваного металу.

Налагодження та регулювання зовнішніх параметрів може здійснюватися як в авто-автономних режимі (зокрема – з використанням електронних систем), так і ручним способом, коли за процесами стежить сам оператор.

Зварювальники MIG-MAG (що працюють із застосуванням як активного, так і інертного газу) відрізняються цей процес дуже високою продуктивністю і забезпечує відмінну якість шва при роботі з будь-якими видами металів і їх сплавами (в тому числі – з різномірними), а також з тонкостінними заготовками і деталями товщиною понад двадцять міліметрів. З недоліків напівавтоматів можна виділити великі втрати на угар і розбрикування металу зварної ванни.

TIG – апарати. Зварювальна техніка TIG (особливо з джерелом струму інверторного типу) дозволяє виробляти зварювання з підвищеною якістю зварного з'єднання. Тому вона є багато в чому незамінною в тих випадках, коли потрібно проварити особливо відповідальні шви. Останні, крім надзвичайної надійності, відрізняються ще і естетичністю. При зварюванні TIG в якості витратних матеріалів застосовуються графітові або вольфрамові електроди, що не плавляться.

Апаратура працює за таким же принципом, що і при зварюванні MIG / MAG: газ по шлангах подає до пальника, крім того до нього надходить інертний захисний газ, а від електричного блоку – AC / DC струм, а електрод встановлюється в пальник. Балони можуть заправлятися гелієм, аргоном, азотом і сумішами цих газів. Як правило, при зварюванні електродом, що не плавиться типу крапельний перенесення електродного розплаву в зварену ванну відсутній. З цієї причини необхідно використовувати додаткові витратні матеріали – спеціальні дроти або стрічки, що присаджують.

Застосовуючи присадки, які різні по хімічному складу, можна змінювати властивості самого зварного шва. На постійному струмі варять чавун і сталь різних марок. Режим змінного струму використовується для роботи з кольоровими металами.

Аргоно-дугове зварювання (рис. 9) – це один з найскладніших процесів в зварювальному справі, який вимагає від зварника не тільки великого практичного досвіду, а й теоретичної проінформованості. Так що новачкам «сідати» за TIG-агрегати (рис. 10) не рекомендується, незважаючи на те, що налаштування інверторних модифікацій багато в чому автоматизовані та оснащені спрощують зварювальний процес функціями. Почати краще з звичайного інвертора – щоб навчитися тримати дугу і проварювати метал, а по-

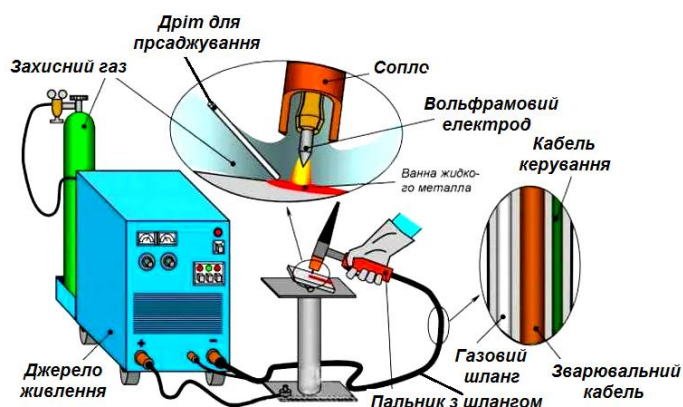


Рис. 9. Аргоно-дугове зварювання



Рис. 10. Апарат аргоно-дугового зварювання
мод. PROTIG 201L AC/DC

Точкове зварювання (рис. 11) – **споттери** (рис. 12). Необхідність в точковому зварюванні виникає тоді, коли потрібно провести локальне з'єднання двох заготовок / деталей. Такі апарати називають ще **споттер**. Без них не обійтися в сфері автомобільної промисловості, а також – у великих СТО і майстерень по ремонту автомобілів. Для майстерень, які працюють за профієм кузовного ремонту, оптимальним варіантом стане придбання професійної модифікації агрегату точкового зварювання – потужного і функціонального. Для невеликого автосервісу і для приватного «гаражного» використання цілком вистачить і покупки спеціальних кліщів для виконання точкових зварних робіт.

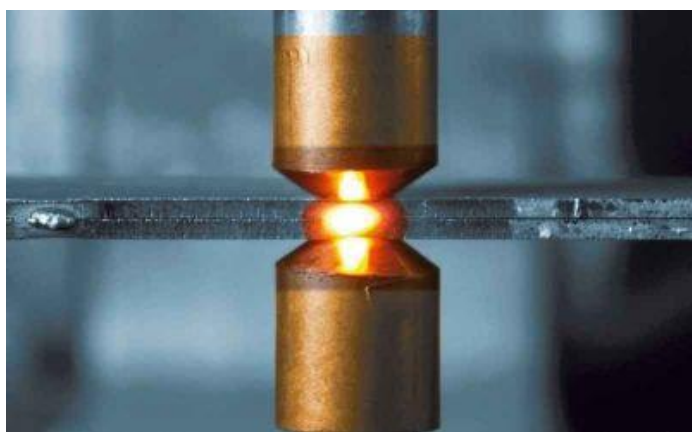


Рис. 9. Точкове контактне зварювання



Рис. 10. Спотер для точкового зварювання
мод. Tesla Weld SPOT 8000 220 V

Все обладнання даного типу працює за наступним принципом: електричний струм використовується для зварювання металу під тиском. Між парою мідних електродів робочі поверхні заготовок затискаються внахлест. Проходячи від першого електрода до другого струм через деталі, що зварюються, утворює локальний розплав металу обох заготовок за допомогою електродуги. Коли таке короточасний вплив дуги закінчується, тиск кліщів посилюється. В результаті розплавлений метал кристалізується і з'єднує металеві вироби один з одним. У переважній більшості випадків точкове зварювання застосовується для роботи з листовим металом товщиною до 5 мм.

Для скріплення листів великої площі по центру застосовується спеціальний односторонній пістолет. При його дії утворюється два зварних точкових сполучення, що розташовані поруч. Сила зварювального струму може доходити до 9000 Ампер, але такий вплив є майже миттєвим. Для споттерів випускається великий асортимент всіляких витратних матеріалів, таких, як шпильки, петлі, наварні гаки, заклепки і т.п. До переваг точкового зварювання відноситься висока продуктивність, гарна якість з'єднання і зовнішня естетичність.

Газове зварювання (рис. 13) та **різання металів** (рис. 14). При зварюванні місце з'єднання нагрівають до розплавлення високотемпературним газовим полум'ям. При нагріванні газозварювальним полум'ям кромки зварювальних заготовок розплавляються, а зазор між ними заповнюється присадним металом, який вводять в полум'я пальника ззовні. Газове полум'я отримують при згорянні пального газу в атмосфері технічно чистого кисню.

Кисневий балон (рис. 15) являє собою сталевий циліндр з сферичним днищем і горловиною для кріплення запірного вентиля. На нижню частину балона насаджується башмак, що дозволяє ставити балон вертикально. На горловині є кільце з різьбленням для накручення захисного ковпака. Середня рідинна місткість балона 40 дм³. При тиску 15 МПа він вміщує ~ 6000 дм³ кисню. Ацетиленові балони фарбують у білий колір і роблять на них напис червоною фарбою «Ацетилен». Їх конструкція аналогічна конструкції кисневих балонів. Тиск ацетилену в балоні 1,5 МПа. У балоні знаходиться пориста маса (активізований вугілля) і ацетон.



Рис. 13. Газове зварювання



Рис. 14. Газова різка

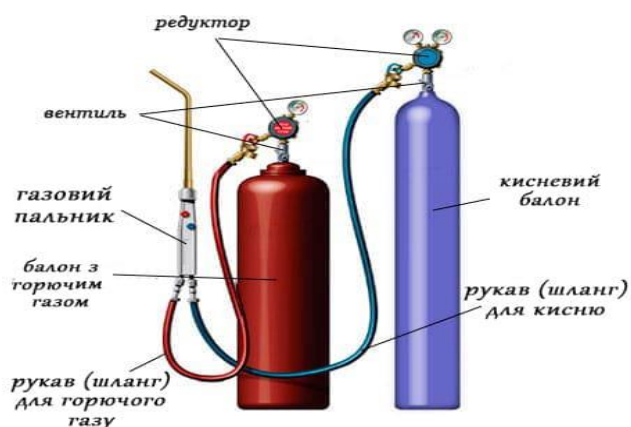


Рис. 15. Обладнання для газового зварювання та різки

За характером і спрямованості кисневої струменя розрізняють наступні способи різання.

Розділове різання (рис. 16) – ріжучий струмінь спрямована нормально до поверхні металу і прорізає його на всю товщину. Розділової різкою розкрояють листову сталь, розрізають профільної матеріал, вирізують косинки, кола, фланці і т.п.

Поверхнєве різання (рис. 17) – ріжучий струмінь спрямований під дуже малим кутом до поверхні металу (майже паралельно їй) і забезпечують *грубе стругання*, або *строжку* або *обдирання*. Нею видаляють поверхнєві дефекти виливків.

Різка кисневим списом (рис. 18) – спис утворюється тонкостінної сталевією трубою, що належить до рукоятки і вільним кінцем притиснутою до металу, що пропалюють. Кисневим списом відрізають прибутки великих виливків, пропалюють льотки в металургійних печах, отвори в бетоні і т.п.

Різка може бути: *ручною* та *машинною*.



Рис. 16. Газо-полум'яне розділове різання



Рис. 16. Газо-полум'яне поверхнєве різання (строжка)



Рис. 17. Газо-полум'яне різання кисневим списом



Рис. 18. Газо-полум'яне ручне різання



Рис. 18. Газо-полум'яне машинне різання

Плазмова різка (рис. 19. Апаратура для проведення розрізання металевих заготовок з використанням плазми, що функціонує за наступним принципом: до плазмового пальника надходять по шлангах повітря / газ з високою швидкістю і електричний струм для створення електричної дуги. Під дією газу з високою швидкістю електрична дуга стискається. При такій взаємодії відбувається іонізація газового потоку та утворюється четвертий агрегатний стан речовини – плазма. Температура плазми, що утворилася може досягати показника в 20000...30000 К.

Розрізування металевієї заготовки здійснюється в результаті її розплавлення плазмовим струменем і подальшого випаровування (вимивання) високошвидкісним іонізованим потоком.

Як і всі подібне обладнання, апарати для плазмовієї різки (рис. 20) можуть являти собою великі і габаритні професійні установки для різання металу в промислових масштабах і побутові пристрої – компактні і легкі, з інверторним блоком електроживлення.



Рис. 18. Плазмовє різання



Рис. 18. Верстат плазмового різання мод. Basic Cut

Переваги плазмового різання важко переоцінити.

По-перше, за допомогою плазми можна якісно, швидко і з високою точністю розрізати будь-які метали.

По-друге, ніякої додаткової обробки готових деталей не потрібно, так як розріз виходить дуже акуратним.

По-третє, плазмова різка дозволяє проводити фігурний розкрій металевих листів.

По-четверте, іонізований потік здатний впоратися з заготовками зі товщиною до 200 мм – і це без виникнення температурної деформації, що розрізають поверхню.

Єдиним мінусом є те, що даний спосіб різання металу вимагає придбання цілого «арсеналу» витратних матеріалів, які зношуються в два рази швидше, ніж витратні матеріали для ручного зварювання дугового типу. Крім електродів будуть потрібні дифузори, сопла, направляючі і захисні ковпачки.

6.2 Показники видів обладнання; вибір видів обладнання; класи обладнання

В даний час розрізняють понад 150 видів способів та різновидів зварювальних процесів. Існують різні класифікації цих процесів. Так, ГОСТ 19521-94 передбачає класифікацію зварювання металів за основними групами ознак: **фізичним, технічним і технологічним**. Основною фізичною ознакою зварювання є **форма і вид енергії**, що використовувалась для отримання зварного з'єднання. Форма енергії визначає **клас зварювання**, а її вид – вид зварювання. Отже, на основі цих даних і відбувається розглянута класифікація обладнання. Розглянемо наступні показники цього процесу.

6.2.1 Показники видів обладнання

Вибір зварювального апарату проводиться за представленими характеристиками:

- струм зварювання;
- напруга холостого ходу;
- тривалість включення;
- діаметр електрода (електродного дроту та ін.);
- тип зварювального струму;
- тип зварювального апарату;
- тип зварювання.

Струм зварювання – параметр, від якого залежить, якої товщини метал він може варити, який діаметр електродів підійде. Для простих робіт, вироблених зрідка з невеликою товщиною металу, підійде і апарат зі 160 Ампер силою зварювального струму. Для середнього ремонту або невеликого будівництва рекомендується струм – 200 А, а для виготовлення відповідальних металоконструкцій, зі зварюванням швелерів, несучих широко-полкових куточків і так далі – вам потрібен прилад зі значенням струму на 220А і більше.

Зварювальний струм вибираємо в залежності від діаметра електрода (табл. 1, 2). А вибір діаметра електрода багато в чому залежить від товщини зварюваного виробу.

Таблиця 1. – Залежність зварювального струму від діаметра електрода

Діаметр електрода, мм	Величина зварювального струму, А
1	2
1,6	35...60
2,0	30...80
2,5	50...110

Продовження табл. 1

3,0	70...130
3,2	80...140
4,0	110...170
5,0	150...220

Таблиця 2. – Рекомендації для нижнього положення шва

Товщина металу, що поєднується мм	Діаметр електроду, мм
2...3	1,6; 2,0
3...5	2,0; 2,5; 3,0; 3,2; 4,0
5...8	3,0; 3,2; 4,0; 5,0

При підборі джерела струму (зварювального інвертора), в залежності від застосованого електроду, можна використовувати спрощену формулу: 1 мм діаметра електроду множимо на 35...40 А зварювального струму.

Приклад: діаметр електроду 3 мм.

$3 \times (35 \dots 40) = 105 \dots 120$ А, тобто джерело (зварювальний інвертор) повинен мати максимальний струм не менше 120 А.

Важливо: для зварювання вертикальних і стельових швів значення сили струму зменшують на 10...20 %.

Напруга холостого ходу, по-другому кажучи – вихідна напруга, тобто те, що утворюється на ділянці вторинного ланцюга і протікає через зварювальний електрод і виріб. У простих апаратах ця характеристика зустрічається в межах 20...60 В, рідко – до 90 В. Більш висока напруга застосовується для зварювання електродами з тугоплавкою обмазкою специфічних сплавів. Ця характеристика підбирається в резонанс з струмом зварювання (автоматично або в ручному режимі) і відповідає за краще запалювання і горіння дуги. Якщо підібрати напругу неправильно, то можна отримати брак зварювального шва, наявність шлаку і пір.

Тривалість включення – процентна величина вимірювання часу, *наприклад*, заявлено, що є наявність 10-и хвилинного циклу, тобто апарат не може безперервно працювати на максимальному струмі зварювання 10 хв. Якщо в характеристиках до апарату написано 70 %, то це означає, що апарат може працювати лише 7 хвилин, і 3 хв. потім повинен відпочивати. Його також називають **циклом роботи**, і деякі виробники можуть давати не час роботи на максимальному струмі, а 100 % тривалість включення на певному, скажімо, 140 А з підтримувані апаратом 200 А.

Діаметр електроду (електродного дроту і ін.), На який розрахований апарат, досвідчений зварник може визначити, поглянувши на значення струму зварювання, але все-таки він вказується в характеристиках або знайти таблицю залежності діаметрів електродів (електродного дроту та ін.) Від струму зварювання і товщини зварювальних деталей. У напівавтоматичних зварювальних апаратах, в яких застосовується зварювальний дріт, вказується її діаметр.

Тип зварювального струму може бути змінним (AC) і постійним (DC) або імпульсним, і від цього залежить в основному, тип зварюваного металу. Постійним струмом можна зварювати всі види металів, включаючи і кольорові. В принципі, є спеціальні електроди і прийоми роботи ручним електродуговим зварюванням змінного струму по кольорових металах, але при цьому виникає безліч складнощів, в тому числі сильне розбрикування металу, а також самі електроди дуже дорогі.

Тип зварювального апарату – трансформаторні, випрямні або інверторні, нового покоління. Про сучасних приладах, які вміщують в собі електронні елементи керування,

в тому числі системи контролю перенапруги, перегріву, підтримки горіння дуги та ін. Тип зварювання в даному випадку – ручне електродугове зварювання плавкими електродами (ММА).

Тип зварювання напівавтоматичними апаратами зварювальним дротом в середовищі інертного газу позначається як *MIG / MAG*. Є ще позначення ручного зварювання електродом, що не плавляться (вольфрамовим, вугільними) електродами в захисному газовому середовищі – *TIG*.

Основні параметри зварювального апарату. Дуже важливим параметром при роботі зварювального апарату, незалежно від його пристрою, є тривалість включення (ТВ) при різних значеннях зварювального струму. Тут у різних виробників різні методики вимірювань. В європейському стандарті EN 60974-1 береться до уваги тривалість зварювання при температурі 40 °С до першої зупинки апарату від перегріву, і ТВ вираховується виходячи з відношення цього часу до 10-хвилинного робочого циклу. При більш наближених до реальності умовах використання за методикою італійської компанії *Telwin* ($t = 20\text{ °C}$), робота з перервами) враховується в першу чергу кількість електродів, які можна використовувати за цей період часу. Зрозуміло, ТВ, розрахований по другій методиці, помітно вище і при виборі апарату треба уточнити, як саме його вважали. Втім, в процесі роботи рідко доводиться палити поспіль кілька електродів на повній потужності без перерви, і апарат з заявленим «Європейським» ТВ в 10...20 % буде працювати до відключення стільки ж, скільки з 60...80 % -ним ТВ, розрахованим за «телвіновською» методикою.

Важливим параметром і першим, на що зазвичай звертають увагу, вважається **діапазон зміни зварювального струму**. Він побічно вказує на потужність апарату. Чим вона більше, тим більшого розміру електрод можна встановити і тим більше буде ТВ при роботі невеликими електродами при рівній силі струму. Для побутових цілей і роботи ходовим 3-міліметровим електродом всіх видів трансформаторів з лишком вистачає максимальної потужності в 150 А, для інверторів – і того менше, при цьому струмі вони спокійно варять «четвіркою». Слід враховувати, що на коробці з електродами зазвичай вказують рекомендовані струми при роботі з трансформаторами або випрямлячами, інвертор при таких токах вже може різати метал.

Ще один важливий параметр – **струм холостого ходу**. Він може знаходитися в межах 60...85 В: чим вище, тим простіше запалити дугу. Деякі моделі зварювальних апаратів здатні функціонувати спільно з пристроями для зварювання аргоном, випускаються також моделі, що працюють в напівавтоматичному режимі (зварювання дротом). Для побутового застосування вони не дуже цікаві – подібні опції потрібні рідко, а вартість їх набагато вище, ніж у простих моделей. Але якщо планується робота на професійному рівні з різними видами металів і тонкими листами, ці функції будуть вельми корисні.

6.2.2 Вибір зварювального апарату

Існує певна методика підбору зварювального устаткування. Складається вона з трьох послідовних кроків, які допомагають точно визначити необхідні технічні пристрої для тих чи інших цілей.

Три кроки вибору зварювального устаткування:

1. Вибір методу зварювання в залежності від виду зварюваного матеріалу і типу зварного шва.

Тут необхідно ознайомитися з існуючими методами зварювання (*наприклад*):

ММА – це зварювання ручного дугового типу, яка здійснюється спеціальними штучними електродами з покриттям. Вона використовується для роботи зі сталлю вуг-

лецевого характеру і нержавейкой. Треба відзначити, що сталь вуглецевого характеру можна зварювати на струмі змінного і постійного струму, а нержавійку виключно на постійному.

TIG – ручна, здійснюється електродами з вольфраму і не піддаються плавці в універсальній середовищі аргону. Даний метод використовується на постійному струмі для різних видів сталей, а на змінному – для всіляких алюмінієвих сплавів.

SPOT – контактна точкове зварювання з'єднань внапуск і приварювання шпильок струмом великої величини з додатком тиску.

2. Вибір типу зварювального обладнання в залежності від вимоги до якості шва. Типи зварювального обладнання (наприклад):

Трансформатор – найпростіший і економічно вигідний джерело живлення для зварювальних робіт за допомогою ручного дугового зварювання на змінному струмі.

Випрямляч – джерело живлення для ручного зварювання на постійному струмі.

Напіваавтомат – це одночасно і джерело живлення і механізм подачі електродного дроту для роботи з протяжними швами. Механізм подачі буває як вбудованим в сам корпус, так і виносним.

3. Вибір обладнання для зварювання в залежності від необхідної напруженості роботи техніки.

6.2.3 Класи обладнання

З появою сучасних технологій, з'явилася величезна різноманітність, широкий вибір зварювальних агрегатів.

Зварювальне обладнання буває двох класів: **побутові (домашні) і професійні (промислові).**

Клас побутових зварювальних апаратів працює від мережі з напругою 220 В, з частотою до 50 Гц. Служить для виконання дрібних зварювальних завдань в домашніх (побутових) умовах, використовує живлення мережі.

Професійні пристрої використовують силу струму більше 200 Ампер, працюють від промислової мережі з напругою 380 В, з частотою до 50 Гц. Вони відрізняються великими розмірами, вагою, вони складніше в експлуатації, обслуговуванні та ремонті. Отже, професійні пристрої коштують дорожче.

Зварювальні апарати обох класів бувають **однофазні та трифазні**, можуть працювати від **змінного і постійного струму**.

У загальному вигляді класифікація зварювального обладнання здійснюється за такими ознаками:

- по виду виконуваних зварних з'єднань – тобто в залежності від виду зварювання;
- по розташуванню зварних швів – *стельовий, вертикальний, і ін.*;
- за призначенням зварювального обладнання – *універсальні і спеціальні*;
- за ступенем складності виконання зварювального шва – кількістю одночасно використовуваних електродів;
- за характером дії – *неавтоматичні, напіваавтоматичні та автоматичні*;
- за способом установки обладнання – *стаціонарні та пересувні*;
- за способом живлення – *змінним струмом промислової частоти (однофазні та трифазні), низькочастотні, випрямленою струмом, енергією розряду конденсаторів*;
- по влаштуванню додаткових механізмів – *важільних, пружинних, механік-*

них, пневматичних, пневмо-гідролічних гідролічних.

Крім цього існує **класифікація за ізоляції** – характеризує межа стійкості ізоляційних матеріалів, використовуваних в апараті при нагріванні (табл. 3-5).

Клас захисту за індексом захищеності (IP). Категорія: Зварювальні (матеріали).

Клас захисту зварювального апарату по IP – це клас захисту електрообладнання від зовнішніх чинників за стандартом ІЕС-952. Букви **IP** – це індекс захищеності (*Index of Protection – IP*).

Стандарт ІЕС-952 передбачає ідентифікацію класу захисту через вказівку двоцифрового коду, де перша цифра показує ступінь захисту від проникнення всередину корпусу твердих предметів, а друга вказує на захищеність обладнання від проникнення всередину корпусу рідини.

Таким чином клас захисту IP21 означає, що зварювальний апарат захищений від проникнення всередину корпусу пальців або предметів довжиною більше 80 мм. і твердих тіл діаметром більше 12 мм. І на апарат не будуть мати шкідливого впливу краплі води, вертикально падаючі на корпус. У деяких випадках, після цифрового коду може йти буквенний (одна або дві букви). *Наприклад:* ступінь захисту IP23С.

Таблиця 3. – Значення першого індексу (ступінь захисту від проникнення в корпус твердих предметів)

1-й індекс	Опис
0	Захист відсутній.
1	Захист від проникнення всередину оболонки великої ділянки поверхні людського тіла, <i>наприклад</i> рук, і від проникнення твердих тіл діаметром більше 50 мм.
2	Захист від проникнення всередину корпусу пальців або предметів довжиною більше 80 мм. і від проникнення твердих тіл діаметром більше 12 мм.
3	Захист від проникнення всередину оболонки інструментів, дроту, твердих тіл і т.п. діаметром або товщиною більше 2.5 мм.
4	Захист від проникнення всередину оболонки дроту і твердих тіл діаметром більше 1 мм.
5	Проникнення всередину корпусу пилю не попереджено повністю, проте кількість проникаючої пилю не може порушити роботу виробу.
6	Проникнення пилю попереджено повністю.

Таблиця 4. – Значення другого індексу (ступінь захисту від проникнення всередину корпусу рідини)

2-й індекс	Опис
0	Захист відсутній.
1	Краплі води, вертикально падаючі на оболонку, не повинні мати шкідливого впливу на виріб.
2	Краплі води, що падають на оболонку під кутом до 15 градусів від вертикалі, не повинні мати шкідливого впливу на виріб.
3	Дощ, що падає на оболонку під кутом 60 градусів від вертикалі, не повинен мати шкідливого впливу на виріб.
4	Вода, що розприскується на оболонку в будь-якому напрямку, не повинна мати шкідливого впливу на виріб.
5	Струмień води, що викидається в будь-якому напрямку на оболонку, не повинна мати шкідливого впливу на виріб.
6	Сильна струмьнь води (100 л / хв. при тиску 100 кПа) або хвилі води не повинні викликати попадання в оболонку води в кількості, достатній для пошкодження виробу.
7	Вода не повинна проникати в оболонку, занурену в воду на глибину приблизно 15 см. При зразковій рівності температури оболонки і води, в кількості, достатній для пошкодження виробу.
8	Виріб придатне для тривалого занурення в воду за умов, встановлюваних виробником.

Відповідно, запис IP23С означатиме: обладнання захищене від проникнення всередину корпусу пальців або предметів довжиною більше 80 мм, і твердих тіл діаметром

більше 12 мм. Від дощу, падаючого на апарат під кутом 60 градусів від вертикалі. І від проникнення інструменту.

Таблиця 5. – Значення третього і четвертого індексів

3-й індекс	Захист небезпечних частин обладнання	4-й індекс	Захист небезпечних частин обладнання
A	Від доступу рукою.	H	Устаткування з високою напругою.
B	Від проникнення пальцем.	M	Устаткування працювало під час тестів на вологозахист.
C	Від проникнення інструментом.	S	Устаткування простоювало без роботи під час тестів на вологозахист.
D	Від проникнення проводом.	W	Для певних погодних умов.

Єдина система позначення і класифікація джерел живлення для зварювання.

Єдина система позначення виробів електротехнічної промисловості, яка поширюється і на джерела, містить в собі і елементи класифікації. Наведемо приклад розшифрування позначення, *наприклад*, трансформатора марки ТДФЖ-1002 УЗ:

T – тип джерела (трансформатор);

D – вид зварювання (дугова);

Ф – спосіб зварювання (під флюсом);

Ж – тип зовнішньої характеристики (жорстка);

10 – номінальний струм в сотнях А (на 1000 А);

02 – реєстраційний номер розробки;

У – кліматичне виконання (для країн з помірним кліматом);

3 – категорія розміщення (для роботи в приміщеннях).

Таким чином, джерела класифікуються:

1) за типом (перша буква в позначенні): *трансформатор (Т), генератор (Г), перетворювач (П), агрегат (А), випрямляч (В), спеціалізований джерело – установка (У)*;

2) за видом зварювання (друга буква): *для дугового (Д), для плазмової (П) зварювання*;

3) за способом зварювання: *в захисному газі (Г), під флюсом (Ф), універсальний (У), покритим електродом* (без позначення);

4) за видом зовнішньої характеристики: *жорстка (Ж), що падає (П)*;

5) за кількістю обслуговуваних постів: *багато-постовий (М), одно-постовий (без позначення)*;

6) за величиною номінального струму (одна або дві перші цифри означають округленої величину струму в десятках або сотнях ампер);

7) по кліматичному виконанню (остання буква): *для країн з холодним (Хл), помірним (У) або тропічним (Т) кліматом*;

8) по категорії розміщення (остання цифра): *для роботи на відкритому повітрі (1), під навісом (2), в приміщенні (3), в опалювальному приміщенні (4)*.

Джерела можуть також класифікуватися за принципом дії і конструктивним оформленням.

6.3 Вибір обладнання відповідно до технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Зварювальні процеси є завершальним етапом створення зварного нероз'ємного з'єднання. Як вже зазначалося, ці процеси в значній мірі залежать від ряду виробничих фак-

торів, і в першу чергу від кваліфікації виконавців, якості зварювальних матеріалів і устаткування, якості (точності) підготовки і складання виробів до зварювання і власне процедур зварювального процесу (правильного виконання регламентів зварювання, техніки зварювання та ін.).

Велике значення мають умови зварювання і технічний рівень зварювального виробництва. Оцінка технічного рівня зварювального виробництва зазвичай визначається за рівнем механізації (Y_M):

$$Y_M = \frac{T_M \cdot \Pi}{T_M \cdot \Pi + T_P} \cdot 100,$$

де, T_M – трудомісткість механізованих способів зварювання, нормо-год.;

Π – коефіцієнт продуктивності праці даного способу зварювання, нормо-год.;

T_P – сумарна трудомісткість операцій, виконуваних ручним способом, і рівню комплексної механізації (Y_{KM}):

$$Y_{KM} = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot \frac{D_i}{100},$$

де Y_i – рівень механізації по i -му виду робіт, % (його визначають з урахуванням частки ручної праці);

D_i – частка i -го виду робіт в загальному обсязі, %.

При розробці і проектуванні зварювального процесу необхідно вибрати основний (зварюваний) метал з урахуванням його експлуатаційних властивостей і зварюваності або застосовувати технологічні заходи, які забезпечують задовільну зварюваність і необхідну якість з'єднань.

Аналогічно роблять вибір зварювальних матеріалів і зварювального устаткування. Головна вимога – забезпечувати відповідність основному матеріалу по міцності, призначеного режиму зварювання і якості з'єднання.

Особливі вимоги повинні пред'являтися до **підготовки, складання та кріплення зварювальних конструкцій**.

Раціонально розроблений технологічний процес повинен забезпечувати виготовлення надійних зварних з'єднань, бути максимально механізованим або автоматизованим з мінімальною трудомісткістю, мінімальними витратами зварювальних матеріалів і електроенергії, оптимальною формою шва і його валика (посилення) в межах 1,5...2 мм.

