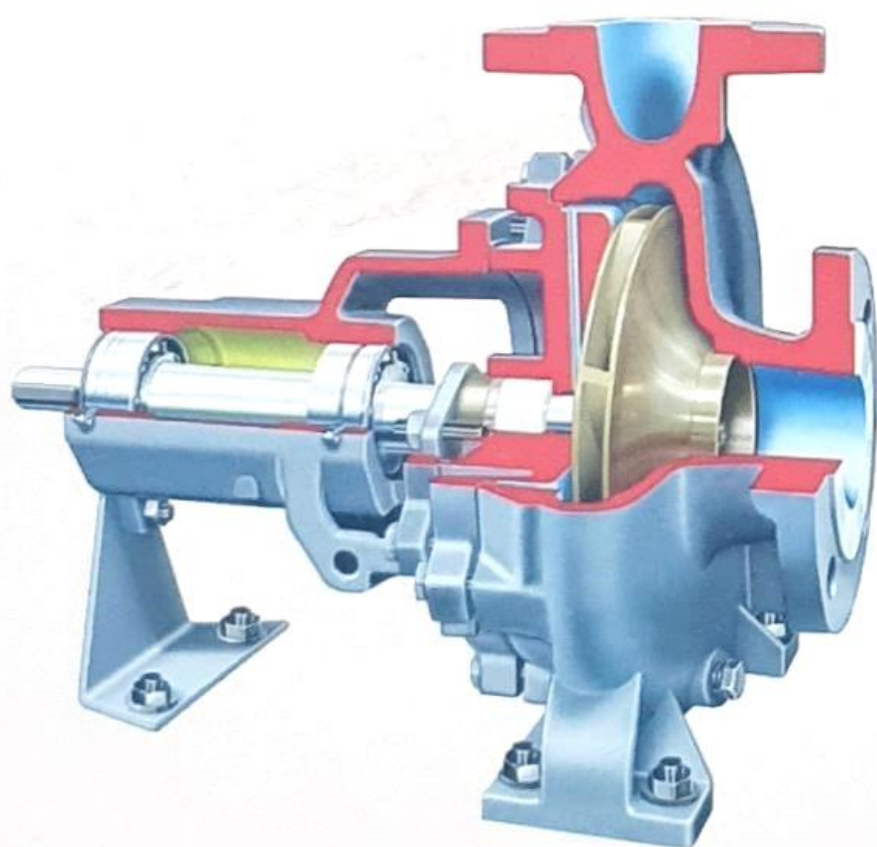


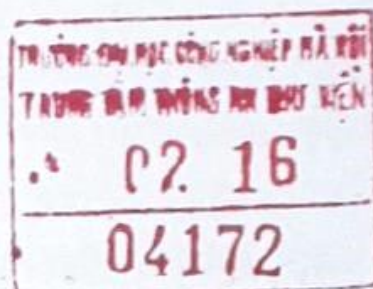
GS.TS. LÊ DANH LIÊN

BƠM, QUẠT CÁNH DẪN



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

GS. TS. LÊ DANH LIÊN



BƠM, QUẠT CÁNH DẪN

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA – HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Môn học Bơm, quạt cánh dẫn là một trong các môn học chính của ngành đào tạo Máy và Tự động thủy khí. Để phục vụ cho công tác đào tạo theo tín chỉ và góp phần nâng cao chất lượng đào tạo, tác giả biên soạn và xuất bản giáo trình *Bơm, quạt cánh dẫn* làm tài liệu học tập chính thức cho sinh viên ngành Máy và Tự động thủy khí.

Giáo trình này có thể dùng làm tài liệu học tập và tham khảo cho sinh viên các ngành Cơ khí, Xây dựng, Máy Năng lượng và một số ngành khác. Giáo trình cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho các cán bộ kỹ thuật làm những công việc liên quan tới các máy bơm, quạt là các thiết bị được ứng dụng rất rộng rãi trong các ngành kinh tế quốc dân.

