

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

**\*\*\***

**PHẠM HỮU TRUYỀN**

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO TỶ LỆ NHIÊN LIỆU  
SINH HỌC BIO-ETANOL SỬ DỤNG TRÊN ĐỘNG  
CƠ XĂNG**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ khí Động lực

Mã số: 62520116

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ  
KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**

- 1. PGS.TS LÊ ANH TUẤN**
- 2. TS PHẠM HỮU TUYẾN**

**HÀ NỘI – 2014**

---

## **LỜI CAM ĐOAN**

*Tôi xin cam đoan đây là đề tài nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong các công trình nào khác!*

*Hà Nội, tháng 7 năm 2014*

**Nghiên cứu sinh**

**Phạm Hữu Truyền**

---

## LỜI CẢM ƠN

Tôi xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện Sau đại học, Viện Cơ khí Động lực và Bộ môn Động cơ đốt trong đã cho phép tôi thực hiện luận án tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Xin cảm ơn Viện Đào tạo Sau đại học và Viện Cơ khí Động lực về sự hỗ trợ và giúp đỡ trong suốt quá trình tôi làm luận án.

Tôi xin chân thành cảm ơn PGS.TS Lê Anh Tuấn và TS Phạm Hữu Tuyển đã hướng dẫn tôi hết sức tận tình và chu đáo về mặt chuyên môn để tôi có thể thực hiện và hoàn thành luận án.

Tôi xin chân thành biết ơn Quý thầy, cô Bộ môn và Phòng thí nghiệm Động cơ đốt trong - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội luôn giúp đỡ và dành cho tôi những điều kiện hết sức thuận lợi để hoàn thành luận án này.

Tôi xin cảm ơn Ban Giám hiệu trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh, Ban chủ nhiệm Khoa Cơ khí động lực và các thầy cô trong Khoa đã hậu thuẫn và động viên tôi trong suốt quá trình nghiên cứu học tập.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến các thầy phản biện, các thầy trong hội đồng chấm luận án đã đồng ý đọc duyệt và góp các ý kiến quý báu để tôi có thể hoàn chỉnh luận án này và định hướng nghiên cứu trong tương lai.

Cuối cùng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới gia đình và bạn bè, những người đã động viên khuyến khích tôi trong suốt thời gian tôi tham gia nghiên cứu và thực hiện công trình này.

*Nghiên cứu sinh*

**Phạm Hữu Truyền**

---

---

# MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN .....	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT.....	v
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU .....	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ.....	ix
MỞ ĐẦU .....	1
i. Mục đích, đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài.....	2
ii. Phương pháp nghiên cứu.....	3
iii. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn .....	3
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN .....	5
1.1. Tổng quan về nhiên liệu sinh học .....	5
1.2. Nhiên liệu etanol và xăng sinh học.....	6
1.2.1. Nhiên liệu etanol .....	6
1.2.2. Xăng sinh học.....	10
1.2.3. Tình hình sản xuất và sử dụng etanol.....	13
1.2.4. Các nghiên cứu ứng dụng xăng sinh học cho động cơ trên thế giới.....	18
1.2.5. Các nghiên cứu ứng dụng xăng sinh học cho động cơ ở Việt Nam.....	24
1.3. Vấn đề sử dụng xăng sinh học có tỷ lệ etanol lớn.....	26
1.4. Kết luận chương 1.....	27
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TƯƠNG THÍCH CỦA ĐỘNG CƠ XĂNG TRUYỀN THỐNG KHI SỬ DỤNG XĂNG SINH HỌC....	28
2.1. Quá trình cháy trong động cơ đốt cháy cưỡng bức.....	28
2.1.1. Quá trình cháy trong động cơ đốt cháy cưỡng bức .....	28
2.1.2. Đặc điểm quá trình cháy trong động cơ đốt cháy cưỡng bức sử dụng xăng sinh học .....	31
2.2. Cơ sở lý thuyết tính toán chu trình công tác động cơ sử dụng xăng sinh học.....	33
2.2.1. Trạng thái nhiệt động học.....	33
2.2.2. Lý thuyết tính toán quá trình cháy .....	34
2.2.3. Lý thuyết tính toán truyền nhiệt .....	39
2.2.4. Lý thuyết tính toán hàm lượng phát thải .....	41
2.2.5. Mô hình hỗn hợp nhiên liệu xăng và etanol E100 .....	46
2.3. Phương pháp đánh giá tương thích của động cơ xăng truyền thống khi sử dụng xăng sinh học	47
2.3.1. Phương pháp đánh giá tương thích vật liệu .....	47
2.3.2. Phương pháp đánh giá tính năng động cơ ô tô .....	49
2.3.3. Phương pháp đánh giá độ bền và tuổi thọ động cơ .....	50
2.4. Kết luận chương 2.....	54
CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG XĂNG SINH HỌC CÓ TỶ LỆ ETANOL LỚN .....	55
3.1. Mục đích, đối tượng và phạm vi mô phỏng .....	55
3.2. Xây dựng mô hình mô phỏng động cơ.....	55
3.2.1. Giới thiệu về phần mềm AVL Boost .....	55