Вибір виду (способу) зварювання здійснюють виходячи з форми, розмірів і протяжності з'єднувальних елементів, розташування швів і можливості застосування механізації і автоматизації зварювальних процесів.

Робочий технологічний процес зварювання включає:

- конструктивне оформлення зварної конструкції (вироби) і з'єднань;
- технологічні карти на збірку, кріплення, прихватки і зварювання із зазначенням режиму збірки, прихватки і зварювання, що застосовуються основних і зварювальних матеріалів, зварювального обладнання та оснащення;
- можливі після зварювальні операції – термообробку і ін.;
- нам інформацію про те процесів складання, прихватки, зварювання, окремих операцій;
- вимоги до міцності з'єднань та допустимі рівні дефектів;
- вказівка методів перевірки точності складання зварних з'єднань і конструкції;
- вказівка обсягів і методів контролю зварних швів і конструкцій, в тому числі неруйнівного і руйнівного контролю.

Залежно від кількості виробів, конструкцій і типу виробництва встановлені два типи технологічного процесу зварювання – типовий процес або одиничний.

На кожному підприємстві, заводі, в будь-якої будівельної організації повинні застосовуватися комп'ютерні системи, що включають комп'ютерні технології проектування, розробки і супроводу: виконання зварювальних технологій і окремих операцій, складально-зварювального оснащення, планованого рівня якості по дефектності і міцності зварного з'єднання, а також продукції, що виготовляється конструкції, вироби в цілому. Необхідно також наявність комп'ютерних систем менеджменту якості з зворотними зв'язками (СТБ 1БО 3834-6-2009). показників технологічності і якості, банку даних та іншої інформації.

При розробці технологічних процесів зварювання встановлюють (у міру необхідності) такі параметри в умовних позначеннях:

- | | |
|---|--|
| – довжина – L, l ; | – сила зварювального струму – I_{CB} ; |
| – ширина шва – B, b ; | – напруга холостого ходу джерела живлення – U_{XX} ; |
| – висота, глибина – H, h ; | – швидкість подачі дроту – V_{nn} ; |
| – товщина – S ; | – кількість проходів у шві – Σ_{np} ; |
| – діаметр – D, d ; | – кількість наплавленого металу – Q_H ; |
| – радіус – R, r ; | – коефіцієнт наплавлення – a_H ; |
| – між осеве и міжцентрова відстань – A, a ; | – полярність: пряма – $П$; зворотна – $О$; |
| – кути α, β, γ і ін.; | – положення шва: |
| – випуклість шва – g_d ; | – $Ч (Л)^*$ – у човник; |
| – шаг перервного шва – T ; | – $Н (Н)^*$ – ніжне; |
| – катет кутового шва – k ; | – $Г (Г)^*$ – горизонтальне; |
| – розрахункова висота кутового шва – P ; | – $НГ (ПГ)^*$ – напів-горизонтальне; |
| – товщина кутового шва – A ; | – $С (П)^*$ – стельове; |
| – напруга дуги – U_d ; | – $НС (ПП)^*$ – напівстельове; |
| – швидкість зварювання – $V_{зв}$; | – $В (В)^*$ – вертикальне; |
| – притуплення кромок – c ; | – $НВ (ТВ)^*$ – напіввертикальне. |
| – коефіцієнт загрузки обладнання – K . | <i>* – позначення російською мовою</i> |

У рядках технологічного процесу або в карті номерами вказують зміст технологічних операцій і переходів з індексом «О».

Розроблені технологічні процеси стверджують в установленому порядку. Підписи осіб, які розробили і перевірили документ.

Лекція №7

Тема №5: КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Питання лекції: Поняття про різні види технологічного обладнання. Загальна характеристика, області застосування, коефіцієнти продуктивності обладнання. Поняття про різні види зварювальних установок.

7.1 Поняття про різні види технологічного обладнання. Загальна характеристика, області застосування, коефіцієнти продуктивності обладнання

7.1.1 Поняття про різні види обладнання

В процесі виготовлення зварних конструкцій повинні бути забезпечені задані технологічним процесом взаємне положення деталей, що з'єднуються і умови, найбільш сприятливі для утворення якісного з'єднання. Це досягається застосуванням *технологічних пристроїв і оснащення*.

Технологічні пристосування діляться на *складальні*, що призначені для складання під зварювання і фіксації деталей за допомогою прихваток або найпростіших механічних пристроїв; *зварювальні*, що призначені для зварювання заздалегідь зібраних деталей з зафіксованим взаємним становищем; *складально-зварювальні*, що дозволяють поєднати операції складання і зварювання.

Тип технологічного пристосування вибирають в залежності від виробничої програми (одиничне, серійне чи масове виробництво), конструкції виробу (листові або гратчасті конструкції, деталі машин і ін.). Технології і ступеня точності виготовлення заготовок (механічна обробка, газова різка та т.п.) і технології складання і зварювання (необхідність в зазорах, допустимі їх зміни або допустимі перевищення крайок і т.п.).

Вирішальне значення для комплексної механізації процесу зварювання має наявність у складі зварювального установки механічного та допоміжного обладнання. До цього зварювального обладнання відносяться **пристосування і механізми:**

- для укладання, нахилу і обертання виробів, що зварюються (стенди, кантувачі, маніпулятори та ін.);
- для кріплення і переміщення зварювальних апаратів (рейкові шляхи, колони, візки та ін.);
- для обслуговування зони зварювання (ліфти, балкони, люльки та ін.).

Зварювальні пристосування повинні допускати вільне переміщення окремих елементів конструкції внаслідок нагрівання і подальшого охолодження зони зварювання, а при необхідності зменшити або по можливості виключити деформації, що виникають в звареному виробі і в самому пристосуванні внаслідок температурних впливів. При зварюванні великогабаритних конструкцій, що володіють малою жорсткістю (рамні, гратчасті, листові), пристосування повинні забезпечувати фіксацію окремих зварювальних кромок, а не всього виробу в цілому. При проектуванні пристосування необхідно передбачити доступ до місць зварювання і прихватки, швидке відведення теплоти від місць інтенсивного нагріву, складання вузла з мінімального числа установок, вільний доступ для перевірки розмірів виробу і вільний з'їм зібраного або звареного виробу.

Технологічні пристосування можуть бути спеціалізованими (для зварювання певного типу виробів) або універсальними. Як приклад на рис. 1 показаний спеціалізований

стенд для складання і зварювання рамної конструкції. Універсальне пристосування для аналогічних цілей (рис. 1) містить ряд плит з пазами. Залежно від конфігурації виробу, що зварюється до плити прикріплюють пристрої для базування деталей, що зварюються (фіксатори і т.п.) і для притиснення деталей до базових поверхонь (притиски, стяжки, розпірки і т.п.).

Стенди, стелажі та плити – найпростіші пристрої для укладання і фіксації в зручному для зварювання положенні попередньо зібраних під зварювання виробів. Кантователі стаціонарні пристосування для повороту виробу, що зварюється. **Кантувачі** бувають **роликowymi** (рис. 1, а) або **цєвочного**. Останні забезпечені **провідною зірочкою** (рис. 1, б). Це дозволяє кантувати вироби, центр ваги яких значно віддалена від осі обертання. **Важільні кантувачі** (рис. 1, в) застосовують головним чином для плоских деталей, **центрові** (рис. 1, г) – для порівняно коротких виробів при повороті їх на 360°. **Ланцюгові кантувачі** (рис. 1, д) застосовують для зварювання громіздких виробів великої довжини.

Роликові стенди служать для обертання циліндричних виробів при виконанні кільцевих швів і для настановних переміщень. **Роликовий стенд** (рис. 2, а) має два ряди роликів, з яких один ведучий, інший – холостий. Провідні ролики забезпечені, як правило, гумовими бандажами. На рис. 2, б показаний стенд з усіма приводними роликами для обертання виробів з ексцентрично розташованими масами. На рис. 2, в дана схема стенду, що застосовується для обертання конічних або сідчастих виробів порівняно невеликої довжини. Він має тільки два приводних ролика, розташованих в одній поперечній площині. Роликові стенди бувають **стаціонарними** або **пересувними**.

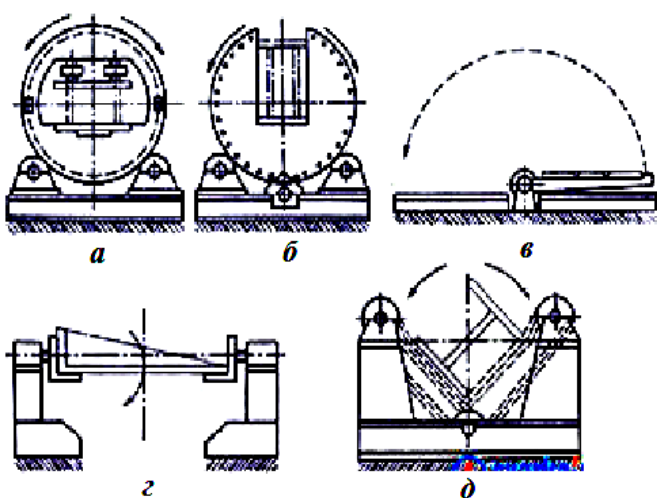


Рис. 1. Кантувачі:

а – роликові або цєвочні; б – з подвійною зірочкою; в – важільні; г – центрові; д – ланцюгові

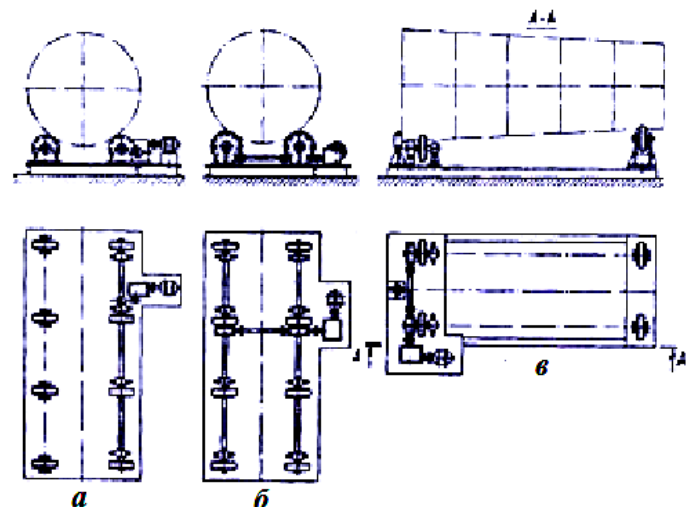


Рис. 2. Роликові стенди:

а – двох рядні; б – з усіма приводними роликами; в – для обертання конічних поверхонь або сідчастих виробів

Маніпулятори – це універсальні, зазвичай стаціонарні, пристосування, призначені для повороту виробу в процесі роботи навколо вертикальної і горизонтальної осей, а також для нахилу його на різний кут до горизонтальної площини. Розрізняють **установчі** та **зварювальні маніпулятори**. Установчі маніпулятори (так звані **позиціонери**) служать для установки виробу в зручне для збірки і забезпечують тільки маршовий переміщення.

Зварювальні маніпулятори (рис. 3) забезпечують переміщення зі зварювальною швидкістю. Експлуатаційна характеристика маніпулятора визначається його вантажопідйомністю (тобто найбільшою вагою виробу при горизонтальному положенні столу), найбільшими габаритними розмірами виробу і числом ступенів свободи його пересування. При нахилі

планшайби і при зміщенні центра ваги виробу величина його допустимої ваги знижується. Зварюються деталі кріплять до планшайби за допомогою універсальних чи спеціальних пристосувань.

Більшість зварювальних установок містять пристрої, що дозволяють розташовувати апарат над виробом, що зварюються (*наприклад*: для зварювання кільцевих швів), переміщати його по висоті або в площині і т.п.

При роботі самохідними апаратами можна використовувати горизонтальні колії і пристосування, що дозволяють виставити рейок паралельно зварюваних кромкам. Рейкові шляхи бувають стаціонарними і переносними. Застосування стандартних, централізовано виготовлених вузлів механічного зварювального устаткування дозволяє легко і в стислі терміни створювати установки для зварювання різних виробів (рис. 4).



Рис. 3. Універсальний зварювальний маніпулятор

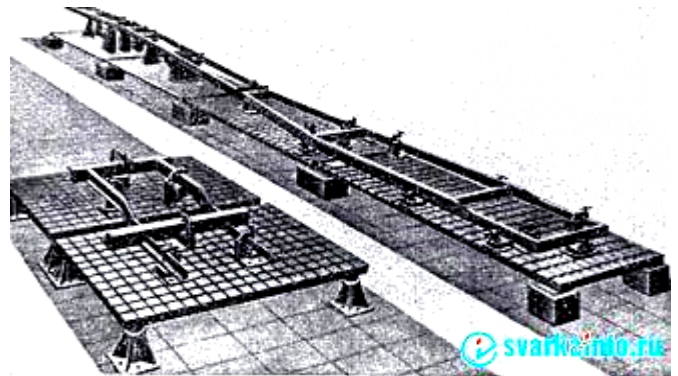


Рис. 4. Універсальне складально-зварювальне студио із нормалізованими елементами

У ряді випадків для притиску деталей в пристроях може бути використаний вага деталей, що зварюються (рис. 5).

Фіксатори. Це елементи, що визначають положення деталі, що зварюється щодо всього пристосування. До фіксаторам (рис. 6) відносяться *кишені* (а), упори: *постійні* (б), *знімні* (в) і *відкидні* (г); *установчі пальці і штирі*: *постійні* (д), *знімні* (е); *призми*; *жорсткі і регульовані* (ж) і *шаблони* (з). Знімні упори застосовують в налаштуванні по типу деталей пристосування або при зварюванні деталей, з'їм яких неможливий через упорів. Як правило, упори служать і опорними базами, а в деяких випадках шаблонами для приварки сполучених деталей. Пальці або штирі забезпечують більш точну установку деталей і застосовуються при наявності в деталях оброблених поверхонь. Призми, регульовані і жорсткі, застосовуються для зварювання труб, профілів і т.п.

Шаблони призначені для фіксування встановлюються при складанні деталей по інших деталей в цьому вузлі або з яких не-будь опорним контурам виробу. У цьому випадку сам виріб є несучим елементом пристосування.

Притиски. Це елементи пристосувань, що забезпечують притиски деталей до фіксаторів або іншим несучим поверхням пристосувань. Розрізняють притиски *механічні*, *пневматичні*, *магнітні та гідравлічні*.

Механічні притиски є найбільш простими і тому найбільш поширеними (рис. 7, а, д). Клинові притиски (рис. 7, в, г) служать для підтискування одного зібраного елемента до іншого, для вирівнювання крайок і т.п. Аналогічно діють ексцентрикові само гальмуються притиски. Найбільш універсальні притиски гвинтові (рис. 7, а, б). Однак їх застосовують в основному в ручних пристроях. Це пов'язано з тим, що гвинти працюють на упор і що вони не є швидкодіючими. Збільшення кроку гвинта може порушити його самогальмуючі властивості і зажадати великих зусиль на притиск деталі. Пружинні притиски застосовуються головним чином для затиснення невеликих, тонких деталей.

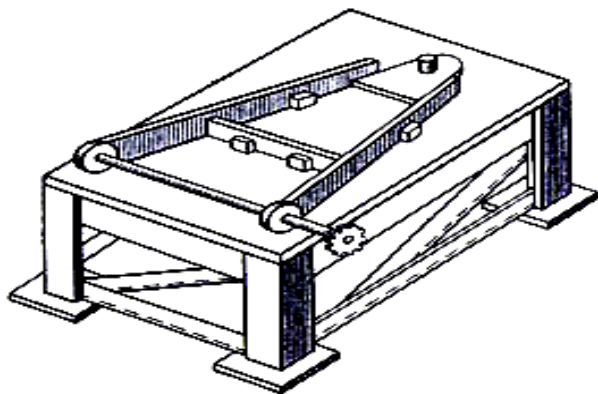


Рис. 5. Спеціалізований стелд з постійними фіксаторами для зварювання рамних конструкцій

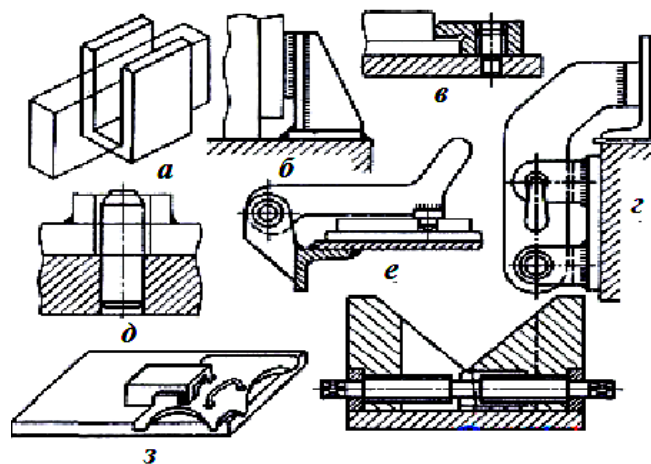


Рис. 6. Фіксатори:
а – кишенькі; упори: б – постійні; в – знімні;
г – відкидні; установчі пальці і штирі; д – постійні;
е – знімні; призми: ж – жорсткі і регульовані;
з – шаблони

Поряд з перерахованими застосовують комбіновані пристрої (гвинт з клином, гвинт з пружиною і т.п.). **Важільні притиски** є важелі 1-го і 2-го роду, чи комбінацію і використовуються як підсилювачі приводів затиску. Приклад такого важеля затиску показаний на рис. 8. На осі 2 стійки 1 є провідний важіль 3 і проміжну ланку 4, чинні на силовий важіль 5. Притиск деталі здійснюється упором 6.

Пневматичні притиски в порівнянні з механічними мають ряд істотних переваг, в тому числі швидкодію, можливість керування поруч притисків з одного місця, можливість підведення стисненого повітря до притискаючи, котрий обіймав різне положення в просторі (через цапфу пристосування або по гнучких шлангах), і т.п. Пневматичний притиск має певну пружність, що компенсує деформації деталей, що зварюються.

У якості робочого органу притиску можуть служити пневмо-циліндри, пневмокамери і пневмо-шланги. **Пневмоциліндри** (рис. 9, а) можуть бути односторонньої або двосторонньої дії. Шток циліндра може діяти безпосередньо на деталь, що зафіксовано, або через важіль. До недоліків пневматичних циліндрів відносяться знос ущільнень і громіздкість.

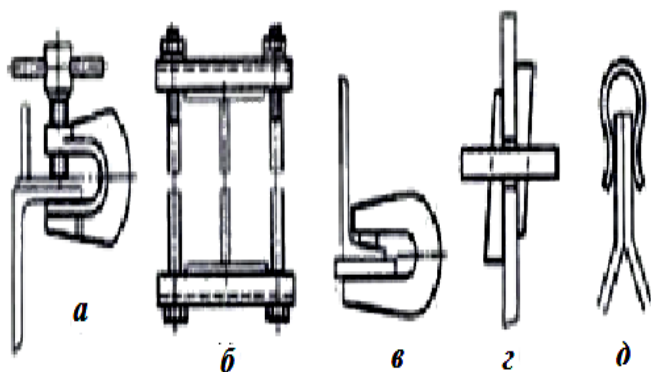


Рис. 7. Притиски:
а – трубцини; б – гвинтові; в, г – клинові;
д – універсальні

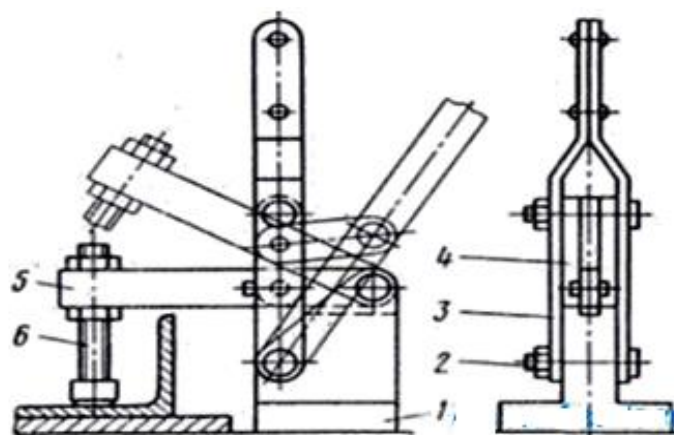


Рис. 8. Важільний притиск:
1 – стійка; 2 – ось; 3 – провідний важіль;
4 – проміжна ланка; 5 – силовий важіль;
6 – упор

У випадках, коли хід штока невеликий, перевагу заслуговують пневмокамери (рис. 9, б), забезпечені замість поршня гумовою діафрагмою на тканинній основі, затиснутою

між кришкою і корпусом камери. Часто в зварювальних пристосуваннях застосовується шланговий притиск (рис. 9, в). При подачі повітря в шланг останній впливає на опорні поверхні клавішного типу важеля притиску. Пнєвмо-притиски застосовують головним чином в масовому і багатосерійному виробництві і в високомеханізованих установках.

Магнітні притиски відрізняються швидкодією, простотою і маневреністю. Їх використовують для вирівнювання крайок (рис. 10, б) і притиснення їх до флюсової подушки (рис. 9, б). Найбільш поширені електромагніти, хоча останнім часом знаходять застосування і постійні магніти.

Гідравлічні притиски використовують в зварювальних пристосуваннях досить рідко. Мабуть, перспективні притиски, побудовані на основі гідропласт – в'язких сумішей, що володіють досить високою плинністю. На відміну від гідравлічних притисків притиски з гідропласт не вимагають складних і дорогих ущільнень, забезпечуючи рівномірний розподіл притискає зусилля між плунжерами. Вони допускають тиск до $500 \text{ кгс} / \text{см}^2$.

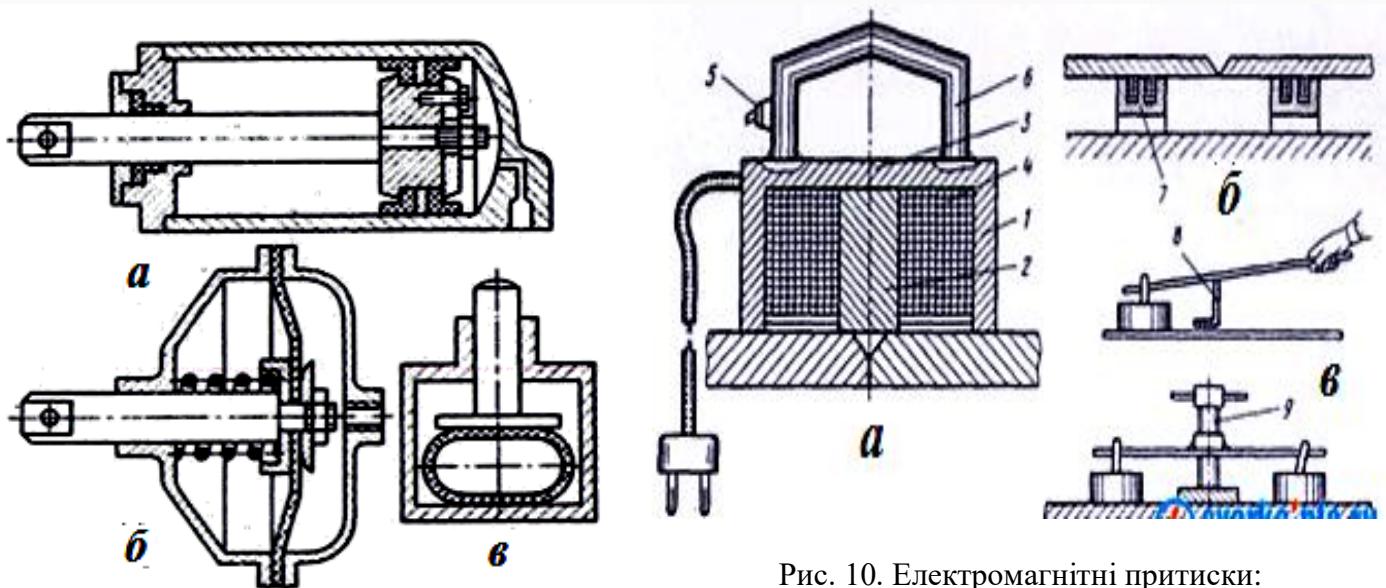


Рис. 9. Пневматичні притиски:
а – пневматичний циліндр; б – пневматичні камери; в – зі флюсовою подушкою

Рис. 10. Електромагнітні притиски:
а – загальний вид магніту; 1 – корпус магніту;
2 – сердечник; 3 – днище; 4 – обмотка; 5 – вимикач;
б – схеми застосування; 6 – скоба; 7 – електромагнітний стенд; 8 – упор; в – гвинтовий притиск

Стягують і розпірні пристосування (стяжки, розпірки і домкрати). Вони призначені для стягування при складанні двох або декількох деталей або вузлів, для вирівнювання крайок і вм'ятин, для розтискання циліндрів (рис. 11).

Складально-зварювальні пристосування можуть бути **універсальними** або **спеціалізованими**. На рис. 4 показано універсальне пристосування для зварювання громіздких і складних просторових конструкцій.

Для складання і зварювання плоских листових конструкцій служать **електромагнітні стени**, які представляють собою плоску або лекальну ліжку з вбудованими електромагнітами, між якими розташовані флюсо-мідна або флюсова подушка з пневматичним притиском. Електромагніти, розташовані уздовж шва, щільно притягають кромки з'єднаних листів до складального стенду і сприймають реакцію від тиску флюсового подушки. Розташування магнітів і флюсо-подушек визначається розкриємо листів і їх числом в секції.

На рис. 12 показаний кондуктор з гвинтовими притисками, застосовуваний для складання елементів двотаврового перетину висотою 400...1800 мм. Сварка елементів в цьому кондуктора здійснюється зварювальним трактором похилим електродом.

7.1.2 Загальна характеристика, області застосування, коефіцієнти продуктивності обладнання

Загальна характеристика зварювального устаткування. Якість зварних швів у з'єднаннях в великій мірі залежить від справності роботи зварювального устаткування, воно повинно забезпечити:

- стійке горіння дуги, необхідну точність і правильність регулювання режимів зварювання;
- забезпечення основних параметрів різних видів зварювання, не пов'язаних з електричною дугою;
- наявність вентиляційних каналів і повністю герметичних друкованих плат керування для захисту від осідання пилу;
- можливість використання в важких виробничих умовах;
- можливість використання з мережевим кабелем великої довжини;
- плавне (в тому числі дистанційне) регулювання струму у всьому діапазоні;
- обмеження напруги холостого ходу;
- форсування струму короткого замикання;
- захист від прилипання електрода;
- індикація параметрів зварювання на цифровому дисплеї;
- автоматичне збереження параметрів зварювання при відключенні харчування;
- підвищена електромагнітна сумісність з мережею живлення;
- захист від вібраційних навантажень.

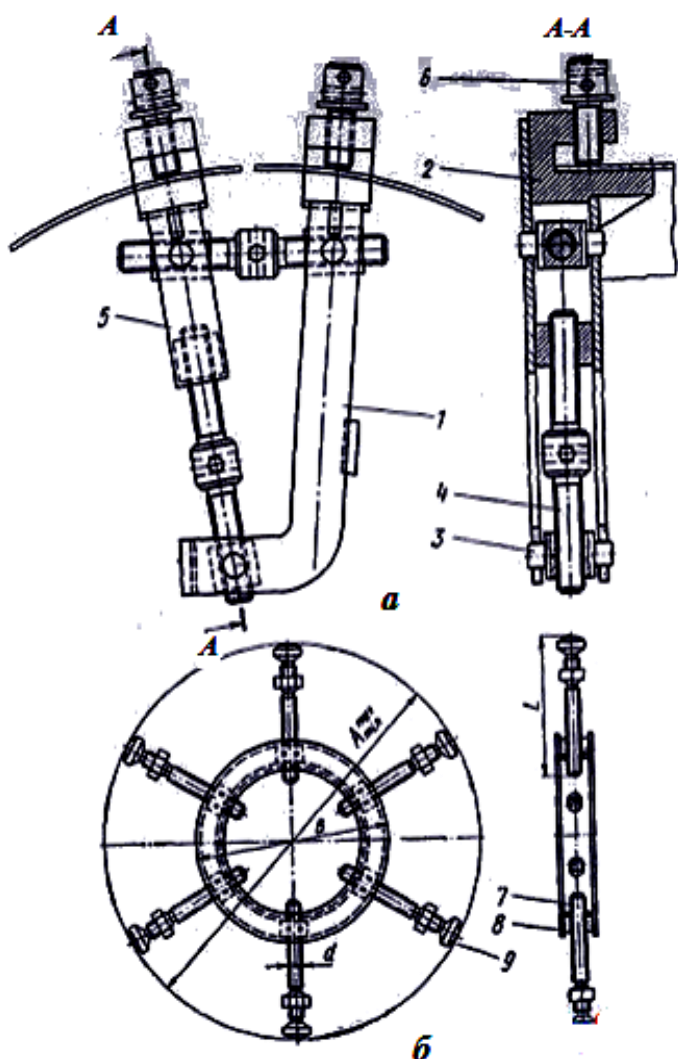


Рис. 11. Стискаюче (а) і розпірні (б) пристосування:
 1 – важіль основний; 2 – скоба; 3 – гайка;
 4 – гвинт стягує; 5 – важіль; 6 – гвинт затискнуї; 7 – гвинт розпірний; 8 – підстава;
 9 – підп'ятник

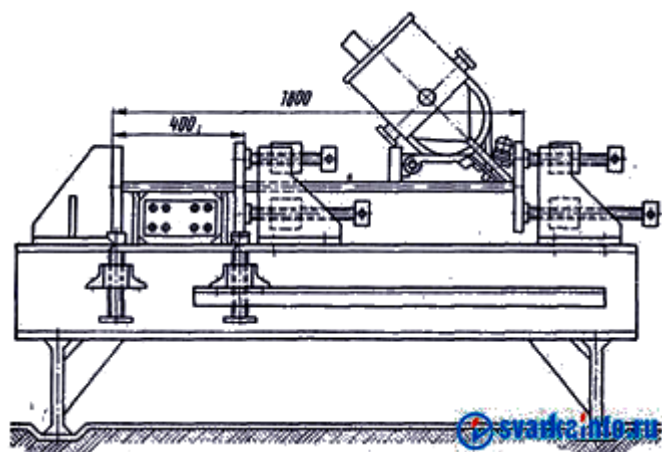


Рис. 12. Кондуктор для зварювання балок

Загальна характеристика допоміжного обладнання. Якість зварних швів у з'єднаннях не в меншій мірі залежить від справності роботи допоміжного зварювального обладнання, воно повинно забезпечити:

- позиціонування заготовок в зварних вузлах при складанні або зварюванні;
- переміщення заготовок і готових зварних вузлів;
- захист зварювальника від шкідливих впливів технологічного процесу.