Để đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo và tham khảo cho sinh viên, cán bộ kỹ thuật làm việc trong các lĩnh vực ngành nghề liên quan, tác giả đã cố gắng giới thiệu những kiến thức cơ bản, các phương pháp tính toán thiết kế được ứng dụng trong thực tế sản xuất và những kết quả nghiên cứu gần đây nhất.

Tác giả chân thành cảm ơn sự đóng góp ý kiến quý báu của các bạn đồng nghiệp, các thầy cô giáo trong Bộ môn Máy và Tự động thủy khí, Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, Ban Biên tập Nhà xuất bản Bách Khoa – Hà Nội cho việc in ấn và xuất bản giáo trình này.

Vì thời lượng có hạn và là tài liệu xuất bản lần đầu tiên nên giáo trình chắc chắn không tránh khỏi sai sót. Chúng tôi rất mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Mọi ý kiến xin gửi về Bộ môn Máy và Tự động thủy khí, Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, số 1 – Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội.

Tác giả

GS. TS. Lê Danh Liên

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....	3
CHƯƠNG 1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ BƠM, QUẠT CÁNH DẪN ...	13
1.1. Định nghĩa và phân loại	13
1.1.1. Định nghĩa	13
1.1.2. Phân loại	14
1.2. Các thông số làm việc cơ bản của bơm, quạt	16
1.2.1. Lưu lượng	16
1.2.2. Cột áp.....	16
1.2.3. Công suất và hiệu suất của bơm, quạt.....	17
1.3. Công dụng và lĩnh vực sử dụng của bơm, quạt.....	19
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA BƠM, QUẠT CÁNH DẪN	22
2.1. Giới thiệu chung	22
2.2. Sơ đồ kết cấu và nguyên lý tác dụng của bơm quạt cánh dẫn.....	23
2.2.1. Sơ đồ kết cấu của bơm quạt cánh dẫn.....	23
2.2.2. Nguyên lý tác dụng của bơm, quạt cánh dẫn	24
2.3. Các lý thuyết cơ bản về bơm, quạt cánh dẫn	25
2.4. Phương trình cơ bản của máy cánh dẫn.....	27
2.5. Ảnh hưởng của số cánh dẫn hữu hạn tới cột áp của máy	33
2.6. Ảnh hưởng của chiều dày cánh dẫn tới sự phân bố vận tốc của dòng chất lỏng	37
2.7. Ảnh hưởng của kết cấu cánh dẫn tới cột áp của bơm và quạt	39
2.7.1. Ảnh hưởng của góc β_1	40
2.7.2. Ảnh hưởng của góc β_2	40
2.8. Hệ số phản lực của cánh dẫn	45
2.9. Cột áp thực của bơm quạt cánh dẫn.....	46
2.10. Đường đặc tính của bơm, quạt cánh dẫn	47
2.10.1. Đường đặc tính lý thuyết $H_{lt} - Q_{lt}$ của bơm, quạt cánh dẫn	47
2.10.2. Đường đặc tính làm việc lý thuyết $(H - Q)$ của bơm, quạt cánh dẫn ..	49

