



ИНЖЕНЕРНАЯ ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

Е. А. Деулин, М. С. Басманов

ИНЖЕНЕРНАЯ ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2025

УДК 533.5
ББК 31.77
Д38

Рецензент:
доктор технических наук,
профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»
МТГУ им. Н. Э. Баумана *Михайлов В. П.*

Деулин, Е. А.

Д38 Инженерная вакуумная техника : учебное пособие / **Е. А. Деулин,**
М. С. Басманов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. –
296 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-2434-9

Изложены основные положения физики вакуума, описание и принципы работы элементов вакуумного оборудования (вакуумных насосов, манометров, фланцев, электрических и механических вводов в вакуум и др.), работающих в высоком и сверхвысоком вакууме. Приведено описание лабораторных работ по практическому освоению вакуумной техники.

Для студентов и инженеров, связанных с вакуумной техникой.

УДК 533.5
ББК 31.77

ISBN 978-5-9729-2434-9

© **Деулин Е. А.,** Басманов М. С., 2025
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

Оглавление

Предисловие	3
Лекция № 1. Исторический экскурс	4
Лекция № 2. Кинетическая теория газов.....	7
Лекция № 3. Скорости молекул. Распределение молекул по скоростям Максвелла – Больцмана.....	11
Лекция № 4. Поведение реальных газов и паров	15
Лекция № 5. Длина свободного пробега молекул.....	18
Лекция № 6. Явление переноса (вязкость, теплопроводность, диффузия)	22
Лекция № 7. Основы процесса откачки. Термины и определения	29
Лекция № 8. Средства получения вакуума	33
Лекция № 9. Вращательные насосы (механические «масляные» насосы).....	36
Лекция № 10. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы	39
Лекция № 11. Двухроторные насосы (насосы Рутса)	42
Лекция № 12. Диффузионные насосы	44
Лекция № 13. Молекулярные насосы.....	48
Лекция № 14. Сорбция газов и паров твердыми телами	51
Лекция № 15. Адсорбционные насосы.....	56
Лекция № 16. Геттерно-ионные насосы.....	60
Лекция № 17. Криогенные насосы (крионасосы).....	63
Лекция № 18. Принципы измерения вакуума.....	67
Лекция № 19. Механические (деформационные) манометры.....	86
Лекция № 20. Тепловые манометры.....	90
Лекция № 21. Ионизационные манометры.....	94
Лекция № 22. Приборы для измерения парциальных давлений: масс-спектрометры	98
Лекция № 23. Течеискание.....	103
Лекция № 24. Конструкция рабочей камеры вакуумного оборудования.....	107

Лекция № 25. Структура компоновок многокамерного вакуумного технологического оборудования.....	115
Лекция № 26. Элементы вакуумной арматуры.....	122
Лекция № 27. Газовыделение внутрикамерных устройств	130
Лекция № 28. Расчёт газовыделения из кинематических пар.....	140
Лекция № 29. Адсорбция и десорбция газов	148
Лекция № 30. Растворимость, газосодержание, диффузия, проницаемость.....	166
Лекция № 31. Традиционные и нетрадиционные методы обезгаживания	184
Лекция № 32. Диагностика вакуумных механизмов.....	200
Лекция № 33. Диагностика вакуумных шарикоподшипников гиродинов и турбомолекулярных насосов	211
Лекция № 34. Перспективы создания прецизионного вакуумного натекателя	218
Лекция № 35. Вакуумная технология получения наноструктурированного топлива в условиях изоляции от источников нефтепродуктов.....	223
Лабораторная работа № 1. Изучение вакуумных насосов.....	229
Лабораторная работа № 2. Измерение вакуума.....	238
Лабораторная работа № 3. Измерение быстроты откачки двумя методами	246
Лабораторная работа № 4. Изучение методов течеискания	250
Лабораторная работа № 5. Исследование газовой среды с помощью масс-спектрометрии.....	254
Лабораторная работа № 6. Изучение экспериментального стенда для диагностики турбомолекулярных вакуумных насосов	263
Лабораторная работа № 7. Вибрационная диагностика турбомолекулярных вакуумных насосов (ТМН).....	273
Список обозначений	286
Список литературы и используемых источников	290