3.2.2. Xây dựng mô hình và các thông số nhập cho mô hình .....	56
3.2.3. Các bước nghiên cứu trên mô hình mô phỏng.....	57
<b>3.3. Kết quả tính toán mô phỏng .....</b>	<b>58</b>
3.3.1. Đánh giá độ chính xác của mô hình.....	58
3.3.2. Động cơ xe máy.....	59
3.3.3. Động cơ ô tô xe Lanos.....	64
<b>3.4. Giải pháp cải tiến động cơ xăng thông thường khi sử dụng xăng sinh học có tỷ lệ etanol lớn nhằm đảm bảo tính năng kỹ thuật .....</b>	<b>69</b>
3.4.1. Giải pháp cải tiến động cơ sử dụng bộ chế hoà khí .....	69
3.4.2. Giải pháp cải tiến động cơ ô tô phun xăng điện tử .....	73
<b>3.5. Kết luận chương 3.....</b>	<b>74</b>
<b>CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM .....</b>	<b>75</b>
<b>4.1. Mục đích và phạm vi thử nghiệm .....</b>	<b>75</b>
<b>4.2. Nhiên liệu .....</b>	<b>75</b>
<b>4.3. Nghiên cứu đánh giá khả năng tương thích vật liệu.....</b>	<b>76</b>
4.3.1. Trang thiết bị và đối tượng thử nghiệm.....	76
4.3.2. Kết quả đánh giá khả năng tương thích vật liệu đối với hệ thống nhiên liệu động cơ xe máy.....	77
4.3.3. Kết quả đánh giá khả năng tương thích vật liệu đối với hệ thống nhiên liệu động cơ ô tô.....	82
<b>4.4. Nghiên cứu thực nghiệm trên băng thử.....</b>	<b>89</b>
4.4.1. Phương pháp, quy trình đánh giá tính năng và độ bền .....	89
4.4.2. Trang thiết bị và đối tượng thử nghiệm.....	89
4.4.3. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của xăng sinh học đến độ bền động cơ xe máy.....	92
4.4.4. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của xăng sinh học đến động cơ ô tô .....	99
<b>4.5. So sánh kết quả nghiên cứu mô phỏng với thực nghiệm.....</b>	<b>109</b>
<b>4.6. Kết luận chương 4.....</b>	<b>112</b>
<b>KẾT LUẬN CHUNG VÀ PHƯƠNG HƯỚNG PHÁT TRIỂN .....</b>	<b>113</b>
Kết luận chung .....	113
Phương hướng phát triển.....	114
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>115</b>
<b>DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN.....</b>	<b>119</b>
<b>PHỤ LỤC .....</b>	<b>120</b>