CHƯƠNG 3. LUẬT TƯƠNG TỰ TRONG BƠM, QUẠT CÁNH DẪN, HIỆN TƯỢNG XÂM THỰC VÀ ĐIỀU KIỆN TƯƠNG TỰ XÂM THỰC.....	52
3.1. Điều kiện tương tự.....	52
3.1.1. Điều kiện tương tự hình học	52
3.1.2. Điều kiện tương tự động học	53
3.1.3. Điều kiện tương tự động lực	53
3.2. Các phương trình tương tự của bơm, quạt cánh dẫn.....	55
3.2.1. Phương trình tương tự lưu lượng	55
3.2.2. Phương trình tương tự cột áp	56
3.2.3. Phương trình tương tự công suất	57
3.2.4. Hệ số vận tốc	58
3.3. Số vòng quay đặc trưng của bơm, quạt cánh dẫn và phân loại.....	60
3.3.1. Số vòng quay đặc trưng của bánh công tác của bơm.....	60
3.3.2. Số vòng quay đặc trưng của bánh công tác của quạt	61
3.3.3. Phân loại bánh công tác theo số vòng quay đặc trưng	63
3.4. Hiện tượng xâm thực trong bơm.....	64
3.4.1. Bản chất vật lý của hiện tượng xâm thực.....	64
3.4.2. Cột áp hút và chiều cao hút của bơm.....	66
3.4.3. Điều kiện tương tự xâm thực và hệ số xâm thực	70
3.4.4. Biện pháp ngăn ngừa và giảm xâm thực.....	75
CHƯƠNG 4. BƠM LY TÂM	77
4.1. Kết cấu và nguyên lý làm việc của bơm ly tâm.....	77
4.2. Phân loại bơm ly tâm	79
4.3. Phương trình cột áp và lưu lượng của bơm ly tâm.....	81
4.3.1. Cột áp của bơm ly tâm.....	81
4.3.2. Lưu lượng của bơm ly tâm	81
4.4. Tổn thất và hiệu suất trong bơm ly tâm	82
4.4.1. Tổn thất cơ khí.....	82
4.4.2. Tổn thất lưu lượng	84
4.4.3. Tổn thất thủy lực.....	88

4.5. Đường đặc tính thực nghiệm của bơm ly tâm.....	91
4.5.1. Thí nghiệm xây dựng đường đặc tính thực nghiệm của bơm ly tâm.....	91
4.5.2. Các dạng đường đặc tính thực nghiệm của bơm ly tâm.....	96
4.6. Các đường đặc tính tương đối và các đường đặc tính không thứ nguyên của bơm ly tâm.....	99
4.7. Đường đặc tính xâm thực của bơm ly tâm.....	101
4.8. Lực tác dụng lên bánh công tác của bơm ly tâm và cân bằng lực.....	103
4.8.1. Trọng lực và lực quán tính.....	103
4.8.2. Lực hướng trục tác dụng lên bánh công tác của bơm ly tâm và cân bằng lực.....	105
4.8.3. Lực hướng kính tác dụng lên bánh công tác của bơm ly tâm và cân bằng lực.....	112
4.9. Những vấn đề liên quan đến việc sử dụng bơm ly tâm.....	115
4.9.1. Các yêu cầu đối với việc chọn và sử dụng bơm.....	115
4.9.2. Biện pháp thay đổi thông số hình học của bánh công tác đáp ứng nhu cầu sử dụng bơm.....	117
4.9.3. Những sự cố thường xảy ra trong quá trình vận hành bơm và nguyên nhân.....	118

CHƯƠNG 5. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BÁNH CÔNG TÁC

CỦA BƠM LY TÂM..... 120

5.1. Tính toán thiết kế bánh công tác của bơm ly tâm dạng cánh trụ.....	120
5.1.1. Tính toán các thông số làm việc cơ bản của bánh công tác.....	120
5.1.2. Tính các kích thước vào chính của bánh công tác.....	122
5.1.3. Tính các kích thước ra chính của bánh công tác.....	125
5.1.4. Xây dựng tiết diện kinh tuyến của bánh công tác.....	129
5.1.5. Tính toán xây dựng biên dạng cánh bánh công tác bơm ly tâm dạng cánh trụ.....	130
5.2. Tính toán xây dựng biên dạng cánh bánh công tác bơm ly tâm dạng cánh cong hai chiều.....	132
5.2.1. Phương pháp xây dựng đường dòng đẳng tốc.....	133
5.2.2. Phương pháp xây dựng đường dòng đẳng thế.....	135
5.2.3. Xây dựng biên dạng cánh bánh công tác bơm ly tâm dạng cánh cong hai chiều bằng phương pháp điểm.....	138

5.2.4. Xây dựng biên dạng cánh bánh công tác bơm ly tâm dạng cánh cong hai chiều bằng phương pháp Bauersfeldơ.....	139
5.2.5. Xây dựng biên dạng cánh bánh công tác bơm ly tâm dạng cánh cong hai chiều bằng phương pháp biến hình bảo giác (BHBG).....	141
5.2.6. Ví dụ tính toán thiết kế bánh công tác ly tâm cánh trụ	150

