

The background of the cover is a photograph of an industrial casting plant. It shows a complex system of orange-colored metal beams and machinery. Molten metal is visible in some areas, creating a bright, glowing effect. The overall atmosphere is industrial and technical.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ

## ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Г. Е. ЛЕВШИН

Г. Е. ЛЕВШИН

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Монография

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2022

УДК 621.74:681.51:658.52

ББК 34.61

Л34

Р е ц е н з е н т ы :

докт. техн. наук, профессор *А. А. Багаев*;  
канд. техн. наук, профессор *В. Г. Москалев*

**Левшин, Г. Е.**

**Л34** Автоматизация литейного производства : монография /  
Г. Е. Левшин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. –  
624 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-0795-3

Рассмотрены аспекты автоматизации операций литейного производства. Изложены основные понятия, системы и средства автоматического контроля, защиты и управления. Показана разработка структурной схемы автоматизированного технологического процесса, конструктивно-технологической и функциональной схем, алгоритмов управления, циклограммы и тактограммы. Приведены основы проектирования высокоэффективного автоматического литейного оборудования и анализ структурно-компоновочных решений автоматических машин и линий.

Для специалистов, занимающихся автоматизацией литейного производства, а также ученых и инженеров. Может быть полезно студентам и аспирантам машиностроительных и металлургических специальностей.

УДК 621.74:681.51:658.52

ББК 34.61

ISBN 978-5-9729-0795-3

© Левшин Г. Е., 2022

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
Введение .....	6
<b>1. Общие основы автоматизации .....</b>	<b>7</b>
1.1 Способы и функциональные узлы схем автоматического управления.....	7
1.1.1. Управление в функции пути механизма и положения изделия.....	7
1.1.2. Автоматическое управление в функции времени.....	18
1.1.3. Управление в функции давления .....	25
1.1.4. Программное управление .....	26
1.1.5. Управление с применением шаговых распределителей .....	28
1.2. Автоматы и автоматические линии.....	30
1.2.1. Машины-автоматы .....	32
1.2.2. Автоматические линии .....	33
1.3. Понятие о гибком автоматизированном производстве и роботизации... 56	
1.3.1. Основные определения .....	56
1.3.2. Структура литейного роботизированного технологического комплекса .....	58
1.3.3. Классификация промышленных роботов .....	59
1.3.4. Структура роботов .....	60
1.3.5. Системы управления роботами .....	66
1.4. Надежность автоматов, роботов и автоматических линий .....	76
1.4.1. Понятие надежности и отказов .....	76
1.4.2. Причины отказов в работе .....	77
1.4.3. Показатели надежности .....	79
1.4.4. Пути повышения надежности .....	83
<b>2. Дозирование шихтовых и формовочных материалов .....</b>	<b>84</b>
2.1. Характеристика литейных материалов.....	84
2.2. Технологические аспекты дозирования.....	87
2.3. Дозирование сыпучих формовочных материалов .....	89
2.3.1. Дозирование песка и оборотной смеси.....	89
2.3.2. Дозирование молотого угля и глины.....	95
2.3.3. Дозирование опилок и древесной муки.....	96
2.4. Дозирование шихтовых материалов .....	96
2.4.1. Классификация и примеры весодозирующего оборудования .....	96
2.4.2. Линии дозирования и загрузки шихты .....	99
2.5. Дозирование жидких материалов.....	114
2.5.1. Классификация материалов и варианты дозирования.....	114
2.5.2. Дозаторы .....	114
2.6. Подающие устройства.....	120
2.7. Сигнализаторы уровня и уровнемеры .....	125
2.7.1. Датчики уровня шихтовых материалов .....	125
2.7.2. Сигнализаторы уровня сыпучих и жидких материалов .....	127
2.8. Системы дозирования .....	130
<b>3. Автоматизация приготовления смеси и подготовки оборотной смеси .....</b>	<b>134</b>