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Diễn giải	Đơn vị
E5	Xăng sinh học bao gồm 5% etanol và 95% xăng truyền thống	-
E10	Xăng sinh học bao gồm 10% etanol và 90% xăng truyền thống	-
E15	Xăng sinh học bao gồm 15% etanol và 85% xăng truyền thống	-
E20	Xăng sinh học bao gồm 20% etanol và 80% xăng truyền thống	-
E85	Xăng sinh học bao gồm 85% etanol và 15% xăng truyền thống	-
E100	Etanol gốc	-
CO	Mônôxit cacbon	-
HC	Hyđrô cacbon	-
NO <sub>x</sub>	Ôxit nito	-
CO <sub>2</sub>	Cácbonic	-
E-Diesel	Hỗn hợp nhiên liệu diesel-etanol	-
SAE	Hội kỹ sư ô tô thế giới	-
NLBT	Nhiên liệu biến tính	-
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam	-
NLSH	Nhiên liệu sinh học	-
HDPE	High Density Polyethylene (Nhựa polyethylene đặc biệt)	-
CD20"	Chassis Dynamometer 20" (Băng thử xe máy)	-
CD48"	Chassis Dynamometer 48" (Băng thử ô tô con và xe tải hạng nhẹ)	-
ECE R40	Chu trình thử châu Âu cho xe máy theo tiêu chuẩn Euro II	-
ECE15-05	Chu trình thử châu Âu cho xe con và xe tải hạng nhẹ	-
FC	Tiêu thụ nhiên liệu (Fuel consumption)	l/100km
AVL-Boost	Phần mềm mô phỏng một chiều của hãng AVL (Áo)	-
DCT	Điểm chết trên	-
$\lambda$	Hệ số dư lượng không khí	-
A/F	Tỷ lệ không khí/nhiên liệu	-
CEBII	Tủ phân tích khí thải	-
ETB	High Dynamic Engine Testbed (Băng thử tính năng động lực học cao)	-
TCB	Trước chạy bền	-
STB	Sau chạy bền	-
Ne	Công suất	kW
Me	Mômen	Nm
g <sub>e</sub>	Suất tiêu thụ nhiên liệu	g/kW.h