CHƯƠNG 6. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CƠ CẤU DẪN DÒNG

CỦA BƠM LY TÂM..... 158

6.1. Kết cấu, công dụng và tính toán cơ cấu dẫn dòng ra	158
6.1.1. Kết cấu, công dụng của cơ cấu dẫn dòng ra.....	158
6.1.2. Đặc tính của cơ cấu dẫn dòng xoắn	162
6.1.3. Chuyển động của chất lỏng trong buồng xoắn.....	164
6.1.4. Quan hệ của lưu lượng chất lỏng qua các tiết diện của buồng xoắn với góc bao của tiết diện	165
6.1.5. Lưu lượng chất lỏng chảy qua tiết diện buồng xoắn có hình dạng bất kỳ	166
6.1.6. Tính buồng xoắn theo quy luật $rV_U = \text{const}$	168
6.1.7. Tính toán máng dẫn dòng cánh.....	170
6.2. Kết cấu, công dụng và tính toán cơ cấu dẫn dòng vào	175
6.2.1. Kết cấu và công dụng	175
6.2.2. Tính toán cơ cấu dẫn dòng vào nửa xoắn	178

CHƯƠNG 7. BƠM HƯỚNG TRỰC VÀ HƯỚNG CHÉO..... 181

7.1. Kết cấu và nguyên lý làm việc của bơm hướng trực.....	181
7.2. Lưới thẳng các rôphin, tam giác vận tốc của dòng chất lỏng ở lõi vào và lõi ra của bánh công tác	184
7.2.1. Lưới thẳng các rôphin.....	184
7.2.2. Tam giác vận tốc của dòng chất lỏng ở lõi vào và lõi ra của bánh công tác.....	185
7.3. Lưu số vận tốc bao quanh rôphin trong lưới.....	186
7.4. Lực nâng tác dụng lên rôphin lưới trong chảy bao của dòng chất lỏng lý tưởng, định lý Giu-cốp-ski về lực nâng	187

7.5. Lực nâng tác dụng lên rôphin lưới trong chảy bao của dòng chất lỏng thực.....	190
7.6. Đặc tính khí động lực học của cánh đơn	191
7.7. Cột áp của bơm hướng trục.....	195
7.7.1. Phương trình cơ bản của máy cánh dẫn áp dụng đối với bơm hướng trục.....	195
7.7.2. Sự phân bố cột áp theo bán kính.....	196
7.8. Quan hệ giữa cột áp của bơm với lưu số vận tốc và đặc tính khí động của cánh.....	199
7.8.1. Quan hệ giữa cột áp với lưu số vận tốc bao quanh rôphin cánh	199
7.8.2. Quan hệ giữa cột áp với đặc tính khí động của cánh	200
7.9. Hiệu suất của lưới cánh.....	201
7.10. Tổn thất và hiệu suất trong bơm hướng trục.....	201
7.10.1. Tổn thất cơ khí.....	202
7.10.2. Tổn thất lưu lượng	202
7.10.3. Tổn thất và hiệu suất thủy lực của bơm hướng trục.....	202
7.11. Đường đặc tính thực nghiệm của bơm hướng trục	203
7.11.1. Đường đặc tính làm việc.....	203
7.11.2. Đường đặc tính tổng hợp của bơm hướng trục	205
7.12. Hiện tượng xâm thực và chọn số vòng quay làm việc cho phép của bơm hướng trục	206
7.12.1. Hiện tượng xâm thực trong bơm hướng trục	206
7.12.2. Xác định số vòng quay làm việc giới hạn của bơm hướng trục.....	208
7.13. Lực hướng trục tác dụng lên rôto trong bơm hướng trục	209
7.14. Cơ cấu dẫn dòng ra của bơm hướng trục.....	210
7.15. Bơm hướng chéo	212
7.15.1. Các khái niệm cơ bản và các sơ đồ kết cấu của bơm.....	212
7.15.2. Cột áp của bánh công tác hướng chéo	214
7.15.3. Dạng đường đặc tính cột áp của bơm hướng chéo.....	215