Області застосування зварювального устаткування. Існує велика різноманітність технологій створення зварного з'єднання, деякі пов'язані з нагріванням, інші не вимагають високих температур. Зварювання застосовується на кожному кроці: на виробництвах, в майстернях, гаражах, під водою і в космосі. Майже кожен предмет і механізм, який використовується в повсякденному житті, виготовлений із застосуванням зварювального обладнання. Будь то кавник, автомобіль або паливо для нього, здобуте за допомогою звареного бура, змінюють вигляд сучасного світу мости і хмарочоси – все це лише мала частина речей немислимих без зварювання.

Зварювання допомагає існувати і ефективно працювати цілим індустріям. Неможливо уявити сучасне будівництво без кранів, агропромисловий комплекс без тракторів і комбайнів, видобувну промисловість без трубопроводів і залізниць, транспорт без вантажівок, кораблів і літаків і т.п.

Сучасні технології інтенсивно проникають в зварювальне справу, обладнання вдосконалюється, його вага і габарити зменшуються, апарати оснащуються процесорами і дозволяють робити роботу якісніше і швидше. ХХІ століття відкриває непогані перспективи для зварювання, вона вважається як і раніше перевіреним способом з'єднання металів, що дозволяє домагатися відмінної якості з'єднань при порівняно низькій ціні, а сучасні дослідження і розробки лише доповнюють її, дозволяючи виводити технології зварювання на якісно новий рівень. Область застосування зварювання величезна, процес включає в себе безліч технологій і способів, кожен з яких дозволяє вирішувати поставлені завдання найбільш ефективно.

Коефіцієнт продуктивності обладнання, що характеризує повноту використання потужності обладнання, фактичне отримання продукції в залежності від потенційних його можливостей з урахуванням специфіки зварювальних робіт. Наближено коефіцієнт продуктивності визначається відношенням:

$$k_H = \frac{v_{K.\Phi}}{v_{K.max}},$$

де $v_{K.\Phi}$ і $v_{K.max}$ – фактична і максимальна продуктивність обладнання шт. / міс.

7.2 Поняття про різні види зварювальних установок

У залежності від призначення зварювальні установки можуть бути розділені на такі основні групи:

1. *Установки для автоматичного зварювання листових полотнищ*, що мають один або декілька паралельних між собою швів.
2. *Установки для автоматичного зварювання балок, колон і аналогічних конструкцій.*
3. *Установки для зварювання циліндричних танків і інших виробів із круговими та поздовжніми швами.*
4. *Верстати для автоматичного зварювання.*

7.2.1 Установки для автоматичного зварювання листових полотнищ

Установки для автоматичного зварювання листових полотнищ знаходять широке застосування в суднобудуванні, мостобудуванні, при виготовленні різноманітних емностей, у вагонобудуванні та іншого.

Зварювання листів можна виконувати одностороннім швом із зворотним формуванням і двостороннім швом. Одностороннє зварювання застосовується для листів товщиною до 12 мм і може проводитися зварювальним трактором, що має ковзну мідну підкладку. При цьому листи що зварюються укладають на стелаж, складають із зазором 2...3 мм і скріплюють короткими пластинами (гребінками), що прихвачуються до зварюваних листів. Під час зварювання, при наближенні до них трактора, ці пластини видаляють.

Конструктивне компонування установок для листових полотнищ залежить від числа і розмірів листів, що зварюються, і номенклатури полотнищ. При великій номенклатурі зварюваних полотнищ, що складаються із декількох листових заготівель, і різному розташуванні зварюваних стиків, установки оснащують пересувними флюсовими подушками. При обмеженій номенклатурі зварюваних полотнищ і фіксованому розташуванні стиків, флюсові подушки установок мають стаціонарне виконання.

На рис. 13. зображена установка зі стаціонарними пневматичними флюсовими подушками, застосовувана для зварювання полотнищ залізничних цистерн. Полотнище зварюють із чотирьох листів розміром 9280×1680×9 мм і одного листа 9280×2100×11 мм. На стелажі установки розміщені чотири пневматичні флюсові подушки 7, піднімальні ролики 10 для транспортування полотнища, тяговий пристрій із візками 9 і два портали 4, на кожному з яких встановлено по два самохідних зварювальних апарата і по вісім пневмоцилиндрів 5 із притискачами 6.

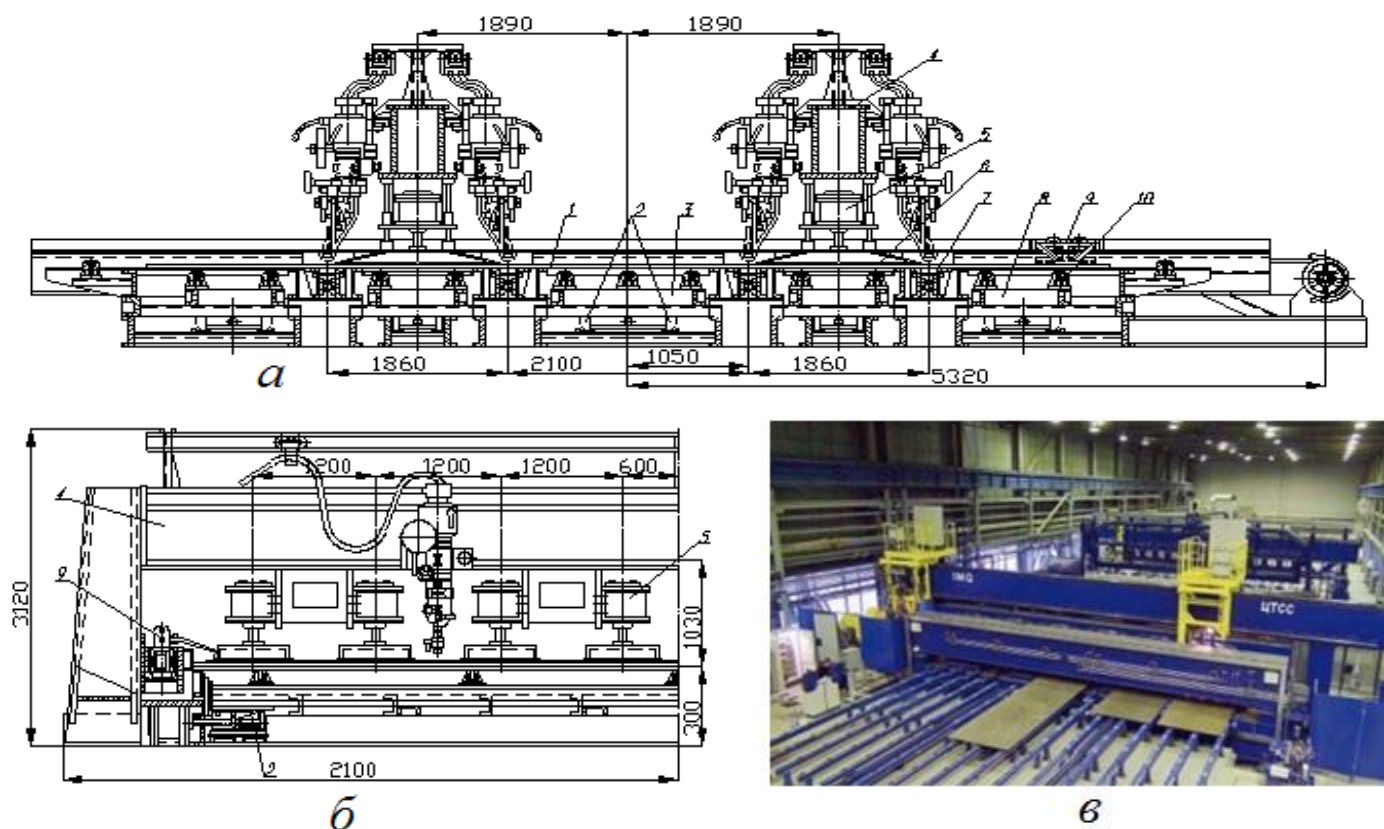


Рис. 13. Установка зі стаціонарними флюсовими подушками для автоматичного зварювання полотнищ:

а – вид з боку; *б* – вид з переді; *в* – зварювальна поточна лінія мод. IMG (загальний вид такого обладнання)

Складене на прихватках полотнище 1 передається на стелаж за допомогою двох візків 9 із швидкістю 12 м/хв і переміщається до збігу зварюваних стиків із флюсовими подушками. Далі, за допомогою клинового пристрою 2, опускають рамки 3 і 8, на яких розміщені ролики, і укладають полотнище на флюсові подушки. Полотнище зверху підтискають до флюсових подушок пневмопритискачами порталів і пропускають повітря у флюсові подушки, щільно притискаючи флюс до стиків. Потім вмикають автомати і зварюють одночасно чотири стики. Після зварювання полотнище передається на спеціальний кантувач, у якому вона повертається на 180 градусів і надходить на установку для зварювання швів з іншої сторони. Ця установка виконана аналогічно розглянутої, але не має флюсових подушок і притискних пристроїв.

7.2.2 Установки для автоматичного зварювання балок і колон

Для зварювання конструкцій типа балок і колон потрібно забезпечити робочий рух джерела нагріву, та обертання виробу для розміщення його у зручному для зварювання положенні. Транспортування таких виробів, враховуючи їхні розміри, здійснюється цеховими кранами.

За принципом робочого руху ці установки можна розділити на три типи:

- *установки з підвісними зварювальними голівками;*
- *установки із самохідними зварювальними голівками;*
- *переносні апарати, установлені безпосередньо на виріб, що зварюється.*

Компоновка установок першого типу складається із глагольного, велосипедного або порталного візка, які забезпечують закріплення зварювального апарату та його переміщення із зварювальною швидкістю і кантувача. Особливістю компоновальних схем цих установок є можливість зварювання балок великих довжин і вільний доступ при укладці балок під зварювання.

Компоновка установок другого типу виконується зі стаціонарними або пересувними напрямними для самохідного зварювального апарату або трактора. При застосуванні стаціонарних напрямних ускладнюється доступ для укладання і зняття виробів, що зварюються. При застосуванні пересувних напрямних обмежується довжина зварюваних балок. Основною областю застосування установок другого типу є зварювання коротких балкових конструкцій.

Компоновання установок третього типу складається із самохідного зварювального трактора и обладнання для розташування та зміни просторового положення балки при зварюванні. Такі установки знайшли застосування при виготовленні балок електромостових кранів довжиною 10...32 м і відрізняються простотою і можливістю зварювання балок необмеженої довжини.

7.2.2.1 Установки з підвісними зварювальними голівками

Голівка підвішується до самохідного візка, що рухається уздовж шва з заданою швидкістю зварювання. Установки цього типу характеризуються тим, що вони мають мінімум два електроприводи: *один на голівці* – для подачі електрода, *інший на візку* – для робочого руху уздовж шва. Застосування таких установок доцільно для зварювання поздовжніх швів великої довжини. Як приклад можна привести установку для зварювання поясних швів балок довжиною до 20 м і висотою до 1,5 м (рис. 14).

Зварювальний рух забезпечується велосипедним візком. Для розміщення виробу в зручному просторовому положенні застосовується *ланцюговий кантувач*. Встановлення виробу на кантувач здійснюється цеховим краном. Зварювання виконується з одночас-

ною подачею і збиранням флюсу. З огляду на велику довжину швів, струмопідведення виконано за допомогою гірлянди кабелів на рухливих підвісках. Враховуючи невелику точність розташування виробу на ланцюговому кантувачі, візок і зварювальний апарат мають можливість виконувати коректувальні переміщення.

7.2.2.2 Установки із самохідними зварювальними голівками

Характерною рисою цих установок є те, що вони не мають потреби в окремому електроприводі для зварювального руху тому, що самохідна голівка здійснює не тільки подачу дроту, але і робочий рух уздовж шва. Завдяки цьому, установки цього типу значно простіше у виготовленні, ніж установки з підвісними голівками. Однак область їхнього застосування обмежується такими обставинами. Шлях для самохідного візка зазвичай розташовується над виробом, що зварюється. Тому, у випадку важких виробів, подаваних краном, цей шлях повинний бути таким, що уберається – пересувним. Зазвичай він робиться у вигляді *котючої балки* (рис. 15).

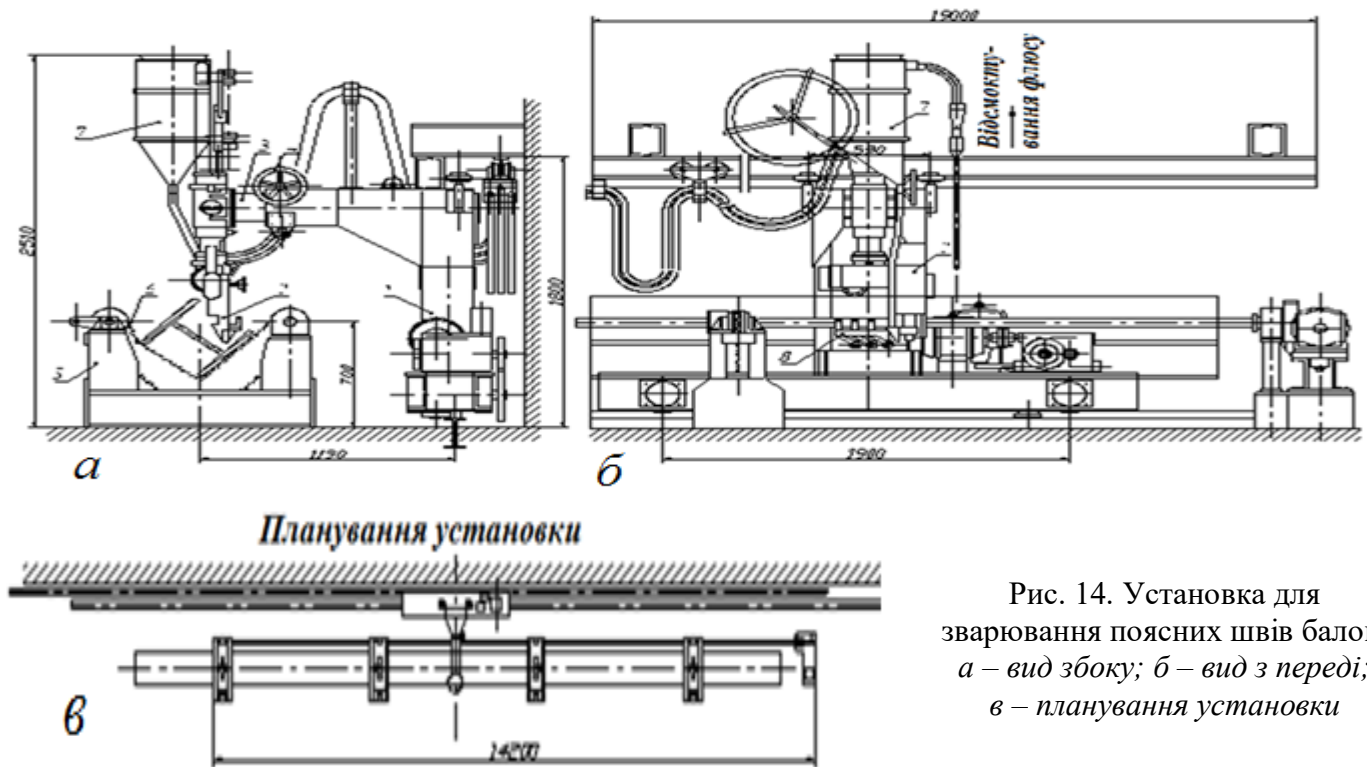


Рис. 14. Установка для зварювання поясних швів балок:
а – вид збоку; б – вид з переді;
в – планування установки

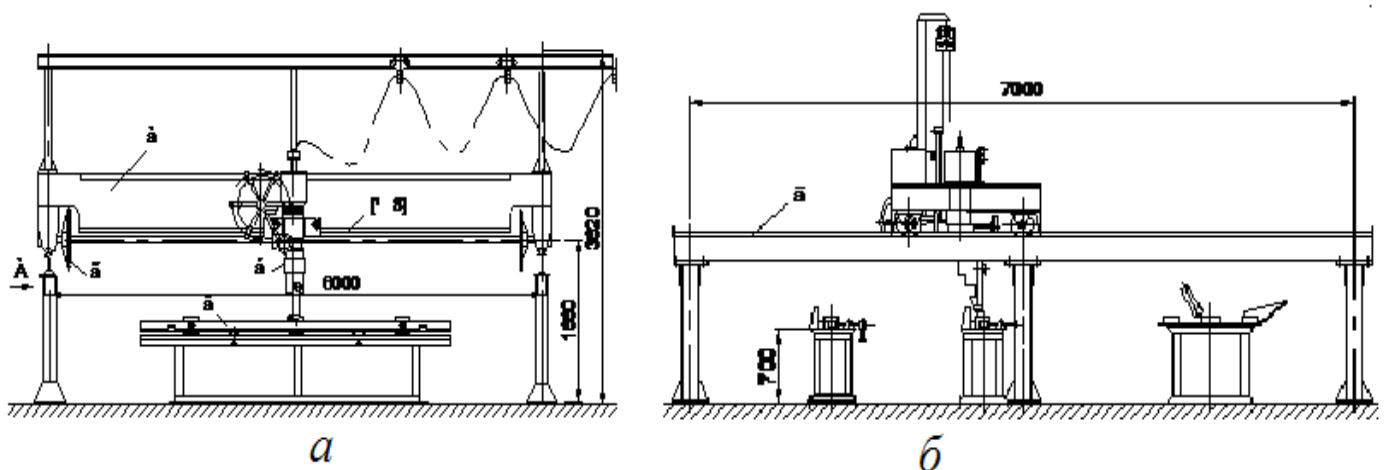


Рис. 15. Установка з котючою балкою і самохідним зварювальним апаратом:
а – котюча балка; б – самохідний зварювальний апарат; в – складальне пристосування; г – маховик для переміщення котючої балки; д – рейковий шлях для котючої балки

Крім того, порівняно низьке розташування шляху над зварюваним виробом (приблизно 600 мм) виключає можливість зварювання високих двотаврів і таврів.

Можливо інше виконання установки з рухомою напрямною зварювального апарата (рис. 16).

Установки із самохідними голівками рекомендується застосовувати для зварювання коротких виробів. При довжині виробу понад 8 м пересувний шлях для самохідної голівки виходить громіздким і незручним в експлуатації.

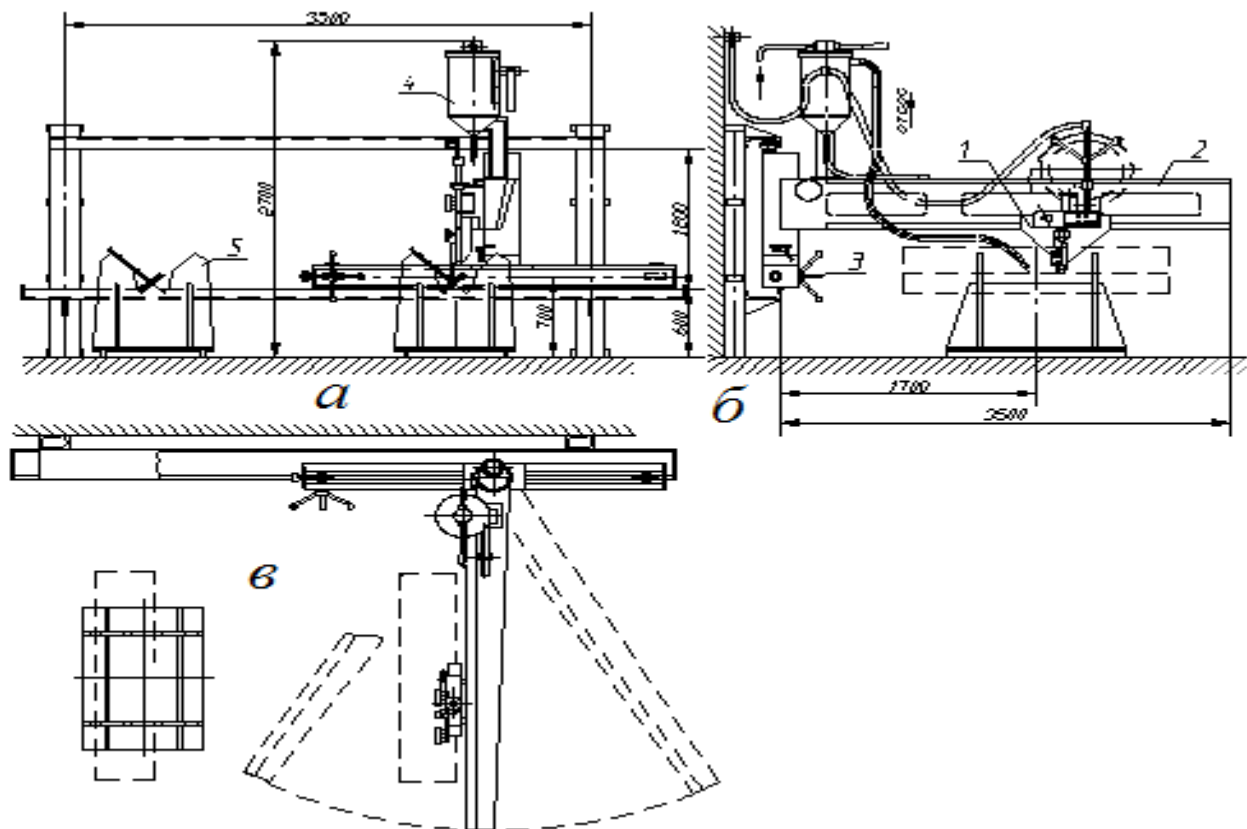


Рис. 16. Установка із пересувною напрямною для зварювального апарата: а – вид з переду; б – вид з боку; в – вид зверху; 1 – самохідний зварювальний апарат; 2 – консольна напрямна; 3 – маховик для переміщення напрямної; 4 – флюсовий апарат; 5 – пристосування для розташування виробу (стіл або кантувач)

7.2.3 Установки для автоматичного зварювання циліндричних танків

Такі установки умовно поділяють на три групи:

- Установки для зварювання поздовжніх швів циліндричних судин;
- Установки для зварювання кільцевих швів циліндричних танків;
- Установки із центровими обертачами.

Розглянемо їх конструктивні особливості.

7.2.3.1 Установки для зварювання поздовжніх швів циліндричних танків

Поздовжні шви обичайок можуть бути односторонніми і двосторонніми. Для виконання зварного шва необхідно забезпечити оптимальні умови для його формування і відносно переміщення джерела нагрівання (зварювальної дуги) і виробу. Крім того, при значних діаметрах, обичайку необхідно повертати навколо горизонтальної осі для розміщення стиків, що зварюються, у найбільш сприятливому для зварювання положенні (нижньому).

Поздовжні шви обичайок невеликих розмірів можна зварювати однобічним швом в

установці, що забезпечує притиснення крайок, що зварюються, до мідної підкладки (рис. 17). Робочий (зварювальний) рух при цьому забезпечує самохідний зварювальний трактор, що переміщається по напрямних, закріплених на притискних балках складального пристрою. Обмежений простір зони зварювання не дозволяє виконувати збирання флюсу в процесі зварювання, тому після зняття звареної обичайки з пристрою, флюс зсипається в спеціальний піддон, звідки потім збирається флюсоапаратом всмоктувального типу.

Для зварювання тонкостінних обичайок з титанових сплавів застосовується установка, яка скомпонувана з пристрою для складання обичайок 3 і самохідного зварювального автомата АДСВ-5 для зварювання в захисному газі (аргоні) 1, розміщеного на стаціонарній напрямній 4 (рис. 18). Завдяки стаціонарному розміщенню пристрою для складання обичайок і напрямній зварювального автомата, траєкторія руху автомата збігається з лінією стику. Для більш точної установки електрода на лінію стику передбачений механізм корекції 2, що забезпечує переміщення електрода як у вертикальній, так і в горизонтальній площині.

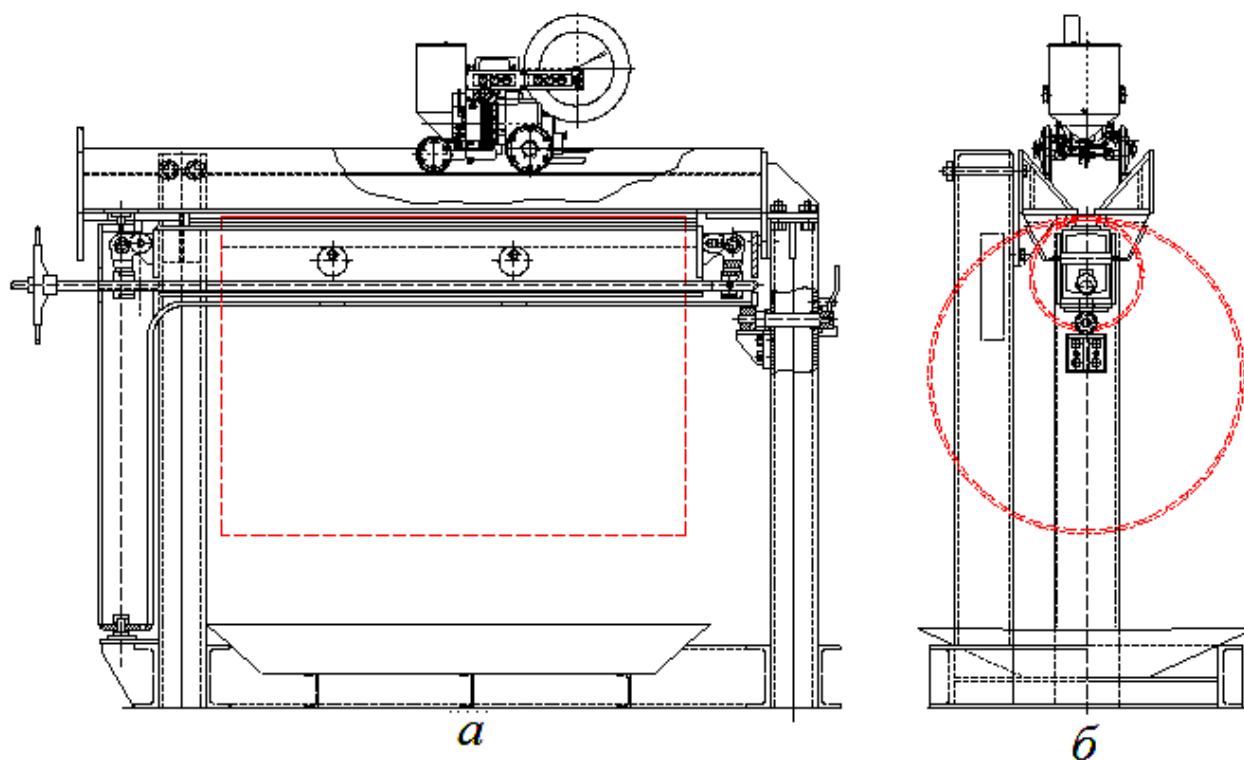


Рис. 17. Установка із мідною підкладкою для зварювання обичайок однобічним поздовжнім швом під флюсом:

а – вид з переді; б – вид з боку; червоним кольором позазана заготовка – обичайка

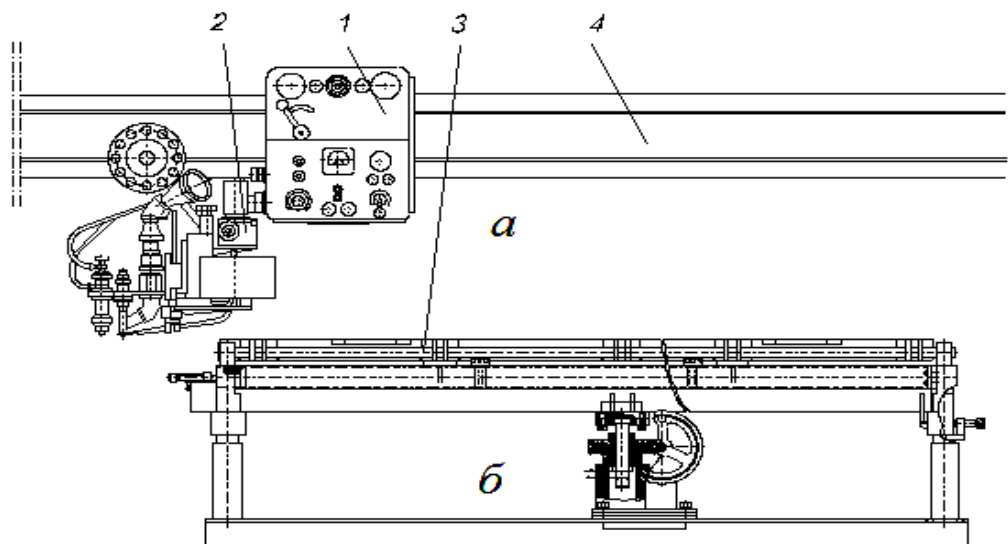


Рис. 18. Установка для автоматичного зварювання в аргоні тонкостінних обичайок з титанових сплавів:
а – вид з переді; б – вид з боку

На рис. 19. зображена установка для автоматичного зварювання поздовжніх швів циліндричних обичайок двостороннім швом. Установка призначена для зварювання обичайок діаметром 800...3900 мм і довжиною до 2400 мм. Установка складається з двох роликоопор 1, двох флюсових подушок 2, підставки 3 із пересувними напрямними 4, зварювального трактора 5 для зварювання внутрішніх швів, велосипедного візка 6 і зварювального трактора 7 для зварювання зовнішніх швів.

Обичайку для зварювання встановлюють на одну з роликоопор, після чого підтискають флюсову подушку до стику обичайки. Для попереднього підйому флюсової подушки включають повітряні циліндри, а потім підтискають флюс до стику за рахунок тиску повітря, подаваного в повітряний шланг, покладений під флюсом. Далі в обичайку вводять напрямні, встановлюють трактор 5 на початку шва і зварюють внутрішній шов обичайки. Після зварювання внутрішнього шва опускають флюсову подушку, відводять зварювальний трактор на підставку і пересувають напрямні в другу обичайку, покладену на іншу роликоопору.