---

## DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Tính chất của etanol [1].....	7
Bảng 1.2. Quy chuẩn về etanol nhiên liệu biến tính dùng để pha xăng không chì [3].....	7
Bảng 1.3. Tính chất lý hóa của xăng sinh học [18].....	10
Bảng 1.4. Những cải tiến cần thiết khi sử dụng xăng sinh học [36].	22
Bảng 2.1. Hệ số của phương trình trao đổi nhiệt tại cửa nạp và thải .....	41
Bảng 2.2. Chuỗi phản ứng hình thành NO <sub>x</sub> .....	45
Bảng 2.3. Các hằng số đa thức .....	46
Bảng 2.4. Bảng tiến trình đo.....	49
Bảng 2.5. Các điểm thử nghiệm tại các tay số IV và V của ô tô.....	49
Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật của động cơ .....	56
Bảng 3.2. Các thông số cơ bản của mô hình .....	57
Bảng 3.3. Thời gian cháy trễ và thời gian cháy nhanh của các loại nhiên liệu.....	60
Bảng 3.4. Công suất động cơ khi chạy các loại nhiên liệu khác nhau (kW) .....	61
Bảng 3.5. Nồng độ CO khi sử dụng các loại nhiên liệu theo tốc độ động cơ (ppm).....	62
Bảng 3.6. Nồng độ HC khi sử dụng các loại nhiên liệu theo tốc độ động cơ (ppm).....	63
Bảng 3.7. Nồng độ NO <sub>x</sub> khi sử dụng các loại nhiên liệu theo tốc độ động cơ (ppm) .....	63
Bảng 3.8. Mức độ thay đổi công suất động cơ khi sử dụng xăng pha cồn với tỷ lệ cồn trên 10% trường hợp giữ nguyên hệ số dư lượng không khí lambda.....	66
Bảng 3.9. Mức độ thay đổi suất tiêu thụ nhiên liệu động cơ khi sử dụng xăng pha cồn với tỷ lệ cồn trên 10% trường hợp giữ nguyên hệ số dư lượng không khí lambda.....	67
Bảng 3.10. Mức độ thay đổi phát thải CO động cơ khi sử dụng xăng pha cồn với tỷ lệ cồn trên 10% trường hợp giữ nguyên hệ số dư lượng không khí lambda.....	67
Bảng 3.11. Mức độ thay đổi phát thải HC động cơ khi sử dụng xăng pha cồn với tỷ lệ cồn trên 10% trường hợp giữ nguyên hệ số dư lượng không khí lambda.....	68
Bảng 3.12. Mức độ thay đổi phát thải NO <sub>x</sub> động cơ khi sử dụng xăng pha cồn với tỷ lệ cồn trên 10% trường hợp giữ nguyên hệ số dư lượng không khí lambda.....	69
Bảng 3.13. Lượng nhiên liệu cần dùng để công suất động cơ xe máy không đổi khi tăng tỉ lệ etanol trong nhiên liệu (g/chu trình).....	70
Bảng 3.14. Sự thay đổi đường kính lỗ gic-lơ để công suất động cơ xe máy không đổi.....	71
Bảng 4.1. Chỉ tiêu chất lượng của xăng RON92 .....	75
Bảng 4.2. Tính chất nhiên liệu của xăng sinh học E10, E15 và E20 .....	75
Bảng 4.3. Hình ảnh chụp giclơ nhiên liệu chính trước và sau 2000h ngâm.....	77
Bảng 4.4. Hình ảnh chụp bề mặt lỗ giclơ chính (vật liệu đồng) trên kính hiển vi điện tử với độ phóng đại 2000 lần.....	77
Bảng 4.5. Hình vít điều chỉnh lượng không khí ở chế độ chạy không tải và vít xả xăng.....	78
Bảng 4.6. Hình ảnh ngoại quan của kim ba cạnh trước và sau khi ngâm.....	78
Bảng 4.7. Hình ảnh ngoại quan và hình ảnh chụp trên kính hiển vi điện tử (phóng đại 500 lần) bề mặt chi tiết lọc tinh nhiên liệu .....	79
Bảng 4.8. Hình ảnh ngoại quan của vỏ nhựa lọc tinh trước và sau 2000h ngâm trong các dung dịch khác nhau .....	79
Bảng 4.9. Kết quả phân tích nhiên liệu trước khi ngâm chi tiết .....	80
Bảng 4.10. Kết quả phân tích nhiên liệu RON92 sau khi ngâm chi tiết.....	81
Bảng 4.11. Kết quả phân tích nhiên liệu E10 sau khi ngâm chi tiết .....	81
Bảng 4.12. Kết quả phân tích nhiên liệu E15 sau khi ngâm chi tiết .....	81