CHƯƠNG 8. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BƠM HƯỚNG TRỰC VÀ BƠM HƯỚNG CHÉO.....	216
8.1. Khái quát về các phương pháp tính toán thiết kế cánh trong bơm hướng trục.....	216
8.2. Phương pháp lực nâng tính toán thiết kế cánh công tác và cánh hướng dòng của bơm hướng trục	218
8.2.1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp	218
8.2.2. Tính toán bánh công tác bơm hướng trục theo phương pháp lực nâng	220
8.2.3. Tính cánh hướng dòng của bơm hướng trục	226
8.2.4. Ví dụ tính bánh công tác và cánh hướng dòng của bơm hướng trục theo phương pháp lực nâng	228
8.3. Phương pháp Vôzonhexenski – Pêkin tính toán thiết kế cánh công tác và cánh hướng dòng của bơm hướng trục.....	232
8.3.1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp	232
8.3.2. Nội dung tính toán bánh công tác bơm hướng trục theo phương pháp Vôzonhexenski – Pêkin.....	236
8.3.3. Tính cánh hướng dòng bơm hướng trục theo phương pháp Vôzonhexenski – Pêkin.....	245
8.3.4. Ví dụ tính bánh công tác và cánh hướng dòng bơm hướng trục theo phương pháp phương trình tích phân của Vôzonhexenski – Pêkin..	247
8.4. Tính toán thiết kế cánh công tác và cánh hướng dòng của bơm hướng chéo	258
8.4.1. Xác định hình dạng tiết diện kinh tuyến bánh công tác hướng chéo.	258
8.4.2. Phương pháp thiết kế bánh công tác với việc sử dụng tổng hợp phương pháp dòng tia và phương pháp chia lưới.....	259
8.4.3. Phương pháp thiết kế bánh công tác hướng chéo sử dụng lưới thẳng động học các prôphin	261
8.4.4. Tính toán và thiết kế cơ cấu dẫn dòng ra	263
CHƯƠNG 9. BƠM XOÁY	264
9.1. Kết cấu và nguyên lý làm việc của bơm xoáy.....	264
9.1.1. Giới thiệu chung về bơm xoáy.....	264
9.1.2. Bơm ly tâm xoáy.....	266

9.2. Các thông số làm việc của bơm xoáy	269
9.3. Các đường đặc tính của bơm xoáy.....	273
9.3.1. Đường đặc tính lý thuyết	273
9.3.2. Đường đặc tính thực nghiệm của bơm xoáy	274
CHƯƠNG 10. BƠM, QUẠT LÀM VIỆC TRONG HỆ THỐNG VÀ	
ĐIỀU CHỈNH BƠM, QUẠT.....	276
10.1. Điều kiện làm việc của bơm, quạt trong hệ thống	276
10.1.1. Lưu lượng yêu cầu của lưới	276
10.1.2. Cột áp của lưới.....	277
10.2. Điều chỉnh chế độ làm việc của bơm, quạt cánh dẫn.....	281
10.2.1. Điều chỉnh bằng tiết lưu.....	281
10.2.2. Điều chỉnh bằng thay đổi số vòng quay làm việc của bơm (quạt).	282
10.2.3. Điều chỉnh bằng cách quay các cánh dẫn xung quanh trục của nó.. ..	283
10.3. Sự làm việc ổn định của bơm trong hệ thống.....	284
10.4. Bơm và quạt làm việc ghép trong hệ thống.....	287
10.4.1. Bơm (quạt) ghép song song	287
10.4.2. Bơm (quạt) ghép nối tiếp	291
10.5. Ứng dụng luật tương tự để xác định chế độ làm việc mới	293
10.5.1. Xác định đường đặc tính làm việc mới của bơm, quạt ứng với số vòng quay làm việc mới.....	293
10.5.2. Xây dựng đường biểu diễn các chế độ làm việc tương tự.....	294
10.5.3. Xác định số vòng quay làm việc của bơm (quạt) ứng với điểm làm việc cho trước.....	294
10.6. Chọn bơm theo các điều kiện làm việc cho trước	295
CHƯƠNG 11. KẾT CẤU VÀ TÍNH BỀN CÁC CHI TIẾT CỦA BƠM	301
11.1. Kết cấu của một số loại bơm cánh.....	301
11.1.1. Bơm thông dụng	301
11.1.2. Bơm giếng	307
11.1.3. Bơm năng lượng	310
11.1.4. Bơm dầu mỏ	314
11.1.5. Bơm hóa chất.....	316