3.1. Необходимые операции и параметры контроля.	
Состав смесеприготовительных систем .....	134
3.2. Методы контроля влажности смесей .....	136
3.2.1. Требования к методам автоматического контроля .....	136
3.2.2. Классификация методов контроля влажности .....	137
3.2.3. Апробированные методы .....	138
3.3. Методы контроля и регулирования увлажнения формовочной смеси в процессе её автоматического приготовления .....	142
3.3.1. Понятие о двух системах регулирования влажности смеси .....	142
3.3.2. Регулирование влажности по формуемости смеси .....	144
3.4. Автоматизация контроля физико-механических свойств формовочных смесей .....	147
3.5. Системы дозирования воды, жидких связующих и добавок .....	150
3.6. Средства управления дозированием компонентов смеси .....	154
3.7. Автоматизация смесеприготовительных установок и смесителей периодического действия .....	157
3.8. Автоматизация подготовки оборотной песчано-глинистой смеси .....	161
3.9. Автоматизация раздачи сыпучих материалов по бункерам .....	164
3.9.1. Две задачи, решаемые при автоматизации .....	164
3.9.2. «Идеальная» система .....	165
3.9.3. Независимая автономная система .....	165
3.9.4. Последовательно-принудительная система .....	166
3.9.5. Пропорциональная система .....	166
3.9.6. Система принудительного (программно-временного) заполнения .....	167
3.9.7. Поискково-корректировочная система .....	168
3.10. Автоматизация смесеприготовительных отделений .....	169
3.10.1. Общие вопросы автоматизации отделений .....	169
3.10.2. Примеры автоматизации отделений .....	171
<b>4. Автоматизация плавки .....</b>	<b>175</b>
4.1. Автоматизация плавки в вагранках .....	175
4.1.1. Вагранка, как объект автоматизации .....	175
4.1.2. Системы автоматизации плавки в вагранках .....	181
4.2. Автоматизация плавки в электродуговых печах .....	195
4.2.1. Технологические аспекты автоматизации .....	195
4.2.2. Электродуговая печь как объект автоматизации .....	197
4.2.3. Особенности дуговой плавильной печи как управляемого объекта .....	198
4.2.4. Управление электрическим режимом плавки .....	199
4.2.5. Управление тепловым режимом плавки .....	204
4.2.6. Примеры автоматизации .....	206
4.3. Автоматизация плавки в индукционных печах .....	220
4.3.1. Классификация печей и состав САУ .....	220
4.3.2. Управление электрическим режимом .....	221
4.3.3. Контроль качества изоляции индуктора и футеровки .....	224
4.3.4. Управление тепловым режимом .....	226

4.3.5. Особенности автоматизации плавки в вакуумных печах.....	229
4.3.6. Примеры автоматизации.....	229
<b>5. Автоматизация изготовления разовых объемных литейных форм ..</b>	<b>234</b>
5.1. Автоматизация изготовления безопочных форм	
с горизонтальным разъемом.....	234
5.1.1. Операции.....	234
5.1.2. Изготовление форм на вибропрессовом автомате.....	234
5.1.3. Автоматическая установка и линия безопочной формовки.....	236
5.2. Автоматизация изготовления опочных форм.....	238
5.2.1. Автоматическая линия с тележечным литейным конвейером .....	238
5.2.2. Автоматическая линия с рольганговым конвейером.....	240
5.3. Автоматизация изготовления опочных стопочных форм	
с горизонтальным разъемом.....	241
5.3.1. Автомат 1012М безопочной стопочной формовки.....	241
5.4. Автоматизация изготовления безопочных форм	
с вертикальным разъемом.....	243
5.4.1. Пескодувно-прессовые автоматы для горизонтально-стопочных безопочных форм.....	243
5.4.2. Автоматическая линия «Disamatic» .....	246
5.4.3. Отечественные линии КЛ2002, АЛ23714 .....	249
5.5. Автоматизация простановки (укладки) стержней в полуформу.....	252
5.5.1. Технологические принципы автоматизации простановки стержней.....	252
5.5.2. Примеры автоматизации укладки стержней .....	255
5.6. Автоматизация кантовки, соединения, разъединения	
и перемещения полуформ и опок с горизонтальным разъемом.....	258
5.6.1. Технологические принципы .....	258
5.6.2. Автоматизация соединения и разъединения .....	261
5.6.3. Кантователи, перестановщики, срезающие, очищающие и другие механизмы.....	269
<b>6. Автоматизация изготовления стержней.....</b>	<b>274</b>
6.1. Технологические принципы автоматизации изготовления стержней..	274
6.2. Примеры автоматизации изготовления стержней .....	278
6.2.1. Автоматизация изготовления стержней в нагреваемых ящиках ..	278
6.2.2. Автоматизация изготовления стержней в «холодных» ящиках ..	286
6.2.3. Автоматизация изготовления стержней в неразъемных ящиках на линиях .....	291
6.3. Примеры автоматизации изготовления стержней, уплотняемых вибрацией, пескометом, центробежными силами.....	296
6.4. Примеры автоматизации финишных операций изготовления стержней.....	308
<b>7. Автоматизация заливки форм, удаления отливок из форм и стержней из отливок.....</b>	<b>309</b>
7.1. Автоматизация скрепления и заливки форм .....	309
7.1.1. Технологические принципы и возможности.....	309
7.1.2. Примеры автоматического скрепления полуформ .....	315