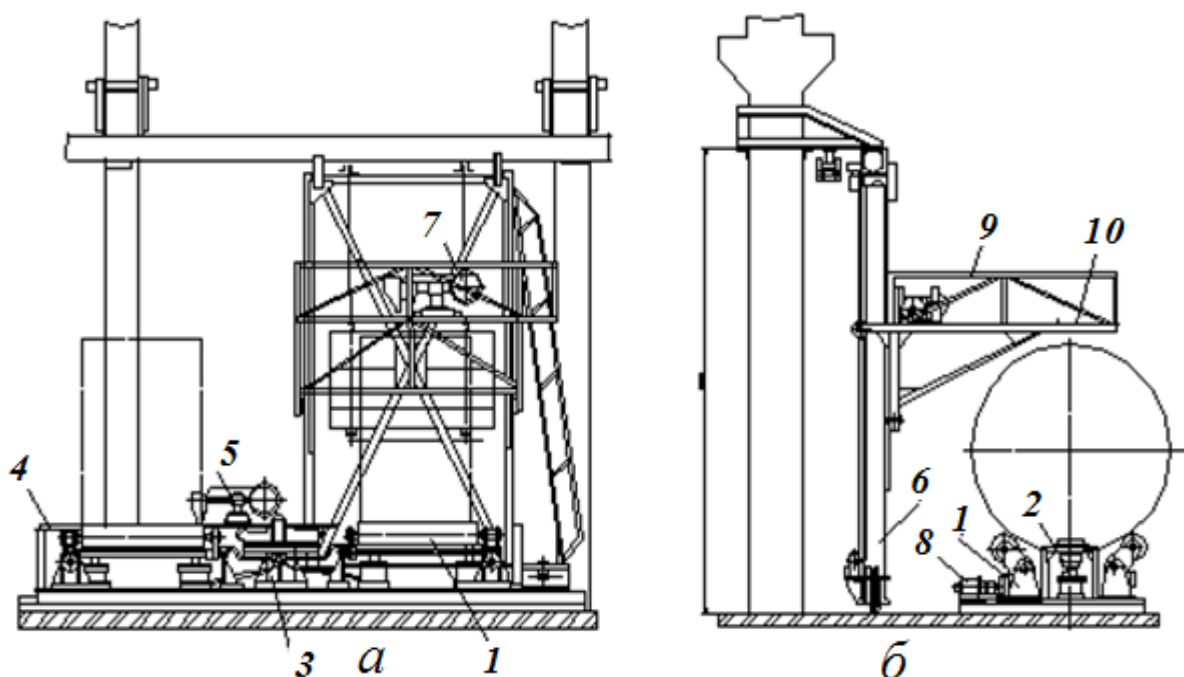


Рис. 19. Установка для двох стороннього автоматичного зварювання поздовжніх швів обичайок: а – вид з переді; б – вид з боку; 1 – роликоопори; 2 – флюсові подушки; 3 – підставка; 4 – пересувні напрямні; 5, 7 – зварювальний трактор; 6 – велосипедний візок; 8 – електромотор; 9 – балкон; 10 – напрямні

Обичайку зі звареним зсередини швом повертають на 180 градусів за допомогою електропривода 8 роликоопори, підводять самохідний велосипедний візок, опускають балкон 9 і зварюють шов зварювальним трактором 7, що переміщається по напрямним 10. По закінченні зварювання зовнішнього шва велосипедний візок переміщують до другої роликоопори. Зварену обичайку знімають, а на її місце встановлюють наступну.

В установках розглянутого типу застосовуються типові вузли роликівих стендів, велосипедні візки і флюсові подушки.

7.2.3.2 Установки для зварювання кільцевих швів циліндричних танків

Такі установки розділяються по двох основних ознаках: по **конструкції пристрою для кріплення і переміщення зварювального апарата** і по **конструкції пристрою для обертання виробів у процесі зварювання** – кільцевих швів. У залежності від конструк-

ції пристрою для обертання виробів у процесі зварювання існують два основні різновиди установок: із роликowymi стендами або обертачами. Найбільше застосування завдяки їхній універсальності, простоті і зручності обслуговування мають установки, оснащені роликowymi стендами (обертачами).

При зварюванні виробів невеликої довжини використовуються установки з одностояковими або двостояковими обертачами. Ці установки широко застосовуються для зварювання патрубків і обичайок із фланцями.

У залежності від конструкції пристрою для кріплення і переміщення зварювального апарата є наступні різновиди установок: *із поворотною колоною, із велосипедним, гла-гольним, або порталним візком*.

Установки з поворотною колоною застосовуються в тих випадках, коли мають місце невеликі відхилення в розташуванні кільцевих швів, що зварюються, по довжині зварюваних циліндричних виробів.

Установки з велосипедними, глагольними або порталними візками застосовуються для зварювання довгих циліндричних виробів із декількома кільцевими швами.

7.2.3.2 Установки із центровими обертачами

Установка (рис. 20) призначена для приварки фланців до круглих днищ або до обичайок діаметром до 2 м і довжиною до 2 м. Установка компонується з універсального обертача з планшайбою і поворотної колони з горизонтальною штангою, на кінці якої закріплена зварювальна голівка.

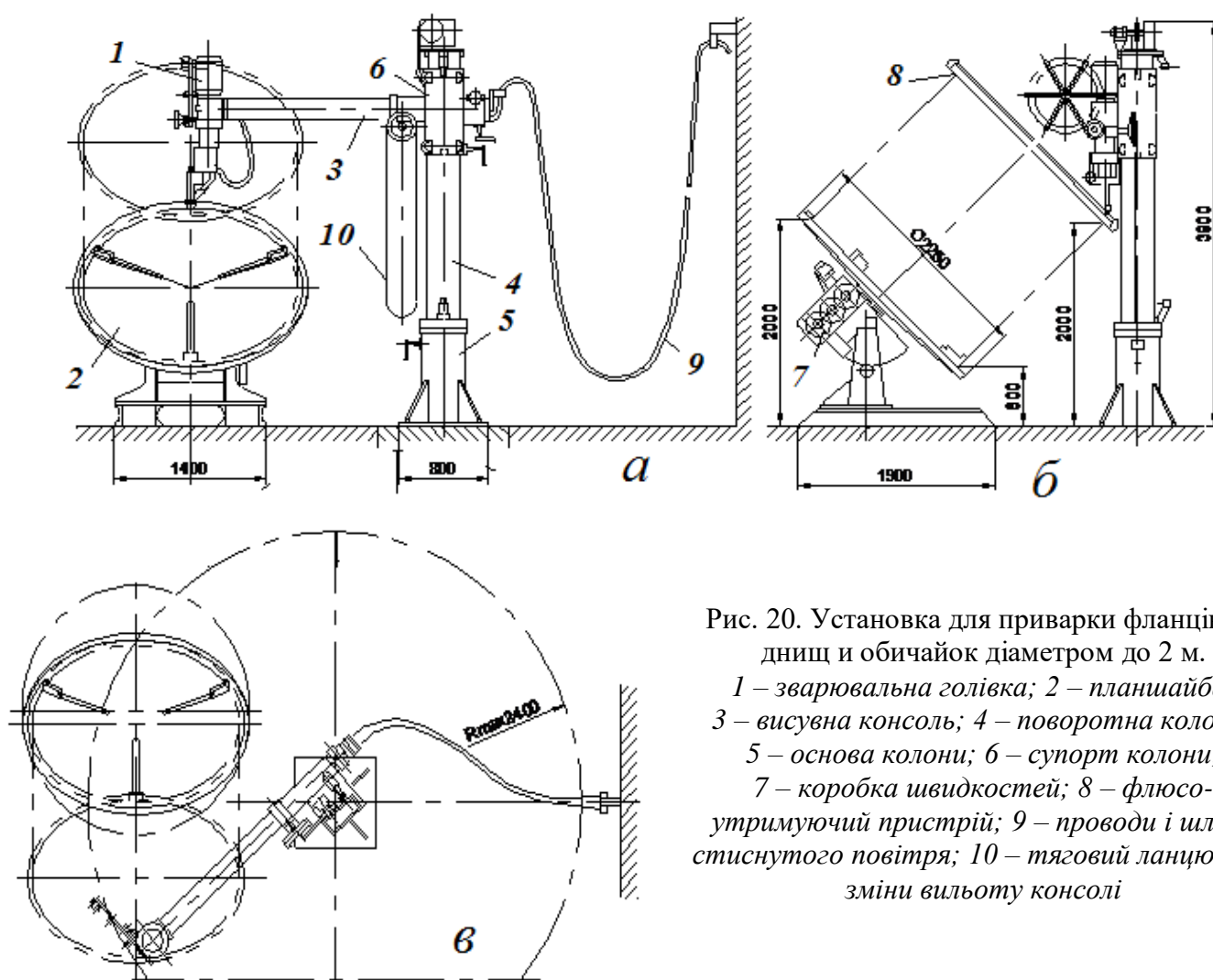


Рис. 20. Установка для приварки фланців до днищ и обичайок діаметром до 2 м.

- 1 – зварювальна голівка; 2 – планшайба;
 3 – висувна консоль; 4 – поворотна колона;
 5 – основа колони; 6 – супорт колони;
 7 – коробка швидкостей; 8 – флюсо-
 утримуючий пристрій; 9 – проводи і шланг
 стиснутого повітря; 10 – тяговий ланцюг для
 зміни вильоту консолі

Механізм обертання планшайби дає можливість змінювати швидкість зварювання в межах 30...120 м/год. для кожного з діаметрів 400...2000 мм. Зміна швидкості виконується за допомогою коробки швидкостей і змінних шестерень приводу. Передбачено також переключення на маршову швидкість, рівну 3,9 об/хв.

Планшайба маніпулятора може встановлюватися під будь-яким кутом до горизонту в межах від 0 до 90 градусів, тобто від горизонтального до вертикального положення. Нахил планшайби здійснюється за допомогою приводу, що складається з однієї черв'ячної передачі й однієї зубчастої циліндричної (із сектором). При зварюванні кутових швів «у човник» оптимальним кутом нахилу планшайби є кут у 45 градусів.

Горизонтальна штанга з голівкою може підніматися або опускатися на необхідну висоту за допомогою електропривода, встановленого нагорі колони. Зміна вильоту штанги виконується вручну за допомогою ланцюгової зірочки з тяговим ланцюгом.

Струмопідведення у цьому випадку здійснено за допомогою вільної петлі кабелю.

Для підвищення продуктивності компоновальна схема може містити в собі два пристрої для закріплення й обертання виробу, а можливості поворотної колони дозволяють забезпечити деяку паралельність процесу: поки на одному обертачі виконується зварювання, на другому – встановлюється черговий виріб (рис. 21).

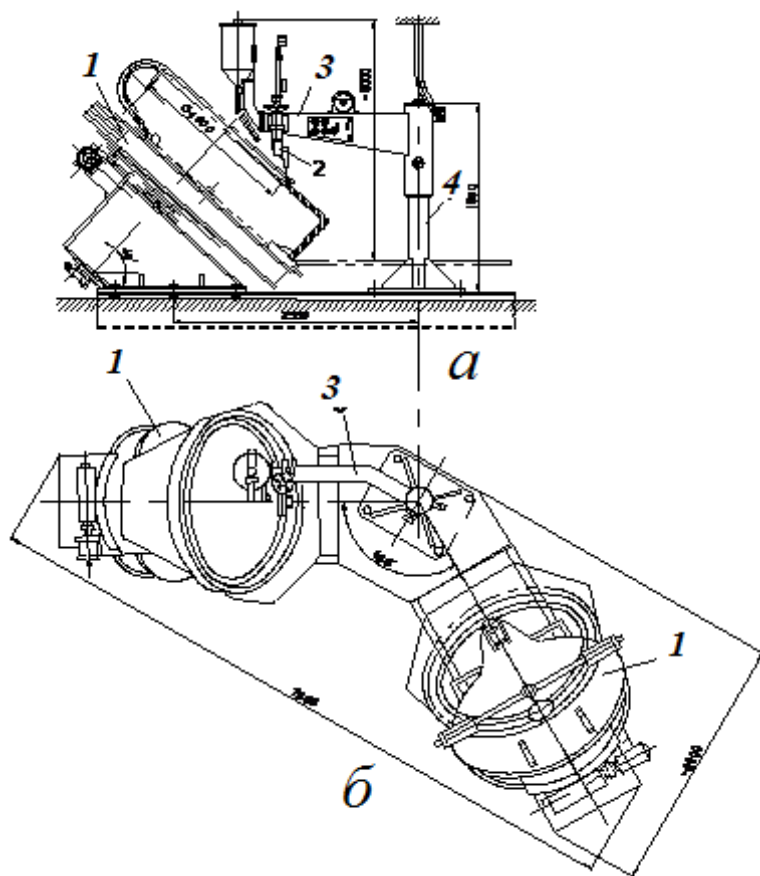


Рис. 21. Установа для зварювання кругових (кільцевих) швів, яка скомпонована за системою дубльованих робочих місць:

a – одностоякова установка;

б – двохстоякова установка;

1 – зварювальні обертачі з нахиленою віссю обертання; *2* – зварювальна голівка; *3* – консоль для закріплення зварювальної голівки; *4* – поворотна колона

Установа для автоматичного зварювання кільцевих швів.

Установа (рис. 22) призначена для зварювання кільцевих швів виробів діаметром 270 мм. Установа скомпонована з двох центрових двохстоякових обертачів, що працюють по черзі (по системі дубльованих робочих місць).

Обидва кільцевих шва виробу зварюються одночасно двома голівками, підвішеними на загальній каретці *1*. При переході зварювальника з одного робочого місця на інше обидві голівки одночасно піднімаються за допомогою важеля *2* і каретка пересувається на інше робоче місце до фіксуючого упора. Вироби подаються й убираються з установки накатом, двома паралельними потоками – по числу робочих місць. Для полегшення уста-

новки виробу в центрові шайби кожен обертач оснащений важільним пристроєм 3 з піднімальними роликками, за допомогою яких виріб легко встановлюється на лінію центрів і заправляється в передню бабку обертача. Після цього подається стиснене повітря в пневмоциліндр задньої бабки 4, і виріб фіксується в центрових шайбах.

Установка обладнана верхнім бункером флюсоапарата для безперервної подачі флюсу в зону зварювання й відсмоктування флюсу з нижнього флюсозбирального ящика, куди просипається нерозплавлений флюс.

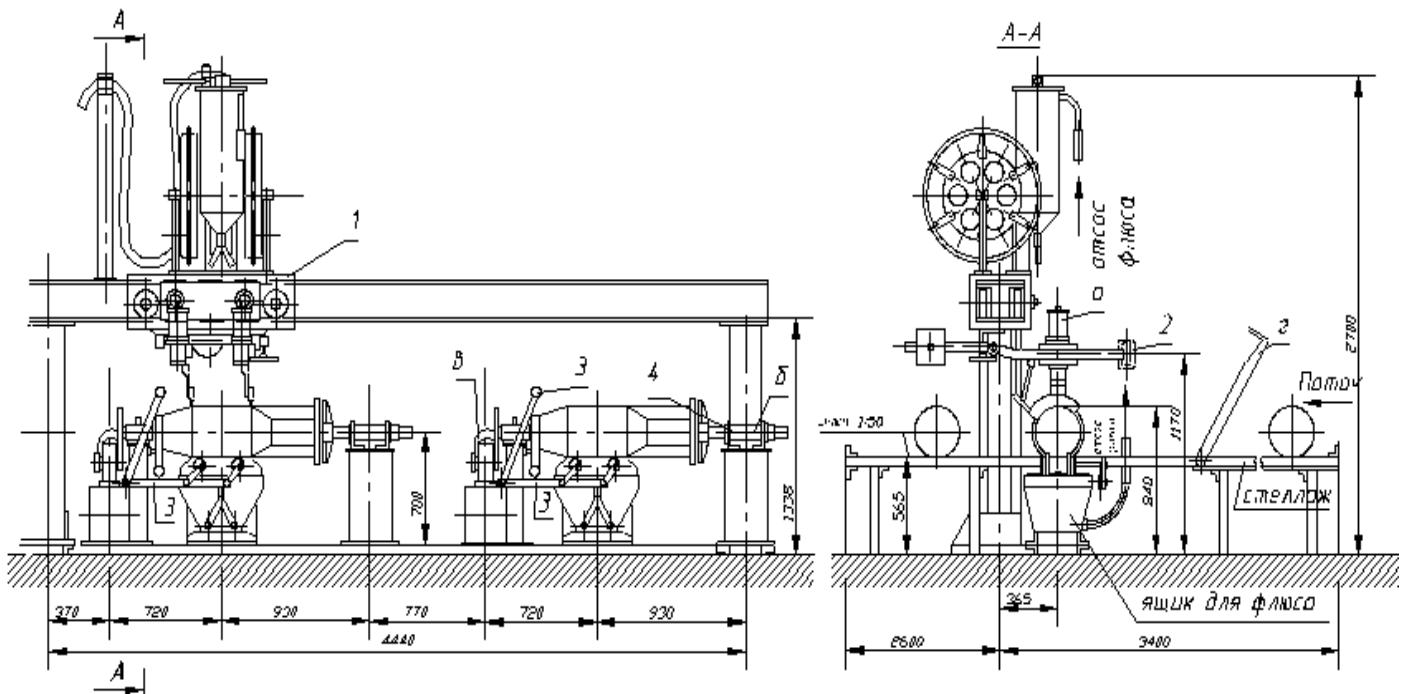


Рис. 22. Установка з двохстojковими центровими обертачами для автоматичного зварювання кільцевих швів

Лекція №8Тема №5: КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Питання лекції: Переносні апарати, установлені безпосередньо на виріб, що зварюється. Установки із самохідними візками: Установа для зварювання котлів цистерн; Установки для зварювання кільцевих і поздовжніх швів циліндричних котлів цистерн. Універсальна установка для зварювання котлів цистерн. Верстати для автоматичного зварювання: Універсальний верстат УД-123 для дугового зварювання у вуглекислому газі; Верстат СТС-2М для складання й автоматичного зварювання таврових балок.

8.1 Переносні апарати, установлені безпосередньо на виріб, що зварюється

При необхідності змінювати просторове положення балки в процесі зварювання, вона може бути розміщена на кантувачі. При такому розташуванні балки зручно виконувати зварювання швів «у човник». На рис. 1. представлений приклад такої установки. Як видно з рисунка, зварювальний трактор повинний мати можливість забезпечувати нахил електрода на кут не менш 45 градусів.

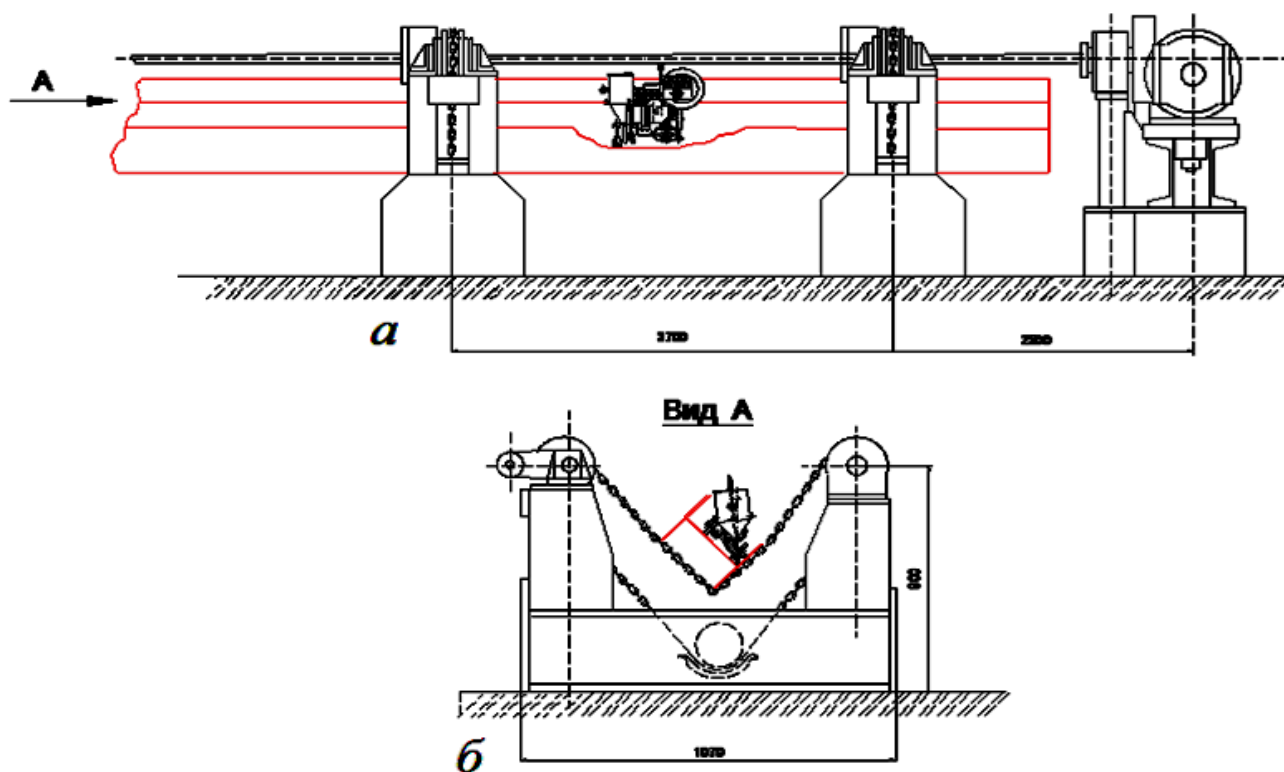


Рис. 1. Установка для зварювання поясних швів балок за допомогою зварювального трактора та кантувача:
а – вид з переду; б – вид з боку

При такому компонуванні збирання невикористаного флюсу повинно виконуватися окремим флюсовим апаратом.

В іншому випадку балка може розміщуватись на горизонтальному стелажі, а зварювання виконується нахиленим електродом (рис. 2). При такому компонуванні установка для зварювання оснащена спеціальними пересувними поворотними площадками, уста-

новлюваними по кінцях балки, що зварюється. На цих площадках зварювальний трактор переміщається від виробу до виробу і повертається навколо вертикальної осі для зміни напрямку руху.

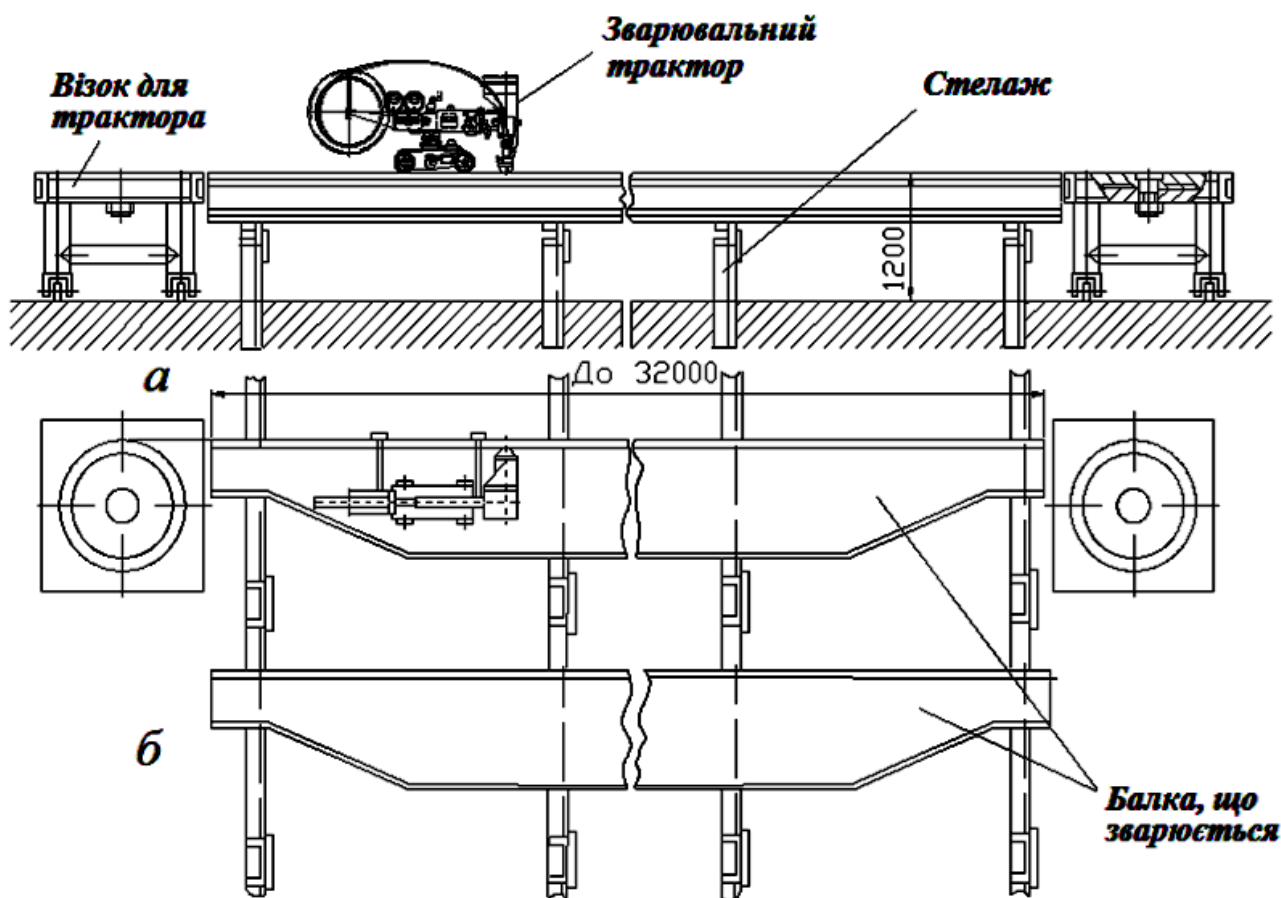


Рис. 2. Установа для автоматичного зварювання поясних швів пролітних балок електромостових кранів:
а – вид з переду; б – вид зверху

Установки цього типу досить прості, однак вони мають обмежене застосування: висота балок повинна бути більше розміру колії трактора; поверхня листа, по якому переміщається зварювальний трактор, повинна бути рівною і вільною від накладок і інших виступаючих деталей; зварювання можливе при катеті шва до 6 мм.

8.2 Установки із самохідними візками

8.2.1 Установа для зварювання котлів цистерн

Установки призначені для автоматичного зварювання поздовжніх і кільцевих швів циліндричних барабанів діаметром від 800 до 2000 мм і довжиною до 12 м. Вона складається з трьох основних елементів:

- самохідного візка глгольного (рис. 3) або велосипедного (рис. 4) типу з підвісною зварювальною голівкою;
- зварювального трактора для зварювання внутрішніх швів барабана;
- приводного роликового стану для обертання барабана при зварюванні і при кантуванні.

Самохідний візок зі зварювальною голівкою служить для зварювання зовнішніх швів барабана. На колоні візка передбачений спеціальний переставний місток з підлокітником для зварювальника.

В електроприводі роликового обертача передбачено дистанційне переключення з *робочого ходу* на *маршовий* і навпаки. Це переключення виконується електромагнітом типу КМТ, керованим кнопками з робочого місця зварювальника.

Для підвищення коефіцієнта використання автомата в цій установці можна додати другий роликовий стенд і, відповідно, подовжити рейковий шлях для самохідного візка. У цьому випадку установка буде працювати по системі дубльованих робочих місць і, отже, не буде простоювати через кранові операції.

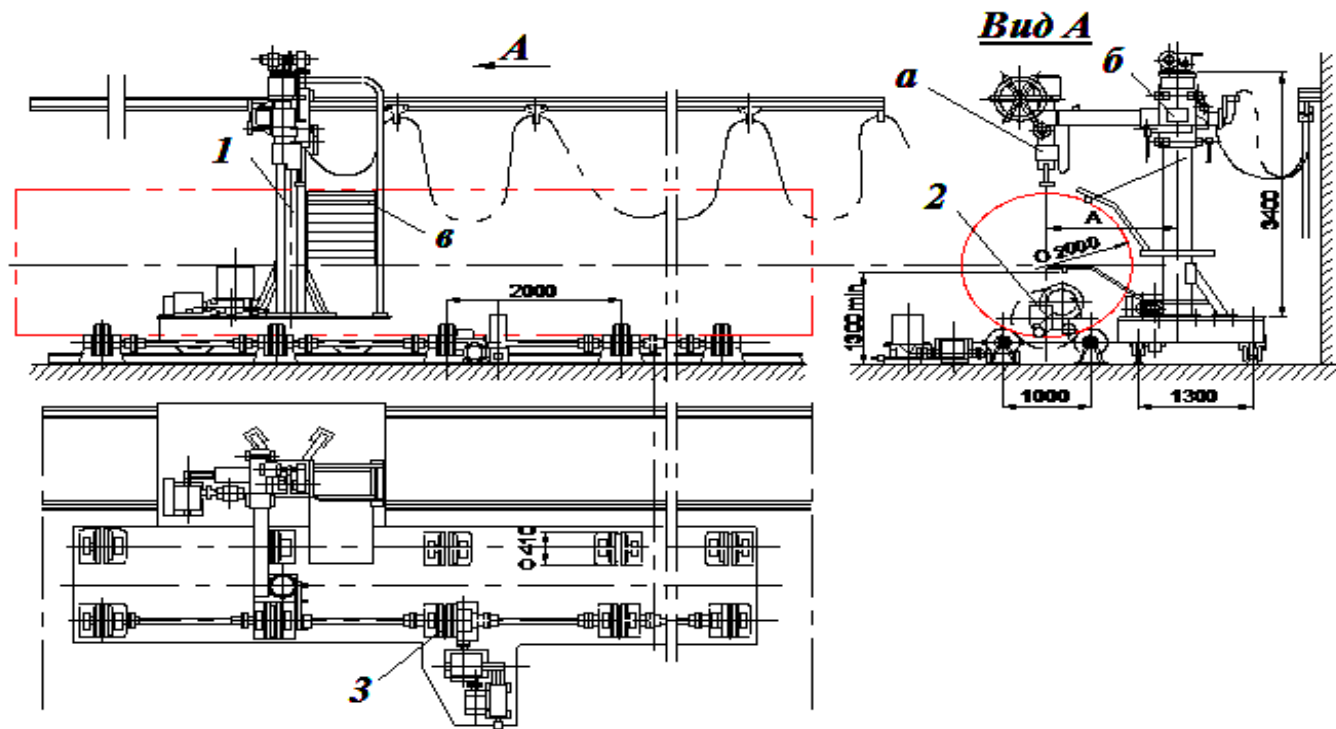


Рис. 3. Установка для зварювання котлів цистерн із самохідним візком глгольного типу:
a – зварювальна голівка; *б* – пульт керування; *в* – мостик для зварювальника. 1 – глгольний візок;
 2 – зварювальний трактор; 3 – роликовий обертач; красним кольором показано заготівки, що обробляється

Зварювання внутрішніх швів трактором мод. ТС-16 (рис. 4) можна робити лише при діаметрах від 1,2 м і вище, тому що при менших діаметрах трактор неможливо розмістити усередині котлів цистерн. У цих випадках потрібне виконання шва, що підварюють зсе-редини вручну або автоматом на зниженому режимі.