Bảng 4.13. Kết quả phân tích nhiên liệu E20 sau khi ngâm chi tiết .....	81
Bảng 4.14. Thay đổi của nhiên liệu trước và sau ngâm chi tiết kim loại .....	82
Bảng 4.15. Thay đổi của nhiên liệu trước và sau ngâm chi tiết phi kim .....	82
Bảng 4.16. Hình ảnh ngoại quan và hình ảnh chụp trên kính hiển vi điện tử giclơ nhiên liệu chính	82
Bảng 4.17. Hình ảnh ngoại quan kết quả ngâm van điện từ cắt nhiên liệu (làm bằng đồng hợp kim) .....	83
Bảng 4.18. Kết quả phân tích nhiên liệu trước khi ngâm chi tiết.....	87
Bảng 4.19. Kết quả phân tích nhiên liệu RON92 sau khi ngâm chi tiết.....	87
Bảng 4.20. Kết quả phân tích nhiên liệu E10 sau khi ngâm chi tiết .....	88
Bảng 4.21. Kết quả phân tích nhiên liệu E15 sau khi ngâm chi tiết .....	88
Bảng 4.22. Kết quả phân tích nhiên liệu E20 sau khi ngâm chi tiết .....	88
Bảng 4.23. Thay đổi của nhiên liệu trước và sau ngâm chi tiết kim loại .....	88
Bảng 4.24. Thay đổi của nhiên liệu trước và sau ngâm chi tiết phi kim .....	88
Bảng 4.25. Thông số kỹ thuật xe Daewoo Lanos .....	90
Bảng 4.26. Thông số kỹ thuật xe Toyota Corolla .....	91
Bảng 4.27. Thông số kỹ thuật của động cơ thử nghiệm.....	91
Bảng 4.28. Đường kính xilanh của động cơ xe máy chạy xăng RON92 đo trước và sau khi chạy thử nghiệm 20.000 km .....	92
Bảng 4.29. Đường kính xilanh của động cơ xe chạy xăng sinh học E10 đo trước và sau khi chạy thử nghiệm 20.000 km .....	92
Bảng 4.30. Đường kính piston của động cơ xe máy chạy xăng RON92 đo trước và sau khi chạy thử nghiệm 20.000 km .....	93
Bảng 4.31. Đường kính piston của động cơ xe máy chạy xăng sinh học E10 đo trước và sau khi chạy thử nghiệm 20.000 km .....	93
Bảng 4.32. Kết quả đo công suất xe máy trước và sau khi chạy bền ở tay số III và tay số IV với RON92.....	94
Bảng 4.33. Kết quả đo công suất xe máy trước và sau khi chạy bền ở tay số III và tay số IV với E10.....	94
Bảng 4.34. Kết quả đo suất tiêu thụ nhiên liệu xe máy trước và sau khi chạy bền ở tay số III và tay số IV với RON92.....	95
Bảng 4.35. Kết quả đo suất tiêu thụ nhiên liệu xe máy trước và sau khi chạy bền ở tay số III và tay số IV với E10.....	95
Bảng 4.36. Áp suất nén đo trước và sau khi chạy bền .....	96
Bảng 4.37. Kết quả thử nghiệm theo chu trình thử ECE R40 trước và sau khi chạy bền của 2 xe Honda SuperDream với 2 loại nhiên liệu RON 92 và xăng sinh học E10 .....	97
Bảng 4.38. Kết quả phân tích dầu bôi trơn khi xe chạy bằng E10.....	98
Bảng 4.39. Kết quả phân tích dầu bôi trơn khi xe chạy bằng RON92 .....	98
Bảng 4.40. Kết quả đo công suất xe Lanos tại tay số IV.....	99
Bảng 4.41. Thay đổi công suất xe Lanos ở tay số V.....	100
Bảng 4.42. Phát thải xe Lanos tại tay số V .....	101
Bảng 4.43. Phát thải xe Lanos khi chạy với các loại nhiên liệu theo chu trình thử ECE1505 .....	101
Bảng 4.44. Kết quả đo công suất xe Corrola tại tay số IV .....	103
Bảng 4.45. Kết quả đo công suất xe Corrola tại tay số V.....	103
Bảng 4.46. Phát thải xe Corolla khi chạy với các loại nhiên liệu theo chu trình thử ECE1505 .....	104
Bảng 4.47. Kết quả phân tích dầu trước và sau chạy bền.....	108
Bảng 4.48. Thay đổi công suất giữa mô phỏng và thực nghiệm khi sử dụng các loại nhiên liệu... 109	



---

Bảng 4.49. Thay đổi suất tiêu thụ nhiên liệu giữa mô phỏng và thực nghiệm khi sử dụng các loại nhiên liệu .....	109
Bảng 4.50. Thay đổi phát thải CO giữa mô phỏng và thực nghiệm khi sử dụng các loại nhiên liệu .....	110
Bảng 4.51. Thay đổi phát thải HC giữa mô phỏng và thực nghiệm khi sử dụng các loại nhiên liệu .....	110
Bảng 4.52. Thay đổi phát thải NO <sub>x</sub> giữa mô phỏng và thực nghiệm khi sử dụng các loại nhiên liệu .....	111