11.1.6. Bơm chất lỏng lẫn tạp chất	319
11.1.7. Bơm hướng trục	324
11.2. Tính bền các chi tiết của bơm.....	326
11.2.1. Vỏ xoắn.....	326
11.2.2. Vỏ bơm hai lớp và vỏ phân đoạn của bơm nhiều cấp	328
11.2.3. Các thanh vít của nắp bơm phía đẩy và tấm đệm	331
11.2.4. Nắp bơm phía đẩy.....	337
11.2.5. Khâu nối mặt bích.....	339
11.2.6. Tính toán các chi tiết vỏ của bơm phân đoạn	341
11.2.7. Trục bơm	346
11.2.8. Bánh công tác	352
11.3. Đệm lót trong bơm	357
11.3.1. Đệm lót trục	357
11.3.2. Đệm lót bánh công tác	365
CHƯƠNG 12. QUẠT LY TÂM VÀ QUẠT HƯỚNG TRỤC	366
12.1. Khái niệm chung về quạt	366
12.2. Kết cấu, nguyên lý làm việc và phân loại quạt ly tâm.....	367
12.2.1. Kết cấu và nguyên lý làm việc.....	367
12.2.2. Phân loại quạt ly tâm	368
12.2.3. Một số các kết cấu đặc trưng của quạt ly tâm được sản xuất ở Liên Xô trước đây.....	371
12.3. Kết cấu, nguyên lý làm việc và phân loại quạt hướng trục.....	376
12.3.1. Kết cấu và nguyên lý làm việc.....	376
12.3.2. Phân loại quạt hướng trục	378
12.3.3. Một số kết cấu đặc trưng của quạt hướng trục được sản xuất ở Liên Xô trước đây.....	381
12.4. Các thông số làm việc cơ bản của quạt ly tâm và hướng trục	383
12.4.1. Cột áp của quạt ly tâm	383
12.4.2. Cột áp của quạt hướng trục.....	386
12.4.3. Lưu lượng của quạt.....	388
12.4.4. Công suất và hiệu suất của quạt.....	390

12.5. Tổn thất trong quạt ly tâm và hướng trục	391
12.5.1. Tổn thất trong quạt ly tâm	391
12.5.2. Tổn thất trong quạt hướng trục	395
12.6. Đường đặc tính của quạt.....	397
12.6.1. Đường đặc tính áp suất của quạt.....	398
12.6.2. Đường đặc tính công suất của quạt.....	400
12.6.3. Đường đặc tính hiệu suất	401
12.6.4. Đường đặc tính tổng hợp	402
12.7. Điều chỉnh lưu lượng của quạt	403
12.7.1. Điều chỉnh lưu lượng của quạt bằng phương pháp thay đổi số vòng quay làm việc.....	403
12.7.2. Điều chỉnh lưu lượng của quạt bằng phương pháp tiết lưu	404
12.7.3. Điều chỉnh lưu lượng bằng các cánh hướng đặt trước bánh công tác .	405
12.7.4. Điều chỉnh lưu lượng của quạt bằng cách quay các lá cánh của bánh công tác	406
12.7.5. Điều chỉnh lưu lượng của quạt bằng phương pháp hỗn hợp.....	406
12.8. Ảnh hưởng của các tạp chất cơ khí trong chất khí tới sự làm việc của quạt	407
12.9. So sánh quạt ly tâm và quạt hướng trục.....	409
12.10. Chọn quạt cho hệ thống theo các điều kiện làm việc cho trước	410
12.10.1. Phương pháp chọn quạt	410
12.10.2. Ví dụ	412
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	418