Можливо компонування установки зварювальним трактором-автоматом мод. А2 MULTITRAC А2 () (рис. 5) з блоком керування РЕІ або аналогічною моделлю, які надають можливість зварювати внутрішні шви при діаметрах від 800 мм.

При зварюванні внутрішніх кільцевих швів трактор рухається по барабану зі швидкістю, рівної окружної швидкості барабана, але спрямованої в зворотну сторону. Завдяки цьому, трактор, фактично, стоїть на місці, а барабан рухається під ним із заданою швидкістю зварювання. При цьому необхідно врахувати наступну обставину. Точна синхронізація швидкостей трактора і роликового стенда можлива лише при дуже складному електричному зв'язку між ними, що звичайно уникають робити. Тому приходиться рахуватись з фактом, що трактор і стенд будуть мати під час зварювання неоднакову швидкість і, отже, трактор буде або відставати, або забігати вперед. Набагато краще, якщо трактор має тенденцію відставати, тому що це відставання легко компенсувати періодичними зупинками роликового стенда, не припиняючи руху трактора і не порушуючи процесу зварювання. Якщо ж трактор забігає вперед, то його необхідно час від часу зупинити, тобто переривати зварювання, що шкідливо відбивається як на якості шва, так і на продуктив-

ності установки. Отже, при підборі робочих швидкостей для трактора і роликового стенда варто призначати для трактора швидкість трохи меншу, ніж для роликового стенда. На тракторі мод. ТС-16 та ТС-17 (рис. 4) передбачені додаткові кнопки для керування роликовим стендом.



Рис. 4. Зварювальний трактор мод. ТС-16



Рис. 5. Зварювальний трактор-автомат мод. А2 MULTITRAC А2 з блоком керування РЕІ

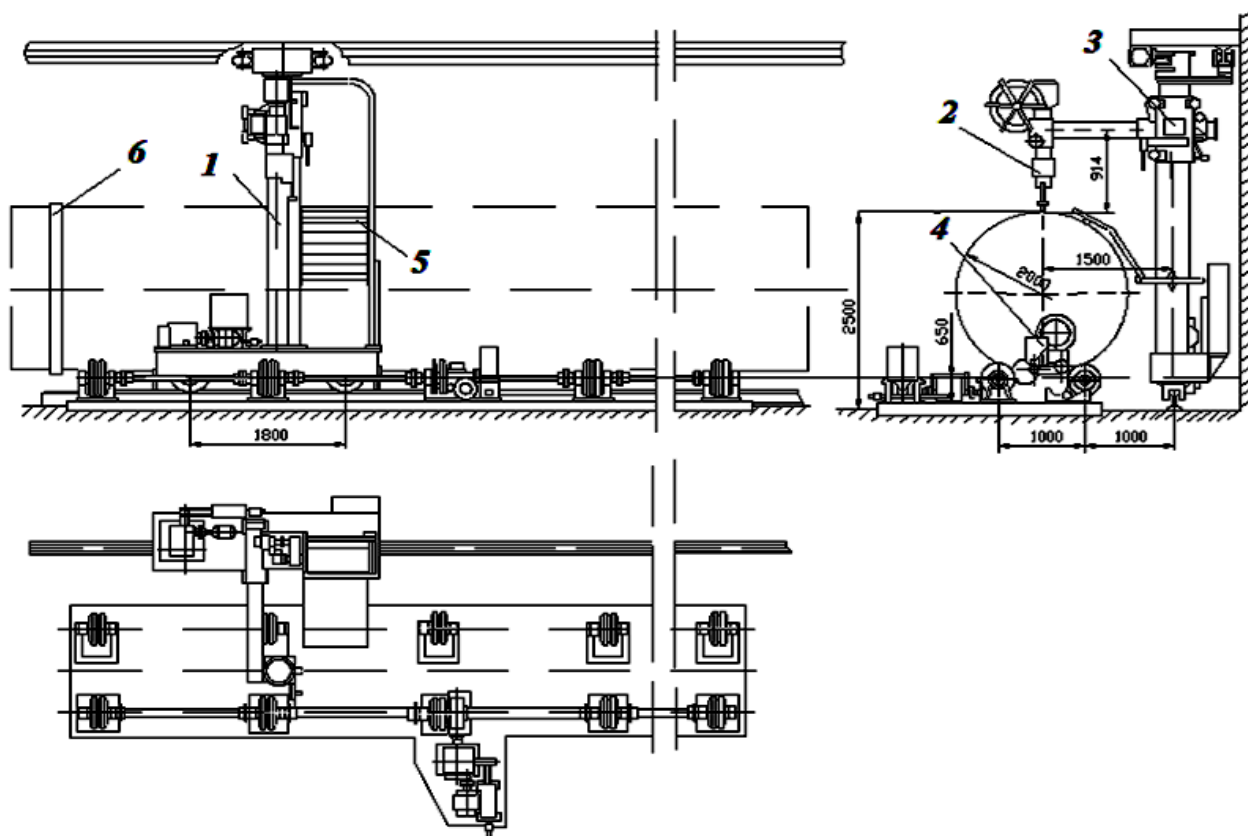


Рис. 6. Установка для зварювання котлів цистерн із візком велосипедного типу:

1 – велосипедний візок; 2 – зварювальна голівка; 3 – пульт керування; 4 – зварювальний трактор;
5 – місток для зварювальника; 6 – виріб

Установка, яка зображена на рис. 6. аналогічна описаній вище, але замість візка гнучкого типу застосований візок велосипедного типу, що дає відомі переваги з погляду зменшення габаритів установки й економії виробничих площ. Застосування таких самохідних велосипедних візків може бути рекомендовано лише в тих цехах, де є досить міцні стіни або колони (зокрема, залізобетонні), до яких можна кріпити верхній шлях для велосипедного візка, не побоюючись тремтіння голівки при проході мостового крана.

Роликовий стенд описуваної установки має два ряди роликів – один ведучий, а інший – холостий. Ведучі ролики, як і в попередньому прикладі, насаджені на загальний приводний вал і оснащені гумовими грузошинами для збільшення сили зчеплення їх з барабаном, що обертається. Холості ж ролики, на відміну від попередньої установки, зроблені перекидними, що дає можливість швидко і легко змінити відстань між рядами роликів з 1000 мм на 600 мм і навпаки. Завдяки цьому, на даній установці можна зварювати барабани і труби з дуже широким діапазоном діаметрів: від 300 мм, при відстані між осями роликів 600 мм і до 2000 мм, при відстані 1000 мм.

Компонування установки із порталним візком виконано за аналогічною схемою (рис. 7). В цій установці використовується роликовий обертач із пересувними роликами, відстань між якими може змінюватись за допомогою ходового гвинта. Таким чином, при зміні відстані між роликами, поздовжня вісь виробу не змінює свого положення. На установці можна зварювати кільцеві і поздовжні шви.

При виготовленні котлів цистерн дуже важливою технологічною операцією є зварювання корпусу з днищем. Як правило, такі шви є замикаючими і доступ до місця зварювання з внутрішньої сторони буває утруднений. Для зварювання такого замикаючого шва застосовується установка, представлена на рис. 8.

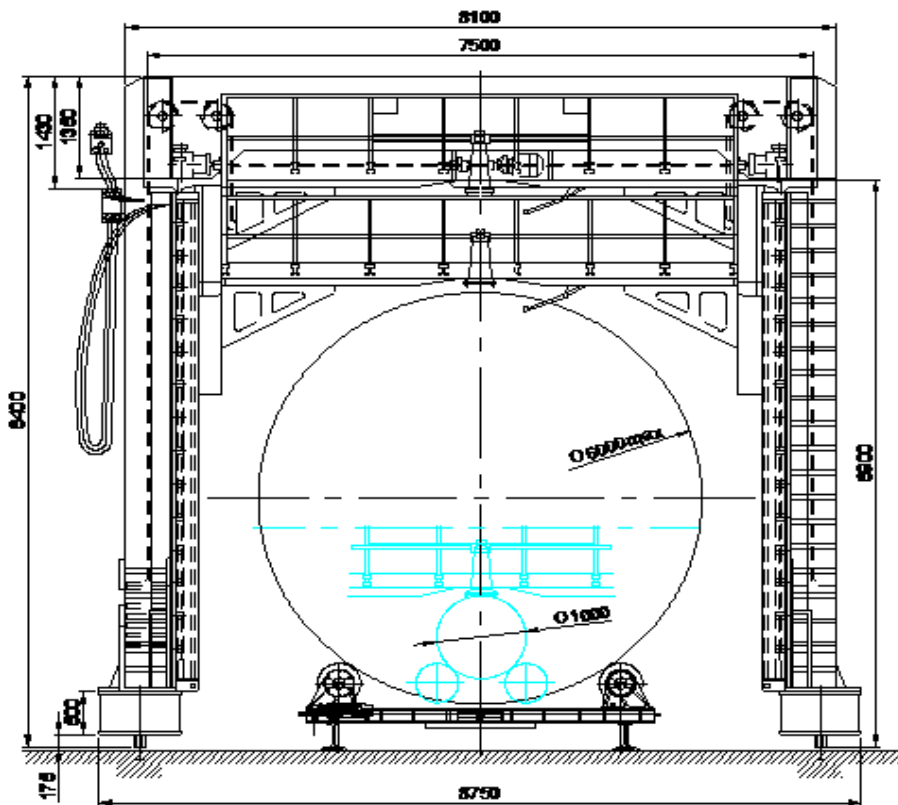


Рис. 7. Установка із порталним візком для зварювання циліндричних виробів: зеленим кольором показано розташування зварювального трактора

Установка зкомпонована з роликового стенда 1 і візка 13, на рамі якого закріплений флюсоапарат 11 і колона 12. На колоні з можливістю вертикального переміщення від приводу 8 змонтована каретка з консоллю 7 і механізмом 10, що подає.

З рамою візка 13 з'єднаний слідкуючий механізм, який складається зі штанги 14, захвату 16, світлового тубуса 2 і гвинтової пари з маховичком 15. Зварювальний дріт подається механізмом у зону зварювання через гнучкий шланг. Зворотна сторона шва формується дисковою флюсовою подушкою 6.

До початку роботи установки візок знаходиться в крайньому правому положенні, флюсова подушка – в нижньому, а хобот – у вертикальному положенні.

Установка працює наступним чином. Мостовим краном складений корпус укладають на роликовий обертач 1 так, щоб стик, що зварюється, розташувався над флюсо-

вою подушкою. Хобот повертають у горизонтальне положення. Вмиканням приводу 8 опускають або піднімають консоль так, щоб хобот розташувався перед центральним отвором у днищі. Після цього візок переміщують вліво і хобот із бункером вводять усередину корпусу. Далі вмиканням приводу в зворотному напрямку хобот повертають у вертикальне положення, по світловій плямі від світлового тубуса регулюють положення зварювального мундштука і фіксують його положення, стискаючи захватом рейки. Флюсову подушку піднімають до зіткнення з обичайкою, подають із бункера флюс і зварюють шов. У процесі зварювання необхідно стежити, щоб положення світлової плями від тубуса завжди збігалось зі стиком, тому що світловий тубус через штангу жорстко зв'язаний із консоллю і зварювальним мундштуком. При відхиленні стику від світлової плями в ту або іншу сторону необхідно обертанням маховичка перемістити візок відносно захвата у ту ж сторону.

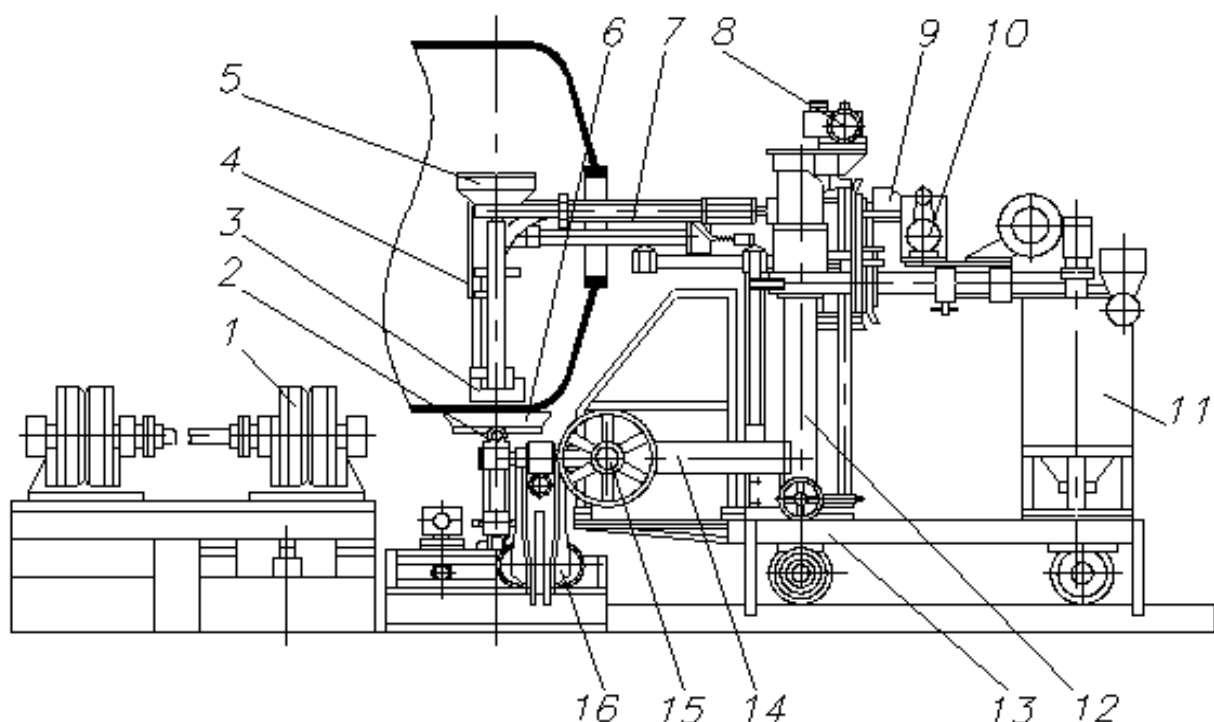


Рис. 8. Установа для зварювання внутрішнього кільцевого шва замикаючого днища:

1 – роликівий обертач; 2 – тубус; 3 – воронка; 4 – хобот; 5 – бункер; 6 – подушка; 7 – консоль;
8 – електродвигун приводу; 9 – привод; 10 – подаючий механізм; 11 – флюсоапарат; 12 – колона;
13 – візок; 14 – шланги; 15 – маховик; 16 – захвати

Після зварювання всі механізми повертають у вихідне положення, а зварений корпус мостовим краном знімають із роликівого стенда.

8.2.2 Установки для зварювання кільцевих і поздовжніх швів циліндричних котлів цистерн

Ці установки аналогічні установкам для зварювання одних тільки кільцевих швів. Вони відрізняються конструкцією пристрою для кріплення і переміщення зварювальних апаратів. У установках для зварювання кільцевих і поздовжніх швів застосовуються **велосипедні, глгольні і порталні візки**, оснащені приводом для переміщення їх із робочою швидкістю автоматичного зварювання.

При зварюванні поздовжніх швів невеликої довжини (2...2,5 м) самохідні візки можуть не мати зварювальної швидкості. Зварювання поздовжніх швів при цьому здійснюється зварювальним трактором, що переміщається по напрямним, укріпленим на балконі

візка. У випадку застосування поворотних колон, їхня конструкція передбачає пересування зварювального автомата по консоли.

На рис. 9. зображена установка для автоматичного зварювання внутрішніх і зовнішніх кільцевих швів корпусів нафтоапаратури діаметром 800...4000 мм і для зварювання зовнішніх поздовжніх швів котлів цистерн довжиною до 2000 мм. Установка зкомпонована з велосипедного візка з піднімальним балконом і зварювальним трактором для зовнішніх швів, роликового обертача (стенда), зварювального трактора для внутрішніх швів і пере-сувної пневматичної флюсової подушки. Відмінною рисою даної установки є можливість зварювання на ній котлів цистерн із привареними штуцерами, люками й іншими виступаючими деталями, що обумовлено прийнятою конструкцією роликового стенда.

Роликовий стенд складається з однієї стаціонарної приводної роликоопори і ряду пересувних холостих роликоопор, що переміщуються по двох рейках, покладених на фундаменті. Число холостих роликоопор приймається в залежності від довжини котлів цистерн, що зварюється, та її маси, причому роликоопори можуть бути встановлені в тих місцях котлів цистерн, де відсутні штуцери, люки й інші виступаючі деталі. Для збільшення сили зчеплення із поверхнею зварюваної котлів цистерн, ролики оснащені гумовими бандажами.

Зварювання внутрішніх кільцевих швів виконується зварювальним трактором на пересувній флюсовій подушці.

Ці установки також можуть бути скомпоновані з типового механічного устаткування.

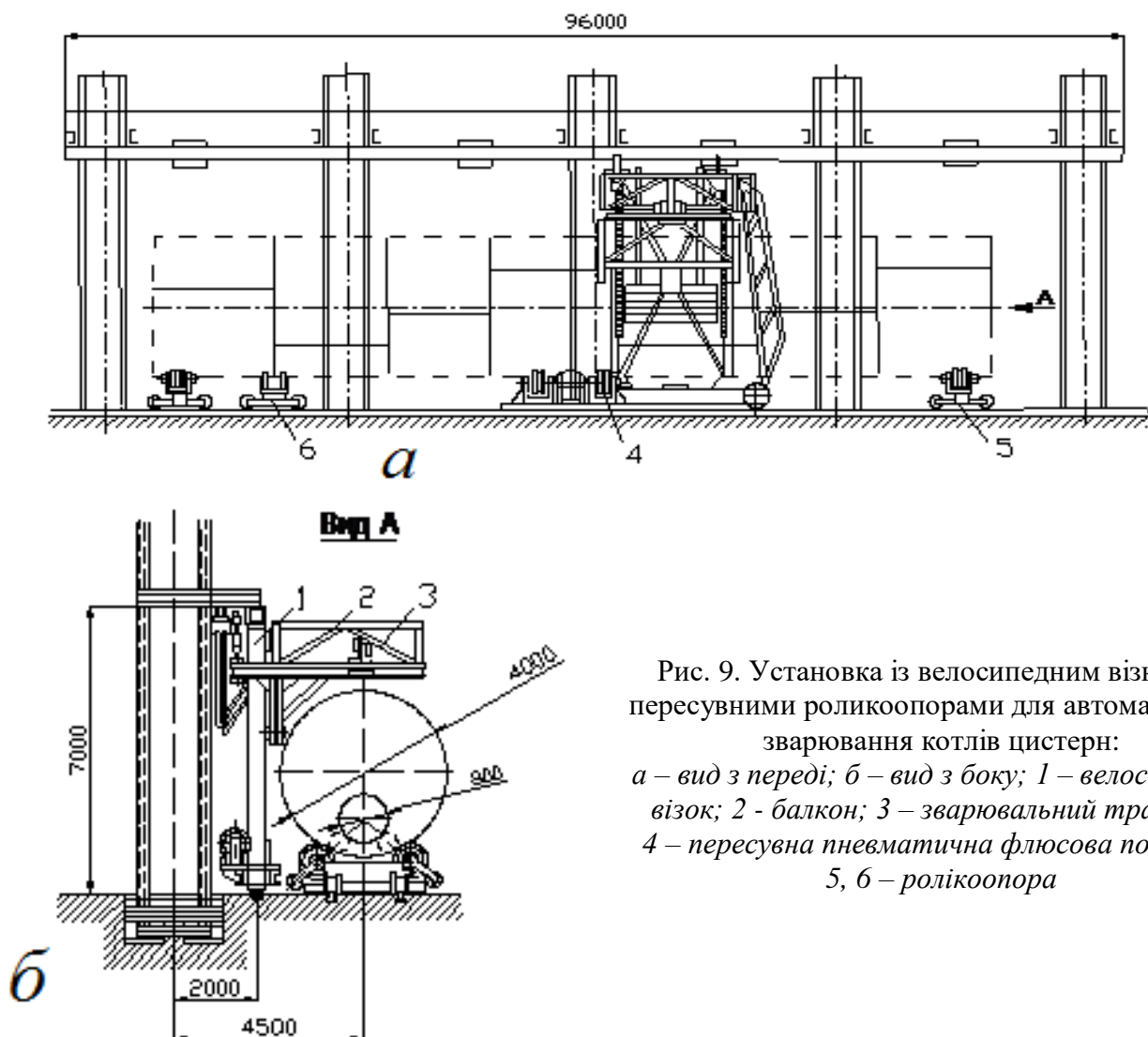


Рис. 9. Установка із велосипедним візком та пересувними роликоопорами для автоматичного зварювання котлів цистерн:

a – вид з переді; *б* – вид з боку; 1 – велосипедний візок; 2 – балкон; 3 – зварювальний трактор; 4 – пересувна пневматична флюсова подушка; 5, 6 – роликоопора

Розглянемо іншу установку (див. рис. 9) для зварювання зовнішніх швів залізничних цистерн.

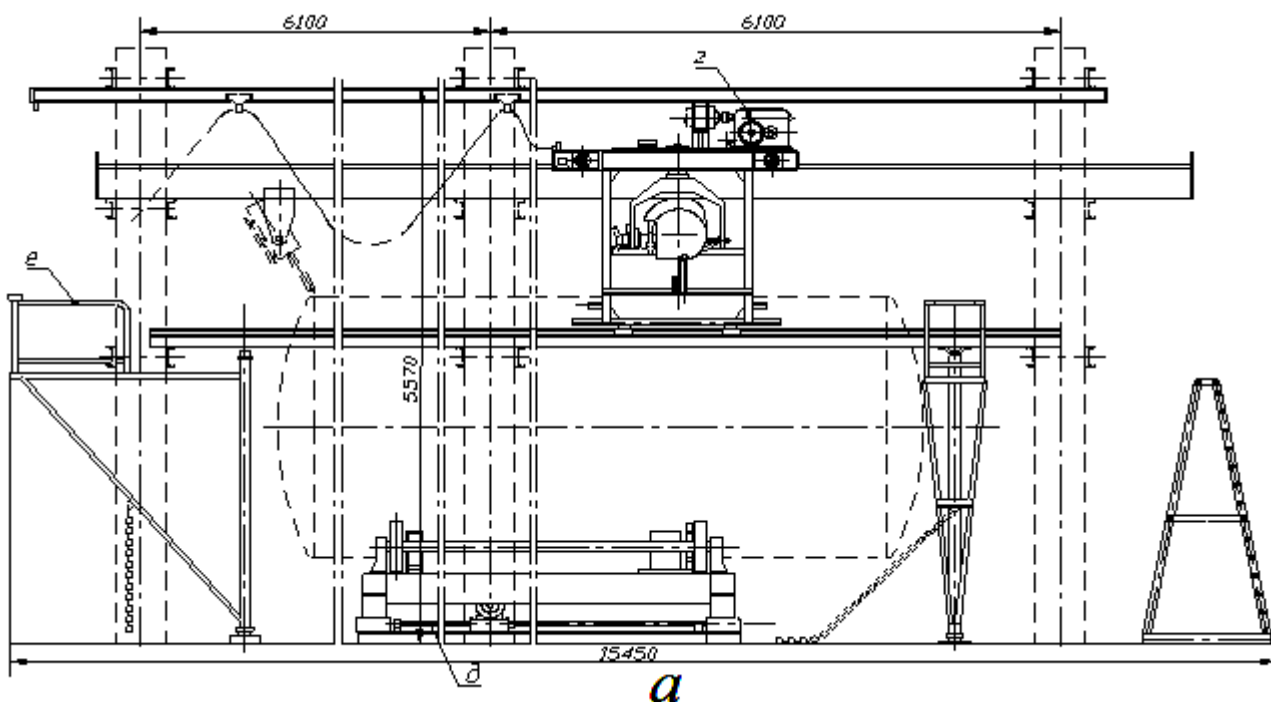
Установка (див. рис. 9, а і б) призначена для зварювання всіх зовнішніх швів цистерни, тобто поздовжніх швів циліндричної частини і двох кругових швів, що з'єднують днище з циліндричною частиною.

Установка складається із самохідного велосипедного візка зі зварювальним автоматом і піднімальним роликівим стендом. Всі шви зварюються із зовнішньої сторони, тому в роликівому стенді відсутня флюсоподушка, а привод для обертання роликів має не тільки маршову (настановну) швидкість, але і робочу швидкість для зварювання кільцевих швів. В електроприводі візка також передбачено переключення з робочого ходу на маршовий і навпаки. Компонувальна схема і робота установки ясні з рисунка і додаткових пояснень не потребують.

8.2.3 Універсальна установка для зварювання котлів цистерн

Установка (рис. 10) призначена для автоматичного зварювання внутрішніх і зовнішніх поздовжніх і кільцевих швів барабанів завтовшки 10...20 мм, діаметром від 1000 до 3500 мм і довжиною до 20000 мм за допомогою зварювальних тракторів типу ТС-17. Барабани складаються з окремих обичайок довжиною 1500...2000 мм, на спеціалізованому робочому місці (поза установкою), після чого в складеному на прихватках вигляді подаються на установку цеховим краном.

Спочатку виконується зварювання усіх швів зсередини, причому поздовжні шви зварюються на флюсовій подушці, а кільцеві – на дисковій або на ковзній флюсовій подушці. Після зварювання внутрішніх швів зварюються усі шви зовні без усяких ущільнюючих пристроїв.



Установка обладнана роликівим стендом і велосипедним візком, на якому змонтована піднімальна площадка для зварювальника і трактора. Довжина площадки (уздовж осі стенда) розрахована на зварювання трактором поздовжнього шва однієї обичайки при нерухомому велосипедному візку. Останній має електропривод тільки для маршового пересування від однієї обичайки до іншої, або для розташування в тупику під час укла-

дання і знімання виробу краном. Площадка встановлюється на необхідну висоту за допомогою піднімального механізму з електроприводом. У підлозі площадки, уздовж осі стенда, виконано наскрізний проріз для зварювального трактора, що рухається безпосередньо по виробу.