7.1.3. Примеры автоматической заливки.....	320
7.2. Автоматизация удаления отливок из форм и стержней из отливок.....	346
7.2.1. Автоматизация удаления отливок из разовых форм.....	347
7.2.2. Автоматизация удаления отливок из постоянных форм.....	363
7.3. Автоматизация транспорта отливок от места их удаления из форм на последующие операции.....	366
7.3.1. Транспортирование без фиксации положения отливки.....	366
7.3.2. Транспортирование с фиксацией положения отливки.....	368
7.4. Автоматизация удаления разовых стержней из отливок.....	371
7.4.1. Особенности удаления стержней.....	371
7.4.2. Вибрационное удаление.....	372
7.4.3. Гидравлическое удаление.....	373
7.4.4. Электрогидравлическое удаление.....	374
<b>8. Автоматизация обработки отливок.....</b>	<b>376</b>
8.1. Автоматизация отделения от отливок литниково-питающих систем.....	376
8.1.1. Технологические принципы отделения.....	376
8.1.2. Безударное, ударное и вибрационное отделение.....	377
8.1.3. Механическая отрезка абразивными кругами, фрезами, пилами, ножами.....	386
8.1.4. Пламенная (огневая) резка.....	391
8.2. Автоматизация очистки отливок от смеси и пригара.....	397
8.2.1. Технологические аспекты автоматизации.....	397
8.2.2. Схемы автоматизации процесса очистки отливок.....	397
8.2.3. Очистка трением в галтовочных барабанах.....	399
8.2.4. Дробеметная и дробеструйная очистка.....	401
8.2.5. Вибрационная очистка.....	409
8.2.6. Термохимическая и электрохимическая очистка.....	410
8.3. Автоматизация зачистки на отливках заливок и остатков литниково-питающей системы.....	413
8.3.1. Технологические и организационные аспекты.....	413
8.3.2. Автоматизация абразивной зачистки.....	416
8.3.3. Термомеханическая и электротермомеханическая зачистка.....	431
8.3.4. Зачистка роботами.....	432
8.4. Автоматизация окрашивания отливок.....	436
8.4.1. Технологические основы автоматизации.....	436
8.4.2. Подготовка поверхности.....	437
8.4.3. Окрашивание окунанием.....	439
8.4.4. Окрашивание обливом.....	439
8.4.5. Окраска пневматическим и механическим распылением.....	442
8.4.6. Окрашивание жидкими красками в электростатическом поле.....	447
8.4.7. Окрашивание электроосаждением жидких красок.....	448
8.4.8. Окрашивание напылением в электростатическом поле.....	449
8.4.9. Сушка (отверждение) жидких покрытий.....	453
<b>9. Автоматизация специальных способов литья.....</b>	<b>455</b>
9.1. Автоматизация литья в оболочковые формы по постоянным моделям.....	455

9.1.1. Технологические аспекты автоматизации.....	455
9.1.2. Формовочные полуавтоматы и автоматы.....	455
9.1.3. Автоматизация поточного производства.....	468
9.2. Автоматизация литья по разовым моделям .....	479
9.2.1. Особенности технологии и автоматизации .....	479
9.2.2. Приготовление и подготовка модельных композиций.....	480
9.2.3. Изготовление разовых моделей .....	484
9.2.4. Изготовление оболочковых форм .....	488
9.2.5. Сушка оболочек.....	493
9.2.6. Удаление воскоподобных моделей из оболочковых форм .....	494
9.2.7. Примеры комплексной автоматизации изготовления отливок.....	495
9.3. Автоматизация литья в кокиль .....	500
9.3.1. Технологические основы автоматизации .....	500
9.3.2. Автоматические устройства в кокильных автоматах и полуавтоматах .....	501
9.3.3. Полуавтоматы, автоматы, автоматические линии.....	504
9.4. Автоматизация литья под давлением.....	519
9.4.1. Особенности автоматизации .....	519
9.4.2. Автоматизация операций на машине.....	520
9.4.3. Автоматы с холодной камерой прессования.....	543
9.4.4. Автоматы с горячей камерой прессования.....	554
9.4.5. Автоматизированные и роботизированные комплексы.....	558
<b>10. Автоматизация литья в магнитные формы .....</b>	<b>562</b>
10.1. Автоматизация литья в неполые формы.....	562
10.1.1. Технологические особенности автоматизации .....	562
10.1.2. Автоматизация изготовления неполых форм со стационарным намагничивающим устройством .....	563
10.1.3. Оборудование для изготовления неполых форм с передвижным намагничивающим устройством .....	579
10.2. Автоматизации литья в полые магнитные формы.....	585
10.2.1. Технологические принципы и особенности автоматизации.....	585
10.2.2. Автоматические линии с намагничивающим устройством без опоки.....	586
10.2.3. Линия с намагничивающими устройствами и опоками.....	593
10.2.4. Примеры конструктивного выполнения токоподвода разъемной магнитной формы.....	597
10.2.5. Сборщик полых магнитных форм.....	599
10.3. Автоматизация подготовки оборотного формовочного материала.....	602
<b>Список литературы.....</b>	<b>610</b>