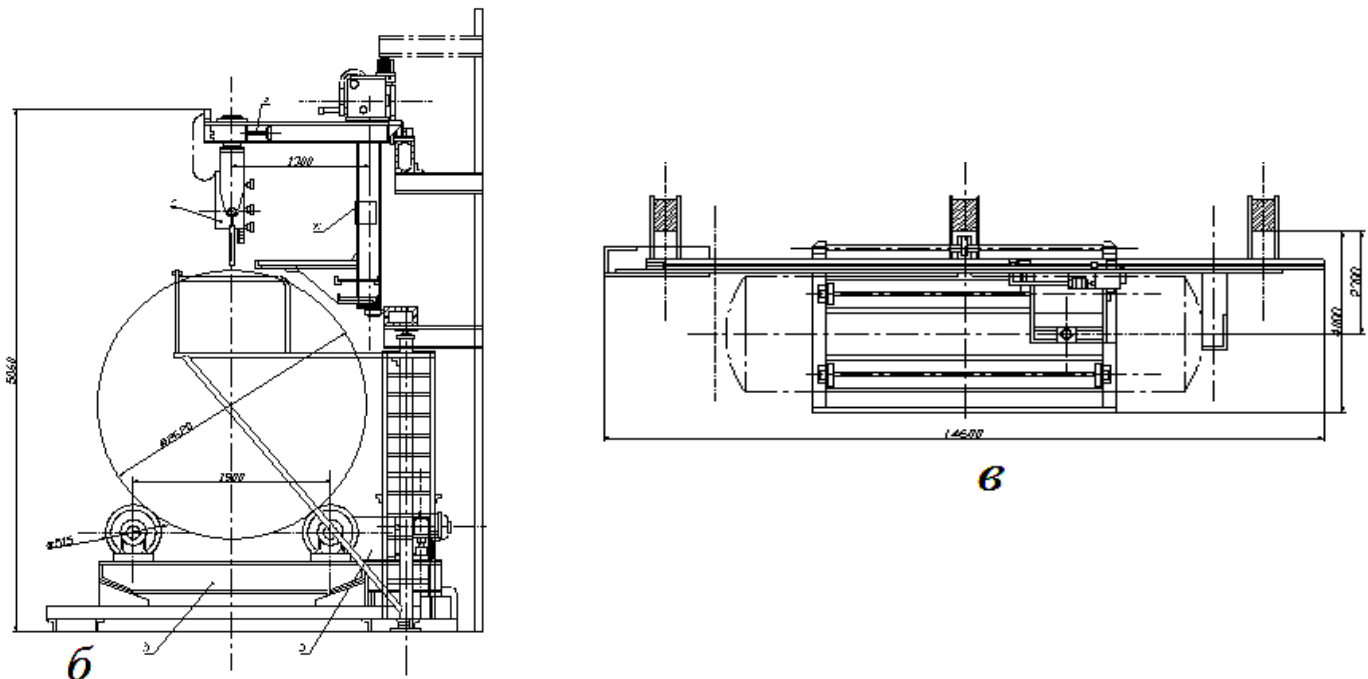
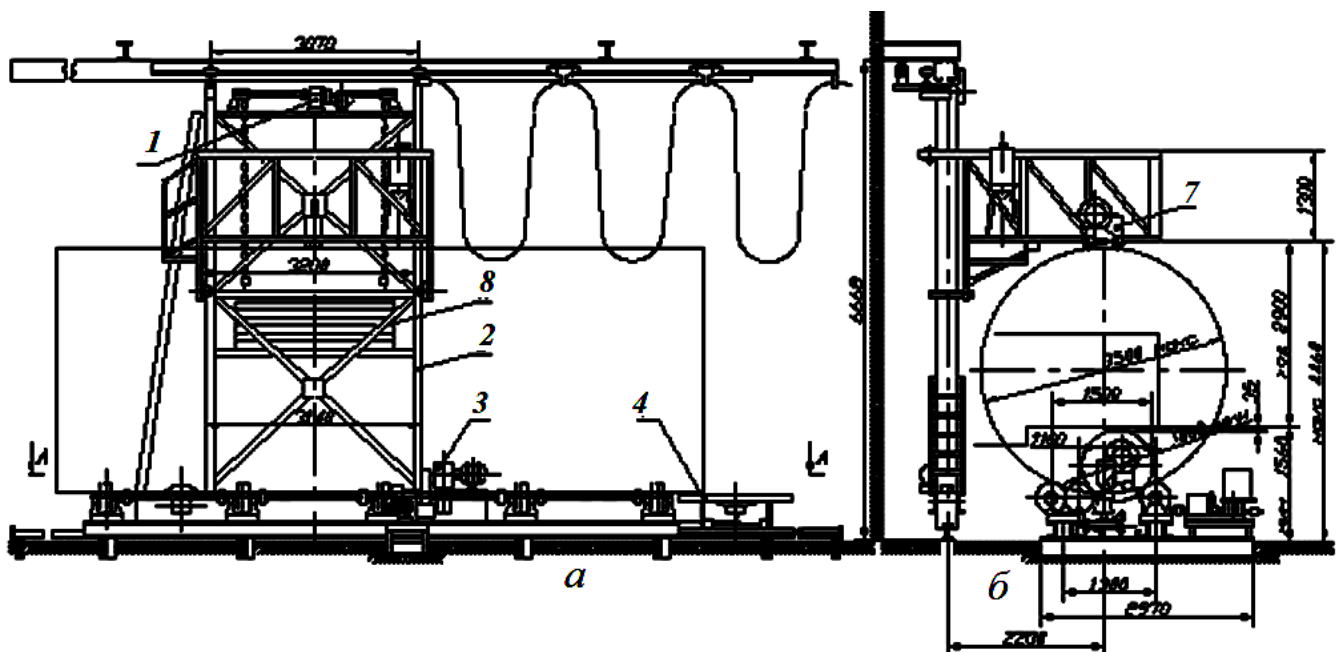


Рис. 10. Установа для зварювання зовнішніх швів залізничних цистерн:
а – (вид спереду); *б* – вид з боку; *в* – план зварювальної установки

Характерною рисою даної установки є те, що велосипедний візок не має робочої зварювальної швидкості і під час зварювання стоїть нерухомо, а трактор рухається по виробу. При досить громіздких розмірах велосипедного візка, неминучих при великому діаметрі виробу, дуже важко забезпечити плавний рух візка та відсутність тремтіння підвішеної до неї голівки під час зварювання поздовжніх швів. Трактори позбавлені цих недоліків, і в цьому їхня перевага перед громіздкими самохідними візками.

Інша конструкція установки (рис. 11) виконана по той же схемі але має іншу компоновку.



Від А

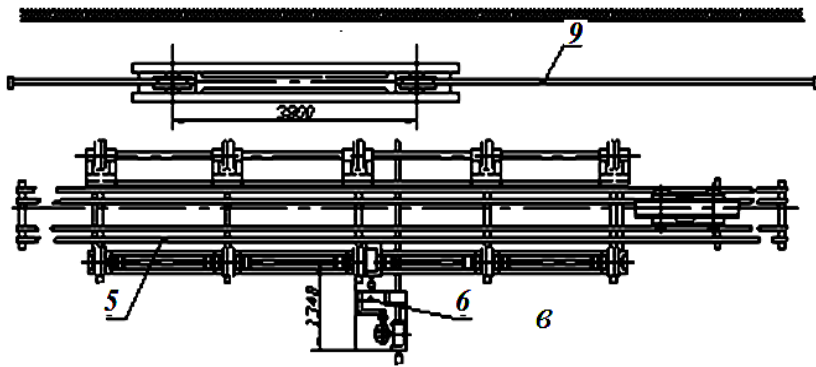


Рис. 11. Установка для автоматичного зварювання поздовжніх і кільцевих швів котлів цистерн зварювальним трактором:
 а – (вид спереду); б – вид з боку;
 в – план зварювальної установки

Друга їхня перевага полягає в тому, що при зварюванні барабанів неправильної форми (овальних, конічних, сигароподібних і т. ін.), зварювальний трактор при зварюванні спирається безпосередньо на барабан і, отже, копіює всі його рухи. Особливо вдало це питання вирішується в тому випадку, коли шви мають оброблення, по яких трактор рухається, як по напрямній рейці, точно копіюючи усі відхилення шва.

Недоліком застосування трактора є відсутність ємного флюсоапарата на ньому і необхідність переміщення його вручну від шва до шва.

При зварюванні зовнішніх кільцевих швів барабана ведучі бігунки трактора відключаються від приводу і шасі його приєднується до площадки горизонтальною шарнірною тягою. Ця тяга утримує трактор на місці, не обмежуючи, однак, його рухів під час обертання барабана.

Розглянемо конструкцію сучасного універсального стенду складання та зварювання котлів залізничних цистерн (рис. 12). Який складається з роликів опір 1 для поздовжнього переміщення з маршовою швидкістю обичайок, напів котлів та котла цистерни. Крім того на ньому паралельно роликів опорам 1 встановлені роликові опори обертання 2, що виконують функцію обертання напів котлів зі швидкістю зварювання. Для центрування першої обичайки з днищем, першого напів котла з другою обичайкою та другого напів котла з іншим, встановлено центратор зовнішній 5 та механізми затискання 3. Для виконання внутрішнього зварного шва між обичайками та днищем використовують дієслівний візок 6 з установкою для зварювання внутрішнього шва 9. Для запобігання виливання розплаву з зварювальної ванни внутрішнього шва існує підйомна флюсова подушка 4. Для виконання зовнішніх швів (прихваток) використовують велосипедний візок 7 зі зварювальним напівавтоматом, на якому зварювальник виконує переривчастий зварний шов. Для виконання суцільних зовнішніх швів між обичайками та днищами використовують установку зі зварювальним трактором, що встановлені також на велосипедному візку 7. Крім того існує другий велосипедний візок 8, на якому встановлено пульт керування електроустаткуванням для керівництва технологічним процесом збирання та зварювання котла цистерни і системи контролю якості виконання зварного шва.

Розглянемо технологію складання та зварювання (рис. 13-30) котла залізничної цистерни на універсальному стенді складання та зварювання (див. рис. 12).

На рис. 13 представлено зовнішній вигляд універсального стенду складання та зварювання котлів до початку виконання технологічного процесу по зварюванню котла цистерни.

На рис. 14 представлено процес встановлення першої обичайки та днища на стенд, при цьому всі візки відведені у крайні положення. Роликові опори 2 опущені а встановлення відбувається на роликові опри 1.

На рис. 15 представлено процес поєднання першої обичайки з днищем, центруван-

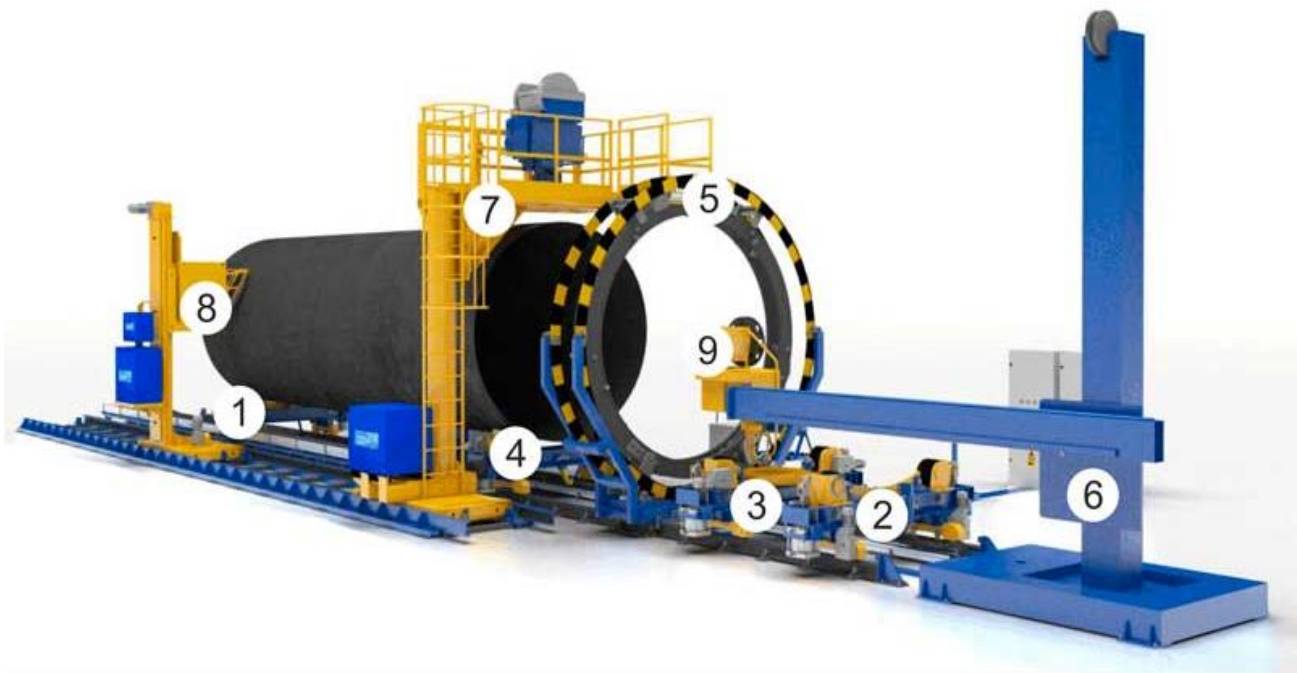


Рис. 12. Універсальний стенд складання та зварювання котлів залізничних цистерн:
1 – роликові опори поздовжнього переміщення; 2 – роликові опори обертання; 3 – механізми затискання; 4 – підйомна флюсова подушка; 5 – центратор; 6 – дієслівний візок механізований зі зварювальною голівкою; 7 – велосипедний візок зі зварювальним трактором та напіваавтоматом; 8 – велосипедний візок з пультом керування та кафом електроустаткування і системою контролю якості зварних швів; 9 – установка для зварювання внутрішнього шва

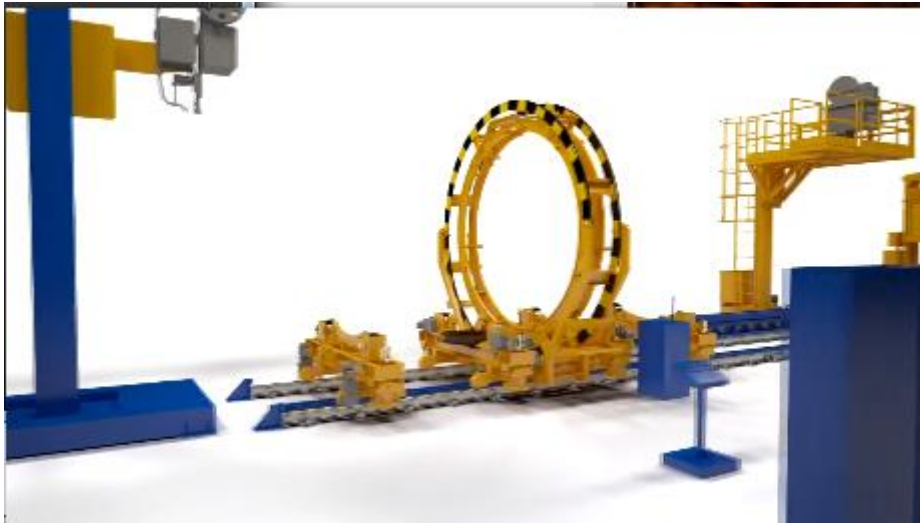
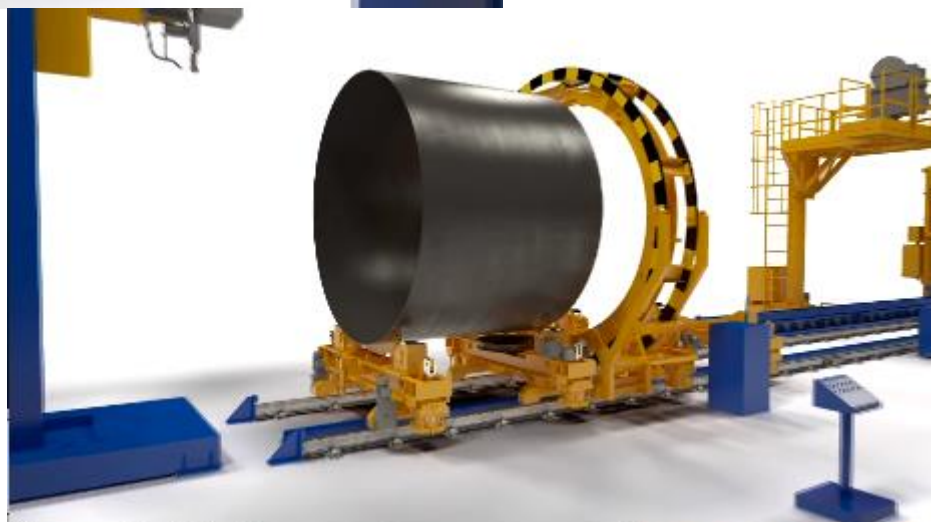


Рис. 13. Вигляд універсального стенду складання та зварювання котлів до початку виконання технологічного процесу

Рис. 14. Встановлення першої обичайки на стенд



На рис. 16 представлено пересування велосипедного візка в крайнє ліве положення. Після чого зварювальник виконує переривчастий зварний шов (прихватки) за допомогою напівавтомата у ручному режимі з обертанням першого котла цистерни на відповідний кут після виконання кожного прихвачування. Прихватка виконується на протязі 20 мм з інтерва-лом 1 м у середовище CO₂.



Рис. 16. Виконання зварювальником з велосипедного візка прихваток для поєднання обичайки з першим днищем з фіксованим обертанням котла



Рис. 15. Поєднання обичайки з першим днищем та їх центрування відносно одна одної на стенді за допомогою центратора

На рис. 17 представлено пересування першого котла цистерни в крайнє ліве положення з підтисканням зварного шва флюсовою подушкою.

На рис. 18 у середину першого котла цистерни вводиться дієслівний візок зі зварювальною голівкою. Після чого виконується внутрішній суцільний зварний шов, що поєднує обичайку з днищем. Зварювання виконується під захистом інертних газів зварювальною голівкою на флюсовій подушці при постійному обертанні першого котла зі зварювальною швидкістю.



Рис. 17. Пересування першого котла в крайнє ліве положення з підтисканням зварного ш

Рис. 18. Виконання внутрішнього зварного шва за допомогою дієслівного візка зі зварювальною голівкою на флюсовій подушці при постійному обертанні першого котла зі зварювальною швидкістю



На рис. 19 показано переустановлення першого котла в праве положення відносно центратора. Додавання на стінд другої обичайки, її процес поєднання другої обичайки з першим котлом, центрування місця стикування та затиск всієї конструкції.

На рис. 20 показано пересування велосипедного візка в крайнє ліве положення. Після чого зварювальник виконує другий переривчастий зварний шов (прихватки) за допомогою напівавтомата у ручному режимі в середовищі CO_2 з обертанням другого котла цистерни на відповідний кут після виконання кожного прихватування. Прихватка виконується на протязі 20 мм з інтервалом 1 м.



Рис. 19. Переустановлення котла та поєднання його з другою обичайкою центруванням у центраторі

Рис. 20. Виконання зварювальником з велосипедного візка прихваток для поєднання другої обичайки з котлом обертаючі всю конструкцію



На рис. 21 представлено пересування другого котла цистерни в крайнє ліве положення з підтисканням зварного шва флюсовою подушкою.

На рис. 22 – у всередину другого котла цистерни вводиться дієслівний візок зі зварювальною голівкою. Після чого виконується внутрішній суцільний зварний шов, що поєд-

нує другу обичайку з першим котлом. Зварювання виконується під захистом активних газів (CO_2) зварювальною голівкою на флюсовій подушці при постійному обертанні другого котла зі зварювальною швидкістю.



Рис. 21. Пересування другого котла в крайнє ліве положення з підтисканням зварного шва флюсовою подушкою

Рис. 22. Виконання другого внутрішнього зварного шва за допомогою дієслівного візка зі зварювальною голівкою на флюсовій подушці при постійному обертанні другого котла зі зварювальною швидкістю



На рис. 23 – зняття другого котла зі універсального стенду на проміжне зберігання та повторення технологічного процесу виготовлення першого та другого котла.

На рис. 24 – встановлення двох других котлів на універсальний стенд та їх центрування в центраторі з затиском всієї конструкції.



Рис. 23. Зняття другого котла з універсального стенду на проміжне зберігання та повторення технологічного процесу виготовлення першого та другого котла

На рис. 25 – пересування велосипедного візка в крайнє ліве положення. Після чого зварювальником з велосипедного візка виконується процес виготовлення прихваток напівавтоматом у середовищі CO_2 для поєднання двох других котлів у єдине ціле (котел цистерни) з фіксованим обертанням на відповідний кут після виконання кожного прих-

Рис. 24. Встановлення двох
других котлів та їх центрування в
центраторі

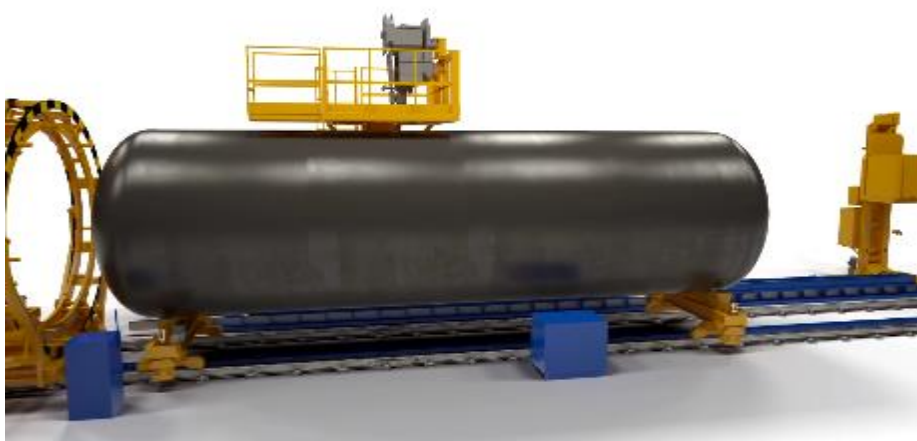


На рис. 26 – переустановлення котла цистерни в крайнє праве положення на універсальному стенді та пересування велосипедного візка у крайнє ліве положення.



Рис. 25. Виконання
зварювальником з
велосипедного візка прихваток
для поєднання двох других
котлів у єдине ціле з
фіксованим обертанням

Рис. 26. Переустановлення котла
цистерни в крайнє праве
положення



На рис. 27 – виконання першого зовнішнього зварного шва зварним трактором під флюсом з велосипедного візка при постійному обертанні котла цистерни зі зварювальною швидкістю.

На рис. 28 – переустановлення велосипедного візка до другого зварного шва. Після чого відбувається виконання другого зварного шва під флюсом при постійному обертанні котла цистерни зі зварювальною швидкістю. Виконання інших трьох зварних швів виконується в тій же послідовності та умовах.



Рис. 27. Виконання першого зовнішнього зварного шва зварним трактором під флюсом з велосипедного візка при постійному обертанні котла цистерни зі зварювальною швидкістю

Рис. 28. Переустановка велосипедного візка та виконання другого зварного шва при постійному обертанні котла цистерни зі зварювальною швидкістю. Виконання інших зварних швів в тій же послідовності та умовах



На рис. 29 – проводиться контроль якості виконання зварних швів з другого велосипедного візка.

На рис. 30 – зняття готового котла цистерни зі стану та повторення циклу технологічного процесу по виготовленню наступної цистерни.



Рис. 29. Контроль якості виконання зварних швів з другого велосипедного візка

Рис. 30. Зняття котла цистерни зі стану та повторення циклу технологічного процесу по виготовленню наступної цистерни



8.3 Верстати для автоматичного зварювання

Установки для автоматичного зварювання, у яких технологічне устаткування, що виконує різні операції, розташовується на загальній станині, називаються **верстатами для автоматичного зварювання**. У складально-зварювальних верстатах механізовані й автоматизовані як основні (складання і зварювання), так і допоміжні (завантаження й встановлення виробу, підведення і відвід електрода, зняття звареного виробу й ін.) операції. Верстати-автомати можна вбудовувати в автоматичні лінії.

8.3.1 Універсальний верстат УД 123 для дугового зварювання у вуглекислому газі

Верстат призначений для дугового зварювання у вуглекислому газі кільцевих або поздовжніх швів циліндричних виробів з горизонтальною віссю обертання однією або двома зварювальними голівками. При використанні додаткових пристосувань, якими може бути укомплектований верстат, мається можливість зварювання кільцевих швів циліндричних виробів з вертикальною віссю обертання і виробів не круглої форми з поздовжніми швами (типу корпусних виробів).

Верстат (рис. 31) складається з власне верстата, шафи керування, двох зварювальних випрямлячів мод. ВДУ-504 і комплекту зварювальних проводів і кабелів керування, що зв'язують між собою верстат, шафу керування і зварювальні випрямлячі. Усі механізми і пристрої за винятком шафи керування і зварювальних випрямлячів змонтовані на загальній станині. Шафа керування і зварювальні випрямлячі встановлюються в зручному для обслуговування місці.

Виріб з горизонтальною віссю обертання закріплюється в патроні, встановленому на обертачі, і при необхідності, підтискається задньою бабкою. При зварюванні нежорстких виробів на напрямних може встановлюватися люнет. При зварюванні виробів з вертикальною віссю обертання на напрямних встановлюється додатковий обертач, вхідний вал якого закріплюється в патроні горизонтального обертача. Виріб, що підлягає зварюванню, закріплюється на оправці, встановленій на додатковому обертачі. Вироби не круглої форми з поздовжніми швами встановлюються на столі, що прикріплюється до станини. Режим зварювання встановлюється за допомогою коробки швидкостей, через яке передається обертання від двигуна до виробу, що зварюється, (при зварюванні кільцевих швів) і здійснюється поздовжнє переміщення зварювальних голівок (при зварюванні поздовжніх швів).

Зварювальні голівки мають індивідуальний привід маршового переміщення для настановного переміщення голівок до місця зварювання.

8.3.2 Верстат СТС-2М для складання й автоматичного зварювання таврових балок

Верстат призначений для механізованого складання й автоматичного зварювання під флюсом прямих і криволінійних балок таврового перетину зі стінками постійної і перемінної висоти. Верстат використовується для виготовлення деталей корпусу судна - стрингерів, карлінгсів, рамних шпангоутів, бімсів і т. ін. Взаємне центрування заготівель, подача їх і зварювання робляться автоматично.

Складання і зварювання таврів здійснюються в такий спосіб (рис. 32).

Полицю балки укладають на приводний ролик 8 верстата і ролик 10 задньої рухливої опори. За допомогою бічних роликів 3 полиця центрується і притискається до приводного ролика 8 натискним роликом 7, потім на неї встановлюють стінку тавра, яка

також центрується роликми 9 і притискається до полиці закріпленим на штоку пневмоциліндра 6 верхнім роликком 5. Вмиканням електродвигуна 2 через клиноремінну передачу, варіатор швидкостей, черв'ячний редуктор і пари циліндричних шестерень приводиться в обертання приводний ролик, і складений тавр отримує поступальний рух. До крайці тавра, що стикується підводять зварювальну голівку 4. Потім вмикається подача електродного дроту, флюсу і починається зварювання. Після зварювання половини довжини швів передній кінець тавра обпирається на ролики передньої опори 1.

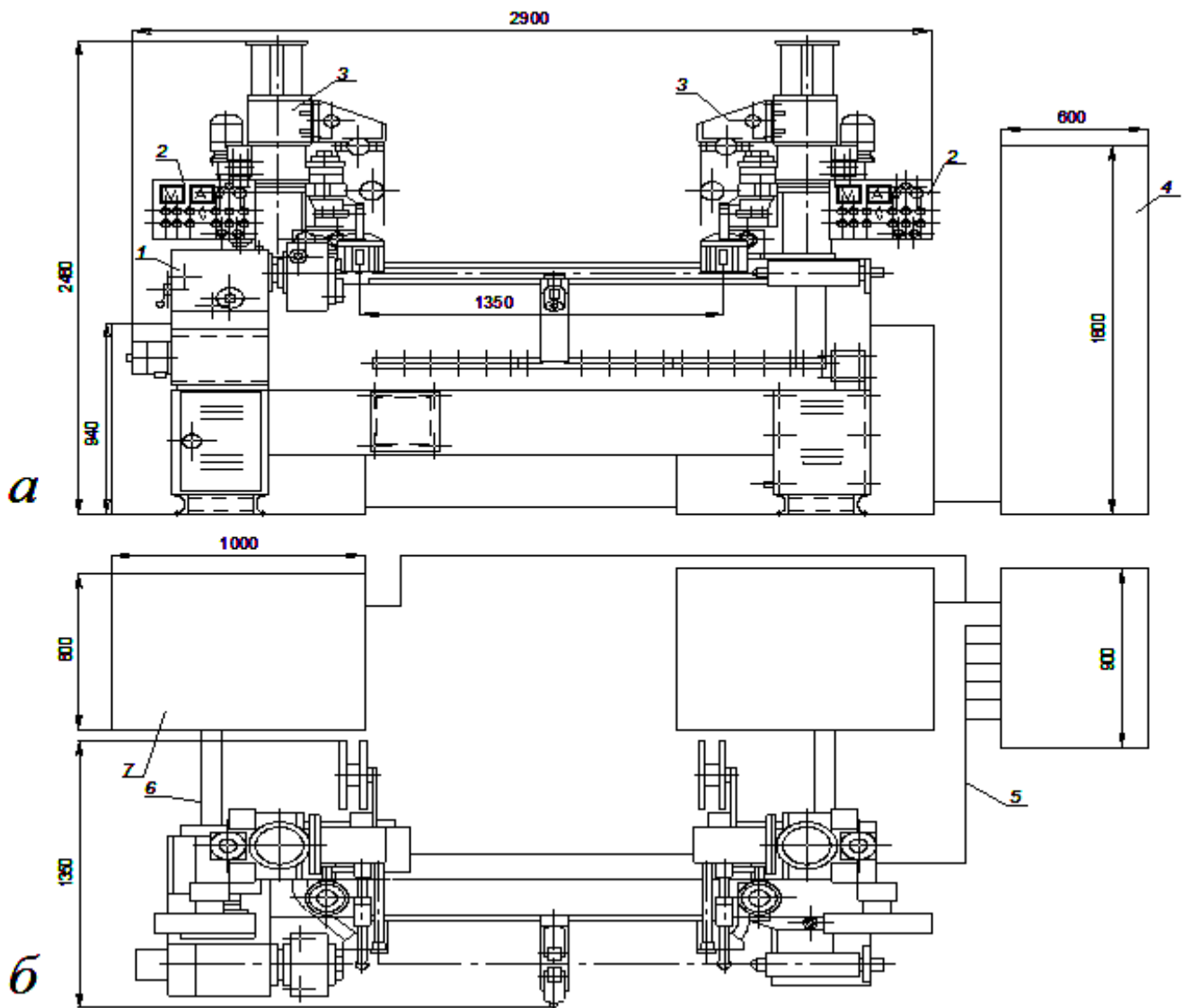


Рис. 31. Універсальний верстат УД 123 для дугового зварювання у вуглекислому газі:

1 – обертач; 2 – пульт керування; 3 – зварювальна голівка; 4 – шафа керування; 5 – кабелі керування;
6 – зварювальні кабелі; 7 – зварювальний випрямляч

Висота роликів передньої і задньої опор у процесі руху криволінійного тавра регулюється ковзним контактом 11, що забезпечує нормальне розташування заготовель у зоні зварювання. Під дією пружини 13 шток 12 піднімається доти, поки ролик 14 не упреться в полицю тавра. На другому кінці штока закріплений ковзний контакт 11.

Якщо ковзний контакт не замикається з нерухомими контактами 15 або 16, задня опора залишається вимкненою, що відповідає нормальному положенню тавра в зоні зварювання. При переміщенні тавра в процесі зварювання передній кінець його може піднятися або опуститися. У цьому випадку шток, під дією пружини або ваги тавра, відповідно підніметься або опуститься, замикаючи ковзним контактом верхній контакт 15 або нижній 16.

При замиканні ковзного контакту з контактом 16 вмикається електродвигун задньої опори, що обумовлює опускання ролика 10. При цьому передній кінець тавра піднімається, шток, під дією пружини, переміщається доверху до розмикання ковзного контакту. При замиканні ковзного контакту з контактом 15 напрямок обертання електродвигуна задньої опори змінюється, що змушує опорний ролик підніматися. При цьому передній кінець тавра опускається, шток переміщається вниз до розмикання ковзного контакту. Коли середня частина тавра наблизиться до приводного ролика, вимкнеться керування слідкуючим контактом задньої опори і увімкнеться керування передньою опорою 1.

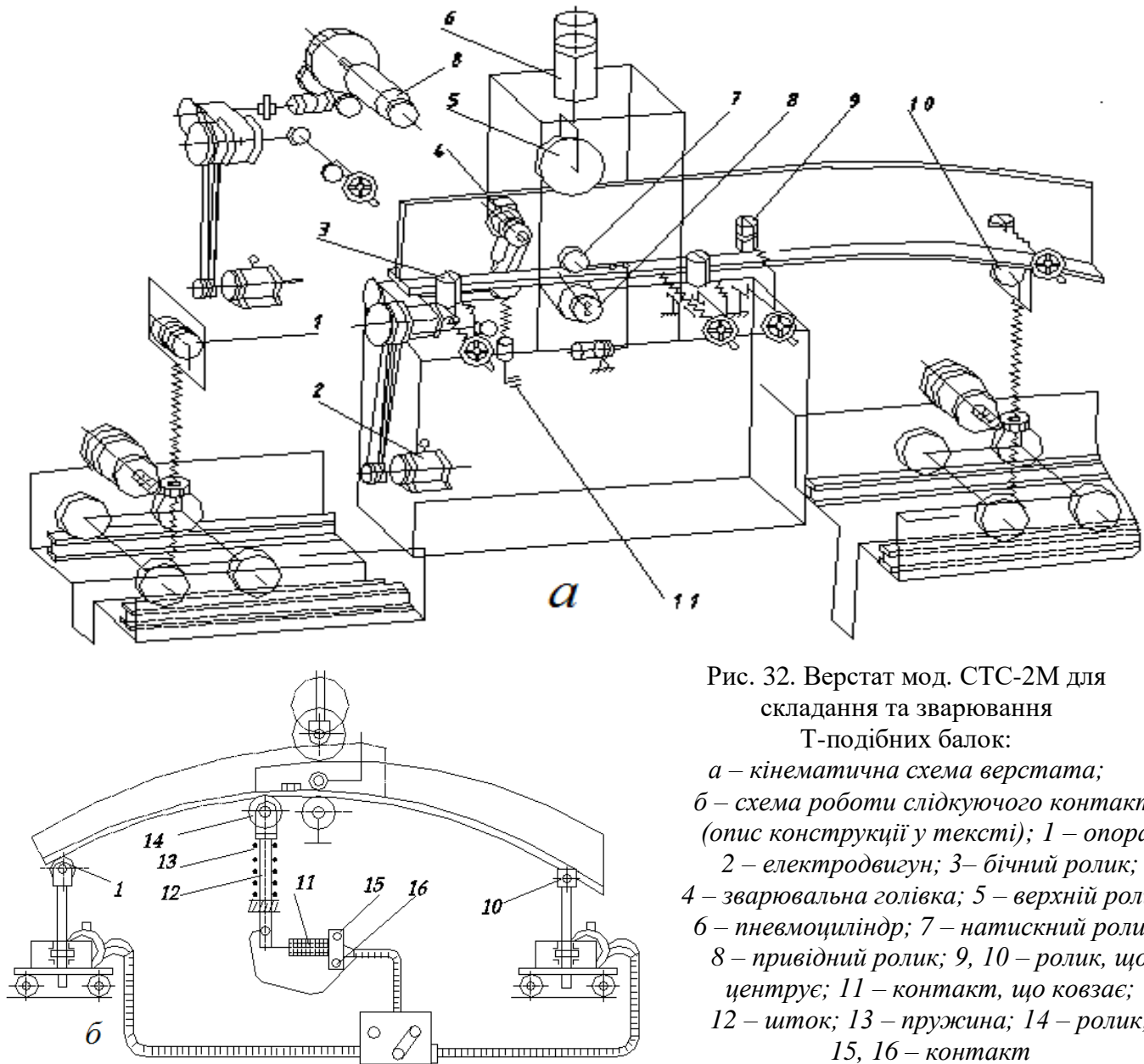


Рис. 32. Верстат мод. СТС-2М для складання та зварювання Т-подібних балок:

Т-подібних балок:

- а – кінематична схема верстата;
 б – схема роботи слідкуючого контакту (опис конструкції у тексті); 1 – опора;
 2 – електродвигун; 3 – бічний ролик;
 4 – зварювальна голівка; 5 – верхній ролик;
 6 – пневмоциліндр; 7 – натискний ролик;
 8 – привідний ролик; 9, 10 – ролик, що центрує;
 11 – контакт, що ковзає; 12 – шток; 13 – пружина; 14 – ролик;
 15, 16 – контакт

Лекція №9

ТЕМА №6. КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ

Питання лекції: Уявлення про техніко-економічну ефективність впровадження автоматизації. Поняття про строки окупності обладнання для автоматизації та механізації зварювального виробництва. Показники рівня механізації. Розрахунок рівня механізації при введенні механізованих способів зварювання.

Комплексний економічний аналіз – складова процесу керування, яка є органічною єдністю по-елементного аналізу умов і результатів виробництва та синтезу добутих результатів. *Комплексність у процесі аналізу* виявляється в цілісному уявленні досліджуваного об'єкта з урахуванням його властивостей, будови і розвитку та в забезпеченні взаємопов'язаних і вирішуваних завдань і їх результатів. Забезпечується комплексність реалізацією положень системного моделювання економічних явищ.

Комплексний економічний аналіз – сукупність моделей, методів нормативів та програм, що забезпечують на рівні області, району, підприємства аналіз стану виробництва, використання матеріальних ресурсів, визначення резервів його ефективності та перспектив розвитку.

Методологія комплексного економічного аналізу ґрунтується на методологічних положеннях про суть ефективності виробництва. Підприємство розглядається як сукупність техніко-технологічної, економічної та соціальної підсистем, кожна з яких характеризується своїми показниками ефективності.

Мета комплексного економічного аналізу – виявлення резервів підвищення ефективності виробництва на основі взаємопов'язаного вивчення економічних процесів і явищ, визначення факторів виробництва і вимірювання ступеня їх впливу. Використовуючи відповідні методичні положення загальної теорії статистики, господарства з різним рівнем економічного розвитку групують за узагальнюючими показниками ефективності виробництва.

Найважливішим з-поміж них є *рівень рентабельності*, за яким господарства поділяють на три групи нерентабельні, *низько- і середньо-рентабельні, високорентабельні*. За кожною групою визначають статистичні показники, що характеризують її питому вагу в сукупності господарств, кількість об'єктів, однорідність груп, а також аналітичні показники, які відображають умови й результати виробництва.

Складова загальноекономічного аналізу – аналіз виробництва в динаміці. Бажано, щоб аналізований період у ретроспективному аналізі становив щонайменше **5 років**. Для аналізу динаміки використовують показники *абсолютного приросту, темпів зростання і приросту, середніх річних темпів, середньої, що ковзає, параметрів тренду з використанням спеціальних таблиць Айрапетова*.

Основні методичні прийоми загальноекономічного аналізу – аналітичні групування, економічні порівняння, використання динамічних рядів, що ковзають, індексів – також застосовують в комплексному економічному аналізі. У процесі комплексного економічного аналізу доцільно широко використовувати *економіко-математичні методи та моделювання (ЕММ)*.

ЕММ оптимізації виробничо-галузевої структури виробництва в системі моделей комплексного економічного аналізу дають змогу виявити фактичну спеціалізацію, обся-

гові й структурні співвідношення в аналізованому об'єкті та рівень ефективності використання виробничих ресурсів і видів діяльності, вузькі місця й внутрігосподарські резерви поліпшення використання виробничих ресурсів.

За допомогою ЕММ задач визначають, за якої виробничо-галузевої структури об'єкта можна отримати максимальний ефект за заданих ресурсів або за певних змін у обсягах, структурі та віддачі ресурсів.

За результатами комплексного економічного аналізу, розв'язання економіко-статистичних і ЕММ задач в об'єктах визначають рівні оснащення ресурсами, темпи і тенденції їх змін, кількісні залежності між ресурсами і результатами виробництва з досліджуваної сукупності в однорідних групах господарств і на окремих конкретних підприємствах середня і максимальна віддача факторів виробництва, ступінь реакції результативних показників на відносну зміну факторів (еластичність), гранична норма змінності ресурсів та ін., виробничий потенціал підприємств та рівень його використання, об'єктивно зумовлені оцінки ресурсів у типовому підприємстві за певної виробничо-галузевої структури і різних критеріїв ефективності.

Узагальнення, отримані в результаті комплексного економічного аналізу щодо оснащеності ресурсами та їх віддачі, дають змогу оцінити ефективність використання окремих ресурсів і ступінь їх дефіцитності, виявити вузькі місця, що стримують розвиток виробництва, визначити напрями поліпшення використання ресурсів і підвищення ефективності виробництва загалом. На підставі розрахунків готують матеріали для оцінки наявних в об'єкті резервів виробництва продукції та зниження її матеріаломісткості й собівартості.

9.1 Уявлення про техніко-економічну ефективність впровадження автоматизації

Впровадження систем автоматизації направлено на всебічне підвищення ефективності виробничих процесів за рахунок підвищення продуктивності праці, збільшення обсягу виробництва, поліпшення якості продукції, що випускається, використання основних фондів, матеріалів і сировини, зниження обсягу незавершеного виробництва і страхових запасів.

Підставою для прогнозування тих чи інших **технічних параметрів, властивостей і характеристик проектованої системи комп'ютерного керування** служать результати аналізу техніко-економічного рівня вітчизняної та зарубіжної техніки за даними літературної інформації і патентних матеріалів, а також результати вивчення умов експлуатації майбутньої комп'ютерної системи за вихідними даними, технічним завданням і існуючим прототипам систем. Технічні вимоги до систем автоматизації формуються на основі вивчення вимог, що висуваються замовником, і можливостей їх задоволення в умовах досягнутого рівня розвитку науки, техніки і виробництва.

Економічна оцінка альтернативних варіантів принципів рішень з комп'ютерних систем виробничих процесів проводиться на основі розрахунку техніко-економічної ефективності. Рішення про доцільність створення і впровадження нової техніки приймається на основі розрахунку річного економічного ефекту, який представляє собою сумарну економію всіх виробничих ресурсів (живої праці, матеріалів, капітальних вкладень), яку отримує народне господарство в результаті використання нової техніки і, яка, в кінцевому рахунку, виражається в збільшенні національного доходу.

При оцінці ефективності комп'ютерної системи керування визначають кількісні показники успішності виконання системою поставленого завдання в заданих умовах експ-

луатації і вартісні показники ефективності системи.

Економічна ефективність системи автоматизованого керування E оцінюється по мінімуму приведених витрат на виробництво продукції в виробничих процесах з використовуваною системою автоматизації:

$$\mathcal{E} = (C_B + E_H K_B) - (C_H + E_H K_H),$$

де, $(C_B + E_H K_B)$ – наведені витрати по базисному (існуючому) варіанту, розраховані на річний обсяг продукції;

C_B – вартість базисного зразка;

K_B – питомі капітальні вкладення базисного зразка;

$(C_H + E_H K_H)$ – наведені витрати за прийнятим прогресивному варіанту системи;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат ($E_H = 0,15$).

Витрати по базисному і прогресивному варіантам систем прив'язують до періоду складання технічного проекту системи.

Відповідно до раціональної організації проектування систему автоматизації вибирають зі списку альтернативних варіантів систем, при цьому беруть до уваги, що система вибирається з числа тих, що нині випускаються або підготовлених до випуску. Допускається проектування нових систем з проведенням комплексу дослідницьких робіт при коригуванні вихідних технічних вимог.

Вартісні показники ефективності системи оцінюються такими даними:

а) **вартістю розробки C_P** , що включає в себе всі види робіт, яку зазвичай відносять до вартості базисного зразка C_B :

$$K_P = C_P / C_B,$$

де, K_P – коефіцієнт, що залежить від рівня технічної розробки, що застосовуються до використання нових принципів, нових засобів керування, нових рішень на всіх етапах розробки системи автоматизації (значення цього коефіцієнта може змінюватися в широких межах);

б) **вартість виробництва одного примірника системи C_{Π}** , яка виражається через вартість виробництва пристрою (починаючи з першого):

$$C_{\Pi} = C_B N^{\mu},$$

де, N – кількість пристроїв;

μ – коефіцієнт, в ряді випадків близький до $\mu \approx 0,7$;

в) **вартість експлуатації одного примірника системи в рік $C_{\mathcal{E}}$** , яка визначається витратами на профілактику і ремонт, на утримання обслуговуючого персоналу і енергетичними затратами, які зазвичай характеризуються коефіцієнтом $K_{\mathcal{E}}$:

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{C_{\mathcal{E}}}{C_B} = \frac{C_{\mathcal{E}H} K_{\mathcal{E}H} + C_{\mathcal{E}PM} K_{\mathcal{E}PM} \varphi(t) + C_3 K_3}{C_B},$$

де, $C_{\mathcal{E}H}$, $C_{\mathcal{E}PM}$, C_3 – вартість відповідно енергії, ремонту і середня заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$K_{\mathcal{E}H}$, $K_{\mathcal{E}PM}$, K_3 – показники потреби в енергії, ремонті та середній зарплаті;

$\varphi(t)$ – показник збільшення витрат на експлуатацію системи в міру зносу.

Значення вказаних коефіцієнтів визначаються на підставі наявного досвіду, або на основі **експертних оцінок**. В якості практичного показника ефективності системи автоматизації доцільно розглядати середній реальний дохід в одиницю часу:

$$D = \mathcal{E} - C_0 / t_0 - C_{\mathcal{E}} - C_{\Pi} / N,$$

де, C_0 – витрати на виготовлення системи;

t_0 – передбачуваний час експлуатації системи;

N – розмір тиражування, шт.

Впровадження в підприємство дозволяє більш ефективно використовувати можливості основного технологічного обладнання, при цьому спрощуючи його обслуговування.

Так само це дозволити скоротити витрати на ремонт засобів автоматизації. Планується залучення для впровадження нової техніки власних коштів підприємства.

Для впровадження використовується обладнання підприємства, що не виробило термін експлуатації, але де, монтоване у зв'язку з установкою більш продуктивного.

В результаті впровадження нової техніки значно збільшується випуск готової продукції.

Таким чином, при терміні окупності капітальних витрат, що дорівнює 5 міс. Отриманий показник терміну окупності витрат у багато разів нижче, а коефіцієнт економічної ефективності в багато разів вище нормативних показників, що свідчить про високу економічну ефективність впроваджуваного у виробництво спирту заходів.

9.2 Поняття про терміни окупності обладнання для автоматизації та механізації зварювального виробництва

Термін окупності (PP від англ. *Pay-Back Period*) – період часу, необхідний для того, щоб доходи, які генеруються інвестиціями, покрили витрати на інвестиції. *Наприклад*, якщо інвестиційний проект вимагає інвестицій (вихідний грошовий потік, англ. *Cash Flow*) в 2 млн. рублів і ці інвестиції будуть повертатися за 1 млн. гривень на рік, то можна говорити, що термін окупності проекту становить два роки.

При цьому **тимчасова цінність грошей** (англ. *Time Value of Money*) не враховується. Цей показник визначають послідовним розрахунком **чистого доходу** (англ. *Present Value*) для кожного періоду проекту. Точка, в якій чистий дохід прийме позитивне значення, буде, **точкою окупності**.

Однак у терміну окупності є недолік. Полягає він у тому, що цей показник ігнорує всі надходження грошових коштів після моменту повного відшкодування початкових витрат. При виборі з декількох інвестиційних проектів, якщо виходити тільки з терміну окупності інвестицій, не враховуватиметься обсяг прибутку, створений проектами.

Для позначення дисконтного строку окупності проекту можуть використовуватися скорочення **DPBP** (від англ. *Discounted Pay-Back Period*) або **DPB** (від англ. *Discounted Pay-Back*). Термін окупності капітальних вкладень розраховується в тому випадку, якщо виконується нерівність: $K_{уд}^{баз} < K_{уд}^{проект}$, (тобто якщо проектний варіант є більш капіталомістким).

$$T_{OK} = \frac{K_{общ}^{проект}}{Pr_{ож}} \quad \text{або} \quad T_{OK} = \frac{K_{общ}^{проект}}{Pr_{чист}}, \text{ (років).}$$

Розрахунковий термін окупності T_{OK} округляємо до найближчого більшого числа і отримуємо **прийнятий термін окупності**, який в подальшому будемо розглядати, як **горизонт розрахунку**.

У машинобудуванні T_{OK} не повинен перевищувати 4 роки, в іншому випадку, захід по впровадженню нової техніки вважається неефективним.

Отриманий результат розрахунку округляємо до більшого цілого числа, при дуже

Приклад №1. Розрахунок терміну окупності інвестицій.

Розмір інвестиції – 115000 \$.

Доходи від інвестицій у першому році – 32000 \$; у другому році – 41000 \$; у третьому році – 43750 \$; в четвертому році – 38250 \$.

Визначимо період після закінчення, якого інвестиція окупається.

Сума доходів за 1 і 2 роки: $32000 + 41000 = 73000$ \$, що менше розміру інвестиції рівного 115000 \$.

Сума доходів за 1, 2 і 3 роки: $73000 + 43750 = 116750$ більше 115000, це означає, що відшкодування початкових витрат відбудеться раніше 3 років.

Якщо припустити що приплив грошових коштів надходить рівномірно протягом усного періоду (за замовчуванням передбачається що грошові кошти надходять в кінці періоду), то можна обчислити залишок від третього року.

Залишок = $(1 - (116750 - 115000) / 43750) = 0,96$ року.

Відповідь: період окупності дорівнює 3 років (точніше 2,96 року).

9.3 Показники рівня механізації

Показники рівня механізації і автоматизації можна розподілити на два великі класи: **структурні і функціональні**, які оцінюють за показниками або структури, або процесу функціонування виробничої системи.

Приватні показники рівня механізації (автоматизації), загальне число яких в різних вітчизняних і зарубіжних методиках розрахунку наближається до 100, можна розділити на декілька видів залежно від основного облікового параметра:

Ч – чоловік;

Ст – засоби технологічного оснащення;

Пт – предмет праці (виріб, матеріал, або інший вид продукції);

Т – час;

Е – енергія;

І – інформація.

Залежно від основних методів розрахунку рівня механізації і автоматизації формуються також складені способи розрахунку, які використовують різні поправочні коефіцієнти, коди класів і підкласів засобів механізації та автоматизації, різні середньозважені величини і т.п.

Прості формули розрахунків, представлені даної вище класифікацією, можна проілюструвати такими прикладами.

– **Кадрові показники.** В цьому класі широко поширений розрахунок ступеня охоплення робітників механізованою працею:

$$C_m = \frac{P_m}{P_m + P_{mr} + P_r},$$

де, P_m – число робочих механізованого праці;

P_{mr} – число робочих механізовано-ручної праці;

P_r – число робочих ручної праці.

Цей показник характеризує в першу чергу стан механізації і автоматизації праці робітників для вирішення соціальних завдань вдосконалення виробництва.

– **Машинні показники рівня механізації і автоматизації** характеризує показник:

$$K_{\text{АВТ}} = C_{\text{АВТ}} / C_{\text{ОБЩ}},$$

де, $K_{\text{АВТ}}$ – коефіцієнт (рівень) автоматизації;

$C_{\text{АВТ}}$ – число обладнання з автоматичною дією;

$C_{\text{ОБЩ}}$ – загальне число обладнання.

Крім такого способу оцінки стану (поширеності) механізації і автоматизації широко використовуються різні класифікаційні системи оцінки стану механізації і автоматизації самих верстатів: **від верстатів з ручним приводом, до повністю автоматичних.**

– Продукційні методи оцінки стану механізації і автоматизації отримали переважне поширення для аналізу вантажно-розвантажувальних, транспортних і складських робіт, *наприклад*, розрахунок:

$$Y = O_M / O,$$

де, O_M – обсяг продукції переробленої механізованим способом;

O – загальний обсяг продукції.

– **Інформативні показники.** Вони не отримали широкого поширення, хоча за аналогією з попередніми формулами їх можна визначити через співвідношення обсягів переробляється машинним способом (в бітах) до загального обсягу інформації, що переробляється в тій чи іншій інформаційній технології, *наприклад* підготовці керуючих програм для верстатів з ЧПУ.

– **Енергетичні показники** можна представити наступною формулою розрахунку:

$$W = \frac{\mathcal{E}_M(a)}{\mathcal{E}_M(a) + \mathcal{E}_P},$$

де, $\mathcal{E}_M(a)$ – сума корисної роботи машин (a – при автоматизації);

\mathcal{E}_P – сума корисної ручної роботи людей, що беруть участь в виробничому, або технологічному процесі.

– **Хронометричні показники** проілюстровані показником dt :

$$dt = \frac{t_{\text{НМ}}}{t_{\text{ШТ}}}.$$

Класифікація методів оцінки рівня механізації та автоматизації дозволяє розглянути способи їх практичного використання. У першій черзі розглядаються методи аналізу, що використовуються для порівняльного аналізу аналогічних виробництв у цілях визначення споруд технічного переозброєння або реконструкції виробничих підрозділів, удосконалення стану механізації та автоматизації в них до рівня зразкових.

Низьке значення показника (C_M) у аналізованих цінах при високому значенні (dt) може свідчити про те, що значна частина робочих не використовується механізованим (автоматизованим) обладнанням на цьому фоні, що інша частина робочих, що використовує високоавтоматизоване обладнання, більша частина часу зайнята лише спостереженням за цим процесом. У зв'язку з чим, можна констатувати, що питання комплексної механізації та автоматизації рішень виконано незрозуміло. Вторинна механізація та автоматизація в результаті технічного переозброєння та реконструкції таких цехів була орієнтована лише на ділянки механічної обробки, повністю не були заблоковані слюсарними ділянками. У результаті величина C_M зменшилася за рахунок зростання ефективності праці верстатників та зменшенням їх кількості. Вибір об'єктів механізації та автоматизації в даному випадку був зроблений недостатньо, що привело до відповідного "розмеханізації" виробничого процесу з точки зору рішення соціальних завдань.

Аналізуючи способи застосування хронометричного показника рівня механізації та

автоматизації праці **dt**, розрахування якого ведеться за формулою, можна відзначити, що для найбільших виробничих підрозділів нерідко потрібно використовувати **спосіб малих вибірок** з метою скорочення затримки часу на аналітичну роботу. Вирішення питань щодо застосування в даному випадку теорії малих вибірок ґрунтується на законах розподілу **dt**.

Дослідження показали, що на окремо взятих операціях технологічних процесів, *наприклад*, механічної обробки, закони розподілу показників наближені до нормального. У інших випадках, *наприклад* для ділянки, цеху, вони віддалені від нормального закону розподілу та відносяться за описом до інших законів розподілу, *наприклад*, закону розподілу Пірсона. Теорія малих вибірок, яка, як відомо, ґрунтується на використанні нормального закону розподілу аналізованої величини, може бути використана для розподілених, близьких до нормального (наявність ексцесів, асиметричних ...), лише завдяки тому, що обсяг вибору був через незначну кількість. Наступне, для вибіркового аналізу показників **dt** на окремих технологічних операціях з визначеними обмеженнями прийняття загальноприйнятої теорії малих вибірок, здійснюється із використанням **критеріїв Стюдента**.

Більш складним є рішення питань щодо застосування теорії малих вибірок при аналізі найбільших структурних підрозділів (ділянки, цеха та ін.), так як закон розподілу показників **dt** різко відрізняється від нормального.

Параметри денного розподілу для цього дають **U-образний тип закону розподілу Пірсона**. Ці побажання вимагають іншого підходу до вирішення завдань, щодо застосування теорії малих вибірок.

Документом, в якому фіксують значення показника рівня механізації і автоматизації технологічного процесу, є **маршрутна карта**. У ній передбачено кодування ступеня механізації і автоматизації, на підставі чого визначається не тільки технічний рівень технології, але також повинно даватися відповідь на рішення задачі про оптимізацію технологічного процесу за рівнем його автоматизації.

9.4 Розрахунок рівня механізації при введенні механізованих способів зварювання

Створення нової автоматичної техніки означатиме широкий перехід від трьох ланкових машин (**робоча машина – передача – двигун**) до чотирьох ланкових систем машин. Четверта ланка – **кібернетичні пристрої**, за допомогою яких забезпечується керування величезними потужностями.

Основними ступенями автоматизації виробництва є: **напівавтомати, автомати, автоматичні лінії, ділянки- і цехи-автомати, фабрики- і заводи-автомати**.

Першою сходинкою, що представляє собою перехідну форму від простих машин до автоматичних, є **напівавтомати**. Принципова особливість машин цієї групи полягає в тому, що цілий ряд функцій, які здійснювались раніше людиною, тут передані машині, проте за робочим ще зберігаються певні операції, що зазвичай важко піддаються автоматизації. Вищим ступенем є створення фабрик-автоматів і заводів-автоматів, тобто повністю автоматизованих підприємств.

Основними показниками, що характеризують рівень механізації і автоматизації, є:

- **коефіцієнт механізації виробництва;**
- **коефіцієнт механізації (автоматизації) робіт (K_p);**
- **рівень автоматизації Y_a на практиці досить часто визначають з виразу.**

Рівень механізації розраховуємо за формулами:

$$Y_1 = \frac{\sum_i (T_{Mi} \cdot \Pi_i)}{\sum_i (T_{Mi} \cdot \Pi_i) + T_P} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

$$Y_2 = \frac{\sum_i (T_{Mi} \cdot \Pi_i) - \sum_i T_{Mi}}{\sum_i (T_{Mi} \cdot \Pi_i) + T_P} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

$$Y_3 = \frac{P_M}{P_M + P_P} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

де, Y_1 – кількісний показник рівня механізації;

Y_2 – якісний показник рівня механізації;

Y_3 – ступінь охоплення робітників механізованою працею;

T_M – трудомісткість операції, виконуваної механізованим способом;

T_P – сумарна трудомісткість операцій, виконуваних ручним способом;

Π_i – коефіцієнт продуктивності обладнання;

P_M – кількість робітників, що виконують роботу цеху візуальним способом;

P_P – число робітників, що виконують роботу вручну.

Коефіцієнт Π_i характеризує зростання продуктивності при заміні ручної операції (або недосить механізованої, прийнятої за базу) механізованою і визначається як відношення трудомісткості до проведення механізації T_P до трудомісткості, що досягається в результаті механізації T_{Mi} :

$$Y_1 = T_{Pi}/T_{Mi}.$$

Показник Y_1 визначає питомий об'єм механізованих операцій в загальному виробничому процесі. Чисельник формули являє собою трудомісткості операцій, здійснюваних механізованими методами, в разі їх виконання вручну. Цю трудомісткість називають **наведеною трудомісткістю механізованих операцій**. Знаменник формули являє собою **загальну трудомісткість всіх операцій** в разі їх виконання вручну або **загальну приведену трудомісткість**.

Показник Y_1 характеризує рівень механізації тільки **кількісно**, так як він не змінюється при заміні менш досконалого механізованого обладнання більш досконалим, при збільшенні продуктивності устаткування, цей показник, обчислений за формулою (1), не підвищується, а залишається **незмінним**. Це пояснюється тим, що з підвищенням коефіцієнту продуктивності обладнання Π відповідно знижується трудомісткість вироблених на ньому операцій T_{Mi} . Тому при незмінній програмі цеху дослідження $T_{Mi} \cdot \Pi$ залишається постійними і показник Y_1 не змінюється. Таким чином, показник Y_1 служить для оцінки рівня охоплення механізацією виробничого процесу.

Показник Y_2 відображає **ступінь витіснення живої праці в результаті механізації**. Чисельник формули (2) являє собою **виключену трудомісткість**. Частка від ділення цієї трудомісткості на наведено,ну трудомісткість всіх робіт є питомою зниженням трудових витрат, що досягається при впровадженні машин, тобто **якісною характеристикою рівня механізації**. Таким чином, призначення показника Y_2 – **охарактеризувати скорочення трудових витрат за рахунок механізації і рівень продуктивності застосовуваної техніки**.

Показник Y_3 з формули (3) визначає питомий число робочих, зайнятих механізованою працею, в загальній кількості робітників і характеризує **рівень механізації праці**.

Показники Y_1 і Y_3 змінюються від 0 до 100 %. На величину показників Y_1 і Y_3 впливає тільки масштаб механізації виробничого процесу. Показник Y_2 змінюється від 0 і прагне до 100 %, але не досягає 100 %, так як якісне вдосконалення обладнання безмежно. На величину цього показника впливає не тільки *масштаб механізації*, але і *продуктивність обладнання*, що застосовується. У формулах (1) і (2) для зручності розрахунків трудомісткості T_M і T_P можуть бути замінені числом робочих P_M і P_P . Показники Y_1 , Y_2 і Y_3 можуть бути встановлені в цілому по цеху зварних конструкцій, по окремих дільницях або лініях, а також за видами робіт, *наприклад*, дня зварювальних робіт. У табл. 1 наведе,ні коефіцієнти П, що призначені для розрахунку рівня механізації зварювальних робіт за формулами (1) н (2).

Примітки:

1. Для зварювання газопресовою, холодною і зварювання тертям, використовують коефіцієнти, що прийняті для контактного зварювання.

2. Коефіцієнти приведення для автоматичного зварювання під флюсом отримані при зварюванні одним електродом, тому для автоматичного зварювання під флюсом при зварюванні двома електродами використовують коефіцієнти приведення в 1,5 рази більші, а для зварювання трьома електродами в 2 рази більшими, ніж для одне дугового зварювання.

3. У трубозварювальній виробництві використовують такі коефіцієнти для автоматичного дводугового зварювання під флюсом прямо шовних труб великого діаметру $\Pi = 4$; то ж для трьох дугового зварювання $\Pi = 6, 5$; для автоматичної однодугового зварювання під флюсом труб великого діаметру зі спіральним швом $\Pi = 7$; то ж для двох дугового зварювання $\Pi = 11$; автоматичне аргоно-дугове зварювання труб малого діаметра – $\Pi = 3$; для контактного шовного зварювання труб, що плоско згортаються – $\Pi = 15$; для контактного шовно-стикового зварювання труб малого діаметра $\Pi = 70$; для високочастотного зварювання труб малого діаметра $\Pi = 90$.

Ступінь механізації і автоматизації праці, що забезпечується виробничою машиною, характеризується коефіцієнтами механізації k_M і автоматизації $k_{Ц}$:

$$k_M = t_M / t_{OP},$$

$$k_{Ц} = t_a / t_{OP},$$

де, t_M – машинний час виконання процесу;

t_a – час автоматичного виконання технологічного процесу;

t_{OP} – оперативний час.

Механізація і автоматизація зварювального виробництва забезпечує зниження трудомісткості, полегшення праці, підвищення якості, надійності зварних виробів, економію зварювальних і основних матеріалів, економію виробничих площ. З іншого боку, механізація і автоматизація пов'язані з додатковими витратами на обладнання, на його утримання і ремонт. У ряді випадків механізація однієї операції технологічного процесу викликає збільшення вартості суміжних операцій, і навпаки, механізація однієї операції може знизити вартість суміжних операцій. Тому при здійсненні механізації і автоматизації зварювального виробництва необхідно зіставляти витрати з отриманим ефектом за допомогою показників наведе, них витрат.

Необхідно відзначити, що цей показник рівня автоматизації, визначений на основі зіставлення застосовуваного автоматичного і неавтоматичного обладнання, не зовсім точно характеризує рівень автоматизації на підприємстві.

Таблиця 1. – Коефіцієнти продуктивності і приведення трудомісткості механізованих способів зварювання до трудомісткості ручного дугового зварювання

Галузі виробництва	Автоматичне зварювання під флюсом		Напівавтоматична зварювання під флюсом	Електрошлакове зварювання	Автоматичне і напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, зварювання порошковим дротом	Контактне зварювання		
	На звичайних режимах	На форсованих режимах з швидкостями важе 70 м / год.				На універсальних контактних машинах		На спеціалізованих високопродуктивних машинах
						З не автоматизованим режимом роботи	З автоматизованим режимом роботи	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Спорудження магістральних трубопроводів: поворотне зварювання труб в секції; неповоротна зварювання труб або секцій на трасі	4,5	—	—	—	2*	—	—	—
Решта галузей (трубозварювальне виробництво)	—	—	—	—	2	—	—	6
Котлобудування	2,5	4	1,5	4	2	3,5	6	9
Металургійне машинобудування	5,5	5,5	1,5	5,5	2	3,5	5	—
Вагонобудування і тепловозобудування	3	4,5	1,5	6	2	3,5	5	—
Хімічне і нафтове машинобудування	2,5	4	1,5	4	2	3,5	7,5	9
Виробництво ковальсько-пресового устаткування	3	4,5	1,5	5	2	3,5	6	8
Автомобільна промисловість	3	5	1,5	—	2	4	8	10
Тракторобудування і сільськогосподарське машинобудування	2	3	1,5	—	2	3,5	7,5	9
Суднобудівна промисловість для металу товщиною:								
до 4 мм;	3,5	4	3	4,	3	3,5	5	8,
4...12 мм;	4,5	5	3	4,	3	3,5	5	8,
Більше 12 мм.	5	5,5	3	4	3	3,5	5	8
Будівельна індустрія	2	3	1,5	4	2	3,55	5	7
Турбобудування, гірничошахтне і гірничорудне машинобудування,	2	3	1,5	4	2	3,5	5	7

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Підйомно-транспортне машинобудування, верстатобудівна промисловість, будівельно-дорожнє машинобудування, виробництво технологічного обладнання для харчової та комбікормової промисловості	2	3	1,5	4	2	3,5	5	7

Економічна і соціальна значимість механізації і автоматизації виробництва полягає в тому, що вони дозволяють замінити ручну працю, особливо важку, машинами і автоматами, підвищити продуктивність праці і на цій основі забезпечити реальне або умовне вивільнення працівників, поліпшити якість виробленої продукції, знизити трудомісткість і витрати виробництва, що приведе, до збільшення обсягу виробництва і тим самим забезпечити підприємству, більш високі фінансові результати, що дає можливість покращити добробут працівників та їхніх родин.

Лекція №10

ТЕМА №6. КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ І РОБОТИЗАЦІЇ

Питання лекції: Техніко-економічна ефективність впровадження автоматизації, механізації. Основні умови проведення механізації, автоматизації та роботизації. Розрахунок економічної доцільності впровадження автоматизованого обладнання.

10.1 Техніко-економічна ефективність впровадження автоматизації, механізації

Визначення найбільш ефективних напрямків розвитку техніки і встановлення черговості здійснення відповідних заходів, які проводиться на різних етапах планування на підприємствах і при розробці проектів створення і впровадження нової техніки (на передпроектній, проектній та виробничій стадіях).

Розрахунки економічної ефективності впровадження нової техніки здійснюються на всіх етапах проектування і планування. Різниця в розрахунках полягає лише в ступені точності вихідних даних, на основі яких визначається ефективність на різних етапах.

Основними етапами визначення найбільш ефективних напрямків розвитку техніки при проектуванні є наступні:

а) *економічне обґрунтування доцільності розробки технічних проектів виготовлення нової, вдосконалення продукції, що випускається, модернізації вже виготовленої техніки;*

б) *встановлення черговості впровадження заходів з розвитку техніки, механізації, автоматизації та роботизації виробництва.*

Економічне обґрунтування доцільності розробки технічних проектів – це створення нових видів або удосконалення уже існуючого устаткування, що випускається, модернізації вже наявного обладнання, що здійснюється наступним чином:

а) виходячи з планових даних про потребу, підлягає виготовленню нового обладнання або про потребу в продукції, яка буде, виготовляться за допомогою цього обладнання і інших даних, визначається річний випуск (серійність) даного обладнання;

б) на основі укрупнених нормативів (ваги обладнання, вартості 1 кг готового обладнання, середнього відсотка накопичення або інших нормативів) визначається ціна виробу, та визначається необхідність по проектуванню і виготовленню нового обладнання;

в) собівартість обробки продукції за допомогою нового обладнання, економічна доцільність створення якого обґрунтовується, визначається орієнтовно на основі наступних даних:

– збільшених нормативів вартості машино-години, у том числі і роботи зварювального обладнання протягом прийнятої одиниці часу (хвилини, години, зміни);

– орієнтовних техніко-економічних показників роботи обладнання (продуктивність, потужність, число оборотів, К.К.Д., число робочих, які керують роботою обладнання і безпосередньо обслуговують його роботу та ін.);

– річного випуску продукції, роботи і ін.;

– економічна ефективність застосування цього обладнання визначається шляхом зіставлення капітальних вкладень на його придбання і собівартості обробки продукції з відповідними показниками базової техніки.

Розробка технічних проектів заходів щодо розвитку техніки визнається доцільною,

якщо:

- додаткові капітальні витрати на впровадження цих заходів окупаються в межах нормативного терміну;
- орієнтовно певні головні технічні показники (ККД для силових машин, продуктивність і норми обслуговування робочих для робочих машин і т.п.) виявляються краще, ніж аналогічні показники того обладнання, за допомогою якого виробляють подібну продукцію або роботу;
- є потреба в продукції, яку можна робити тільки за допомогою тієї техніки, доцільність розробки і створення якої визначається. Встановлення черговості здійснення заходів з розвитку техніки на підприємствах проводиться таким чином:
 - а) до розробки річного плану проводиться розрахунок основних показників ефективності по кожному заходу, здійснення яких необхідно для підприємств і забезпечить отримання певного ефекту;
 - б) на основі показників економічної ефективності окремих заходів щодо розвитку техніки виробництва і даних про розміри коштів, які можуть бути для цих цілей виділено протягом планового періоду, проводиться відбір найбільш ефективних заходів і встановлюється черговість для включення їх в план;
 - в) результати розрахунків економічної ефективності впровадження нової техніки на підприємствах вносяться у відповідну форму.

Економічна ефективність впровадження нової техніки:

У підприємствах для вирішення завдання вибору найбільш ефективних напрямків розвитку техніки, механізації, автоматизації та роботизації виробництва і встановлення черговості здійснення відповідних заходів визначаються:

- види виробництв, де автоматизація є необхідною умовою здійснення виробничого процесу і забезпечення належної кількості продукції, точності і швидкості обробки і т.п.;
- перелік ділянок шкідливої і небезпечної праці, а також ділянок, що вимагають проведення спеціальних заходів з охорони здоров'я працівників;
- вимоги спеціальних галузей промисловості в області розвитку техніки;
- дані про рівень механізації і автоматизації праці по галузях і про найбільш "вузьких місцях" в цій галузі;
- дані про технічну озброєності одного робітника, яка визначається відношенням вартості виробничого устаткування до загальної кількості працюючих;
- порівняльні дані (по підприємствах та аналогічних підприємствах інших зарубіжних країн) про структуру обладнання, рівні технічної озброєності робітників, середніх витратах на одного вивільненого робочого для роботи на інших ділянках, питомих капітальних витратах (табл. 1).

На підставі цих матеріалів та даних, що отримані від підприємств, в масштабі підприємства проводиться групування даних про економічну ефективність заходів з розвитку техніки по окремих галузях, напрямків розвитку техніки і видам механізації і автоматизації виробництва.

На основі всебічного аналізу зазначених даних визначаються економічно найбільш вигідні та ефективні напрямки розвитку техніки, механізації і автоматизації виробництва і складається план впровадження відібраних заходів по раднаргоспу.

Рішення принципів питань про найважливіші напрями розвитку техніки, механізації, автоматизації та роботизації виробництва в масштабі окремих галузей народного господарства.

Виявлення найбільш ефективних заходів, що підлягають впровадженню, проводиться на основі матеріалів і зведе, них даних про економічну ефективність заходів з розвитку тех-

Таблиця 1. – Порівнянні дані по різних підприємствам

№ з/п	Основні показники	Базові показники	Показники даного заходу	Зміна показника (збільшення +, зменшення -, %)
1	Річний випуск продукції: – в натуральному вимірі, шт., кг; – у вартісному вираженні, тис. гр.	76775,0 1151,63	210000,0 3150,0	+273,5 +273,5
2	Капітальні витрати, тис. гр.	331,0	—	—
3	Те ж, з поправкою на зростання обсягу, тис. гр.	905,4	3065,4	+338
4	додаткові капітальні витрати (3065,4... 905,4 тис. гр.)	—	2160,0	—
5	Собівартість: – одиниці продукції за звітом, гр.; – скориговано на новий обсяг, гр.; – річного випуску (за проектним обсягом виробництва), тис. гр.	14,0 12,55 2635,5	— 8,43 1770,3	— -32,9 -32,9
6	Кількість робочих	24	6	-75
7	Продуктивність праці в натуральному вимірі, шт.: – у вартісному вираженні гр.	3200 42168	35000 461212	— —
8	Випуск продукції на 1 гр. капітальних витрат, гр.	3,48	0,91	—
9	Термін окупності додаткових капітальних витрат в роках	—	2,8	—

Примітка. Заповнені екземпляри форми групуються по окремих дільницях виробництва (*наприклад*, ливарним, ковальсько-штампувальним, механічній обробці, складальним і т.п.) і видам виробництва (вантажно-розвантажувальні, транспортні, складські і т.п.).

При державному плануванні поряд з аналізом зведе, них даних підприємств розрахунки економічної ефективності розвитку техніки повинні супроводжуватися економічним аналізом по суміжним галузям виробництва і найбільш повним виявленням економії суспільної праці в народному господарстві.

При визначенні обсягів капітальних вкладень на впровадження заходів з розвитку техніки, по заходам, що викликають зміни в обсязі, структурі і умовах виробництва в інших галузях, необхідно враховувати не тільки безпосередні вкладення в дане виробництво (галузь), але і пов'язані вкладення в ті виробництва, які повинні отримати додаткове розвиток у зв'язку із здійсненням цих заходів.

З іншого боку, повинно враховуватися економія капітальних витрат, що досягається на підприємстві, де, впроваджуються заходи, і в суміжних галузях виробництва в результаті розвитку техніки (*наприклад*, економія капітальних вкладень від скорочення виробничої площі, займаної обладнанням, економія на розвиток потужностей сировинних галузей за рахунок скорочення норм витрати сировини при стабілізації технологічних режимів в автоматизованому виробництві).

У річних планах показники економічної ефективності розвитку техніки повинні розраховуватися знизу доверху – від підприємств до Держплану країни на основі проектних розрахунків і планових даних підприємств, матеріалів галузевих науково-дослідних, проектно-технологічних, конструкторських та інших організацій.

Визначення річного економічного ефекту, одержуваного в результаті впровадження нової техніки. Методика визначення річного економічного ефекту, одержуваного в

народному господарстві в результаті впровадження нової техніки і роботи по створенню і впровадженню нової техніки, а також теоретичні, дослідні, проектні і вишукувальні роботи, за якими неможливо розрахувати економічний ефект, заохочуються в порядку, зазначеному в цьому Положенні.

Визначення річного економічного ефекту проводиться за формулою:

$$\mathcal{E} = (C_1 + E_{\text{И}} \times K_1) - (C_2 + E_{\text{И}} \times K_2),$$

де, \mathcal{E} – річний економічний ефект або річна економія, гр.;

C_1 – собівартість виготовлення річної продукції до проведення заходів, гр.;

C_2 – те ж, після проведення заходу;

K_1 – капіталовкладення або виробничі фонди до проведення заходу в гр.;

K_2 – те ж, після проведення заходів;

$E_{\text{И}}$ – нормативний галузевої коефіцієнт економічної ефективності.

Річний економічний ефект від впровадження нової техніки можна визначати і за формулою:

$$\mathcal{E} = [(C_1 + K_1) - (C_2 + E_{\text{И}} \times K_2)] B_2,$$

де, C_1 і C_2 – собівартість одиниці продукції до і після впровадження заходу, гр.;

K_1 і K_2 – питомі капітальні вкладення на одиницю продукції, гр.;

B_2 – річний обсяг виробленої продукції або роботи після початку впровадження заходу, натуральні одиниці.

При визначенні річного економічного ефекту, що забезпечується впровадженням заходу, базою для порівняння показників економічної ефективності приймаються:

а) для проектних організацій при проектуванні і будівництві нових підприємств і споруд – показники кращого по техніко-економічним даним здійсненого або запроєктованого аналогічного підприємства або споруди у Україні або у інших країнах;

б) для науково-дослідних організацій, в тому числі і заводських, при освоєнні технологічних процесів і способів виробництва у Україні – показники кращого по техніко-економічним даним технологічного процесу або способу виробництва аналогічної продукції, що застосовуються або впроваджуваних у Україні або у інших країнах;

в) для конструкторських організацій, в тому числі заводських, при освоєнні нових конструкцій машин апаратів і приладів у Україні – показники кращих в Україні або у інших країнах по техніко-економічним даним аналогічних конструкцій;

г) для підприємств промисловості будівництва, транспорту, зв'язку, комунального господарства та геологорозвідувальних партій – фактичні показники до впровадження заходів.

При порівнянні показників базового і впроваджуваного варіантів, ці варіанти повинні бути приведені до порівнянного виду за умовами залягання родовища (у гірничодобувній промисловості), по міцності і пробурення порід, по інтервалах глибин свердловин (для геологорозвідувальних робіт), за обсягом хлестів і запасу деревини на 1 га (в лісозаготівельній промисловості), за терміном будівництва і введення в експлуатацію виробничих основних фондів (в будівництві) та інших факторів.

Якщо в результаті впровадження нової техніки поліпшується якість продукції, необхідно собівартість цієї продукції скорегувати (зменшити) відповідно до вказівок.

Економічний ефект від прискорення введення в дію об'єктів, що будуються, а також від скорочення термінів капітального ремонту доменних і мартенівських печей, обертових печей на цементних, глиноземних і керамзитових заводах та інших безперервно діючих агрегатах і машин ($\mathcal{E}_\text{Д}$), повинен обчислюватися за формулою:

$$Э_{д} = E_{и} \times K(T_{н} - T_{ф}),$$

де, K – вартість виробничих основних фондів достроково введе, них в дію, гр.;

$T_{н}$ – нормативні терміни будівництва підприємства (в роках), встановлені Держпланом України та Держбудом України, або нормативні терміни капітального ремонту печей, агрегатів і машин, затверджені в належному порядку. Якщо фактично досягнуті строки на аналогічних об'єктах менше нормативних, то приймаються ці фактично досягнуті строки;

$T_{ф}$ – фактичні терміни введення в дію об'єкта (в роках).

З отриманої економії повинні бути виключені додаткові витрати будівельної організації, викликані прискоренням термінів будівництва або ремонту.

Аналогічним порядком визначається економічний ефект по створенню проекту нового будівництва або технічної реконструкції, якщо в результаті здійснення цього проекту період будівництва виявляється нижче встановленого нормативу.

Примітка. Виплата премій за скорочення термінів введення в дію будівельних об'єктів проводиться за Положенням, затвердженим Постановою Державного комітету Ради Міністрів України з питань праці та заробітної плати.

Результати розрахунків річного економічного ефекту з усіма необхідними обґрунтуваннями повинні бути підписані керівниками підприємств і організацій та затверджені відповідно до Положення про преміювання за створення і впровадження нової техніки, затвердженого наказом Державного Комітету Міністрів України з питань праці та заробітної плати, в наступному порядку:

а) для заходів, премії за якими виплачуються за рахунок централізованого фонду, – керівниками раднаргоспів, міністерств, відомств, крайвиконкомів і облвиконкомів;

б) для заходів, премії за якими виплачуються за рахунок коштів, що залишаються в розпорядженні підприємств і організацій, – керівниками цих підприємств і організацій.

10.2 Основні умови проведення механізації, автоматизації та роботизації

Автоматизація технологічного процесу (ТП) виробництва зварних конструкцій – сукупність методів і засобів, призначена для реалізації системи або систем, що дозволяють здійснювати керування самим технологічним процесом без безпосередньої участі людини, або залишення за людиною права прийняття найбільш відповідальних рішень.

Як правило, в результаті автоматизації технологічного процесу створюється АСК ТП.

Основа автоматизації технологічних процесів – це перерозподіл матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків відповідно до прийнятого критерієм керування (оптимальності). Як оціночної характеристики може виступати поняття рівня (ступеня) автоматизації:

• **Часткова автоматизація** – автоматизація окремих апаратів, машин, технологічних операцій. Проводиться коли керування процесами внаслідок їх складності або швидкоплинності практично недоступно людині. Частково автоматизується як правило діючі обладнання. Локальна автоматизація широко застосовується на підприємствах промисловості де використовується зварювання та наплавлення.

• **Комплексна автоматизація** – передбачає автоматизацію технологічної ділянки, цеху або підприємства функціонують, як єдиний, автоматизований комплекс. *Наприклад*, електростанції.

• **Повна автоматизація** – це найвищий ступінь рівня автоматизації, при якій всі функції контролю і керування виробництвом (на рівні підприємства) передаються технічним засобам. На сучасному рівні розвитку повна автоматизація практично не застосовується, так як функції контролю залишаються за людиною. Близькими до повної автоматизації можна

назвати підприємства атомної енергетики.

Основними умовами проведення механізації, автоматизації та роботизації технологічного процесу виготовлення зварних конструкцій є:

- скорочення чисельності обслуговуючого персоналу;
- збільшення обсягів продукції, що випускається;
- підвищення ефективності виробничого процесу;
- підвищення якості продукції;
- зниження витрат сировини;
- підвищення ритмічності виробництва;
- підвищення безпеки;
- підвищення екологічності;
- підвищення економічності.

Цілі досягаються за допомогою вирішення наступних завдань автоматизації технологічного процесу:

- поліпшення якості регулювання;
- підвищення коефіцієнта готовності обладнання;
- поліпшення ергономіки праці операторів процесу;
- забезпечення достовірності інформації про матеріальні компоненти, які застосовуються у виробництві (в т.ч. за допомогою керування каталогом);
- зберігання інформації про хід технологічного процесу і аварійних ситуаціях.

Рішення задач автоматизації технологічного процесу здійснюється за допомогою:

- впровадження сучасних методів автоматизації;
- впровадження сучасних засобів автоматизації.

Автоматизація технологічних процесів в рамках одного виробничого процесу дозволяє організувати основу для впровадження систем керування виробництвом і систем керування підприємством.

У зв'язку з різними підходами розрізняють автоматизацію наступних технологічних процесів:

- автоматизація безперервних технологічних процесів виробництва зварних конструкцій (Process Automation);
- автоматизація дискретних технологічних процесів виробництва зварних конструкцій (Factory Automation);
- автоматизація гібридних технологічних процесів виробництва зварних конструкцій (Hybrid Automation).

10.3 Розрахунок економічної доцільності впровадження автоматизованого обладнання

Постійне вдосконалення техніки і технології супроводжується значними додатковими капітальними вкладеннями.

Впровадження нової техніки і технології, раціоналізаторських пропозицій, оргтехмероприятий буде, виправдано лише тоді, коли воно веде, до зниження собівартості продукції, підвищення продуктивності праці, поліпшення умов праці, підвищення якості продукції (економія у споживачів).

Додаткові капітальні вкладення, спрямовані на підвищення вдосконалення техніки і технології, повинні бути відшкодовані економією витрат на виробництво. За базу порівняння повинні прийматися зразки вітчизняної техніки або зарубіжної, якщо на неї є документація.

На підставі даних методичних вказівок розроблені «Методичні рекомендації по комп-

лексній оцінці ефективності заходів, спрямованих на прискорення НТПК в нафтовій промисловості».

РД-39-01/06-0001-89

Основними показниками, якими користуються при визначенні економічної ефективності від впровадження нової техніки, слугують:

- 1) капітальні вкладення, необхідні для впровадження нової техніки;
- 2) собівартість продукції (витрати на її виробництво і реалізацію);
- 3) термін окупності додаткових капітальних вкладень і коефіцієнт їх ефективності;
- 4) наведе, ні витрати;
- 5) продуктивність праці.

Крім основних показників при виборі економічно найбільш ефективних варіантів впровадження нової техніки технології використовуються допоміжні натуральні показники – питома витрата палива, енергії, сировини, матеріалів, кількість вивільнюваних робітників, коефіцієнт використання обладнання і т.п.

Також розглядаються соціально-економічні результати впровадження нової техніки (поліпшення умов праці і т.п.).

Економічний ефект від заходу за умовний рік:

$$\mathcal{E}_t = P_t - Z_t,$$

де, \mathcal{E}_t – економічний ефект за розрахунковий період;

P_t – виручка від реалізації продукції на рік за цінами, встановленими в централізованому або договірному порядку;

Z_t – вартісна оцінка витрат на здійснення заходу за умовний рік.

Поняття «**капітальні вкладення**» мають на увазі всі одноразові витрати, пов'язані з придбанням, створенням і зростанням виробничих фондів підприємства. Величину капітальних вкладень можна визначити середньорічний вартістю виробничих фондів, якими володіє підприємство.

Основний показник ефективності впровадження нової техніки – річний економічний ефект, визначення якого ґрунтується на зіставленні наведе, ніх витрат по замінній (базовій) і впроваджуваної техніки.

Економічний ефект від впровадження нової техніки показує доцільність впровадження та визначення за умовний рік, тобто в день з дня впровадження і далі календарний рік.

Якщо в подальшому збільшуються обсяги впровадження або впровадження переноситься на ряд споріднених підприємств, то дана методика дозволяє провести перерахунок за знову досягнутому обсягом впровадження і, відповідно, отримати новий економічний ефект, доплатити авторам за новий обсяг. Річний економічний ефект являє собою сумарну економію всіх виробничих ресурсів (живої праці, суспільної праці, капітальних вкладень), яку отримує народне господарство в результаті виробництва і використання нової техніки, яка в кінцевому рахунку, виражається в збільшенні національного доходу.

Наведе, ні витрати являють собою суму собівартості і нормативного прибутку:

$$Z = C' + E_n'K,$$

де, Z – наведе, ні витрати, гр.;

C' – собівартість одиниці продукції (робіт), гр.;

E_n' – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень, $E_n' = 0,15$;

K – питомі капітальні вкладення у виробничі фонди.

Економія (річний економічний ефект) розраховується:

$$\mathcal{E} = (Z_1' - Z_2')Q_2,$$

де, Z_1' – витрати на одиницю продукції до впровадження (наведені);

Z_2' – витрати на одиницю продукції після впровадження;

Q_2 – видобуток (річний обсяг продукції) після впровадження.

Розрахунок економії від впровадження нової техніки при зміні обсягу виробництва (Q_2):

$$\Delta = [(C_1' + E_{II}' K_1') - (C_2' + E_{II}' K_2')] Q_2,$$

де, C_1', C_2' – собівартість одиниці продукції до і після впровадження нової техніки;

K_1', K_2' – питомі кап. вкладення до і після впровадження нової техніки.

Розрахунок економічного ефекту від впровадження автоматизації виробництва:

$$\Delta = (C_1 - C_2) - E_{II}' \Delta K,$$

де, ΔK – додаткові кап. вкладення.

Річний економічний ефект від застосування нової технології, що забезпечує збільшення і підвищення виробництва, визначається за формулою:

$$\Delta = (C_1' + E_{II}' K_1') Q_1 + H' \Delta Q - (C_2' + E_{II}' K_2') Q_2,$$

де, H' – спеціальний норматив питомих приведених витрат на 1 тону приросту продукції.

У тих випадках, коли впровадження нової техніки вимагає додаткових кап. вкладень, забезпечуючи при цьому рівний в порівнянні з базовим варіантом обсяг продукції, застосовується формула:

$$\Delta = (C_1' - C_2') Q_2 - E_{II}' \Delta K,$$

де, ΔK – додаткові кап. вкладення;

E_{II}' – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_{II}' = 0,15$.

Термін окупності:

$$T = \Delta K / \Delta C,$$

де, $\Delta C = (C_1' - C_2') * Q_2$.

Техніко-економічні показники НГДУ «Укрнафта»

№ з/п.	Найменування показників	Одиниці виміру	До впровадження	На впровадження	Після впровадження
1	Видобуток нафти	тис. тон	1214,2	+250	1214,450
2	Чисельність промислово-виробничого персоналу	чол.	1279	—	1279
3	Продуктивність праці	—	0,95	—	0,95
4	Собівартість	тис. гр.	—	206477609	—

Розрахунок економічної ефективності від впровадження автоматизованої системи керування технологічними процесами Кама-Ісмагіловской УПВСН. Техніко-економічне обґрунтування реконструкції Кама-Ісмагіловской УПВСН.

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	До реконструкції	Після реконструкції
1	Кількість нафти, підготовленої у рік	тон	500000	750000
2	Витрати на реконструкцію	гр.	—	43837000
3	Додаткова підготовка нафти	тон	—	250000
4	Умовно-змінні витрати на 1 тону	гр.	—	585,5
5	Умовно-змінні витрати на додатковий обсяг	гр.	—	146375000
6	Ціна реалізації 1 тонни на внутрішньому ринку без ПДВ	гр.	2403,28	2403,28
7	Виручка від реалізації	гр.	1201640000	1802460000
8	Економічний ефект	гр.	—	410608000
9	Чистий прибуток	гр.	—	312062080

Розрахунок річного економічного ефекту від застосування нової техніки і технології в результаті, якого відбувається зниження собівартості розраховується за формулою:

$$\mathcal{E} = R - R_1$$

де, R – вартісна оцінка результатів здійснення заходу за розрахунковий період (в гр.);

R_1 – вартісна оцінка витрат на здійснення заходів за цей же період.

Економічний ефект визначаємо наступним чином:

1) Визначаємо умовно-змінні витрати на додатковий обсяг нафти:

$$250000 * 585,5 = 146375000 \text{ гр.}$$

2) Визначаємо суму від реалізації додаткового обсягу нафти:

$$2403,28 * 250000 = 600820000 \text{ гр.}$$

3) Визначаємо економічний ефект від реконструкції Кама-Ісмагіловського УПВСН:

$$600820000 - 147967391 - 246375000 = 206477609 \text{ гр.}$$

Чистий економічний ефект складе:

$$206477609 - 24\% = 156922982 \text{ гр.}$$

Термін окупності капітальних вкладень на впровадження АСУТП:

$$T = K/\mathcal{E}_3 = 247967395/206477605 = 1,2 \text{ года,}$$

де, K – капітальні вкладення на створення АСУ ТП;

\mathcal{E}_3 – економія витрат на рік.

Створення та впровадження даної системи дозволить:

– наблизити обчислювальні ресурси безпосередньо до технологічних об'єктів керування;

– забезпечити вирішення якісно нових завдань (оперативне керування в реальному масштабі часу, діагностика і прогнозування стану обладнання);

– підвищити оперативність прийняття рішень на основі підвищення рівня інформованості персоналу і достовірності даних;

– проводити розширення і вдосконалення функцій системи в процесі експлуатації.

Капітальні вкладення на створення системи.

Вартість розробки проекту автоматизації	156750 гр.
Вартість обладнання нижнього рівня (КіП)	570000 гр.
Вартість будівельно-монтажних робіт	142500 гр.
Обстеження об'єкта, розробка і затвердження технічного завдання	22800 гр.
Монтаж КТС на об'єкті (30 % вартості обладнання)	147915 гр.
Пусконаладжувальні роботи системи	199500 гр.
Розробка експлуатаційної документації	99750 гр.
Супровід системи	57000 гр.
Разом	1396215 гр.

Основне обладнання і ПО

Автоматизоване робочого і спец-оператора 1	66789 гр.
Автоматизоване робочого і спец-оператора 2	54722 гр.
Контролер Мікро РС1	411880 гр.
Контролер Мікро РС1	395882 гр.
Установка підготовки нафти. 19" стійка PROLINE	110945 гр.
Клеми, маркування, монтажний дріт	37386 гр.
Меблі для АРМ оператора	59821 гр.
Мережеве обладнання, монтажні кабелі	3961 гр.
Блок живлення	276295 гр.
Загальносистемне програмне забезпечення	286604 гр.
Програмне забезпечення для самостійного розвитку системи	100387 гр.

ЗПААРМ оператора	27089 гр.
ЗП рівень мікроконтролера	107488 гр.
Разом з основним обладнанням та комплектуючими, ПЗ	1939253 гр.
Збірка системи (10 % основного обладнання без урахування ЗПА і базового ПЗ)	141768 гр.
Підсумкова вартість прикладного ПО з урахуванням коефіцієнту тиражування $K=0,75$:	182632 гр.
Контролер Місго РС1	
Підсумкова вартість прикладного ПО з урахуванням коефіцієнта тиражування $K=0.75$:	182632 гр.
Контролер Місго РС2	
Підсумкова вартість прикладного ПО з урахуванням коефіцієнту тиражування $K=0.75$:	287895 гр.
АРМ оператора.	
Разом	2734180 гр.
Підсумкова вартість роботи із створення АСУ ТПУПВСН в виконуваних фірмою ШАТЛ.	4130395 гр.
Загальна сума витрат на реконструкцію	247967395 гр.