---

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

Hình 1.1. Sơ đồ sản xuất etanol từ lúa mì và xi-rô đường.....	8
Hình 1.2. Sơ đồ sản xuất etanol từ xenluloza .....	9
Hình 1.3. Áp suất hơi bão hòa tại 37,8 <sup>0</sup> C.....	11
Hình 1.4. Sự tăng trị số octan khi tăng tỉ lệ etanol.....	12
Hình 1.5. Sản lượng nhiên liệu sinh học tính đến năm 2017.....	13
Hình 1.6. Công suất (a) và Suất tiêu thụ nhiên liệu (b) khi sử dụng RON92 và E10 [20] .....	18
Hình 1.7. Ảnh hưởng của tỷ lệ etanol tới hệ số dư lượng không khí tương đương (a) và hệ số nạp (b) [21] .....	18
Hình 1.8. Ảnh hưởng của tỷ lệ etanol tới mômen động cơ (a) và Suất tiêu thụ nhiên liệu (b) [21]..	19
Hình 1.9. Ảnh hưởng của tỷ lệ etanol tới phát thải CO, HC và CO <sub>2</sub> [21] .....	20
Hình 1.10. Ảnh hưởng của tỷ lệ etanol tới phát thải NO <sub>x</sub> [22] .....	21
Hình 1.11. Thay đổi về phát thải đối với mẫu xe năm 2001 theo chu trình thử ADR37/01 khi sử dụng E20 [33].....	21
Hình 1.12. Hàm lượng phát thải khi giữ nguyên lượng nhiên liệu cung cấp [34] .....	21
Hình 1.13. Sự thay đổi hàm lượng NO <sub>x</sub> khi sử dụng xăng sinh học so với xăng thông thường [31]	21
Hình 1.14. So sánh hàm lượng benzen và toluene trong khí thải động cơ khi sử dụng xăng thông thường, E3 và E10 [35].....	22
Hình 1.15. Vỏ bơm nhiên liệu (đặt trong thùng nhiên liệu) trước (a) và sau (b) khi ngâm trong E20, thời gian 2000h, nhiệt độ là 45 <sup>0</sup> C [38, 39] .....	23
Hình 1.16. Vít điều chỉnh không tải (bằng đồng) của bộ chế hòa khí trước (a) và sau (b) khi ngâm trong E20, thời gian 2000h, nhiệt độ là 45 <sup>0</sup> C [38, 39] .....	23
Hình 1.17. Lõi bơm nhiên liệu trước (a) và sau (b) khi ngâm trong E20, thời gian 2000h, nhiệt độ là 45 <sup>0</sup> C [38, 39] .....	24
Hình 1.18. Màng van bơm nhiên liệu trước (a) và sau (b) khi ngâm trong E20, thời gian 2000h, nhiệt độ là 55 <sup>0</sup> C [38, 39] .....	24
Hình 1.19. Van thông khí cacte trước (a) và sau (b) khi ngâm trong E20, thời gian 2000h, nhiệt độ là 55 <sup>0</sup> C [38, 39].....	24
Hình 1.20. So sánh các thông số của động cơ xe máy khi sử dụng E5 và E10 với RON92 [6] .....	25
Hình 2.1. Diễn biến áp suất trong xylanh động cơ đốt cháy cưỡng bức .....	28
Hình 2.2. Hình ảnh quá trình cháy trong xylanh nghiên cứu, diễn biến áp suất và lượng khí cháy ở tốc độ 1400v/p, áp suất nạp 0,5atm [56] .....	29
Hình 2.3. Hình dạng bề mặt màng lửa .....	29
Hình 2.4. Quan hệ giữa x <sub>b</sub> và y <sub>b</sub> .....	30
Hình 2.5. Biến thiên tỷ số nhiên liệu/không khí tương đương theo nồng độ cồn etanol trong xăng sinh học [44] .....	31
Hình 2.6. Bán kính màng lửa khi sử dụng xăng sinh học tại thời điểm trước ĐCT 10 <sup>0</sup> , tại ĐCT và sau ĐCT 10 <sup>0</sup> .....	32
Hình 2.7. Diện tích màng lửa khi sử dụng xăng sinh học tại thời điểm trước ĐCT 10 <sup>0</sup> , tại ĐCT và sau ĐCT 10 <sup>0</sup> .....	32
Hình 2.8. Tỷ lệ hỗn hợp cháy khi sử dụng xăng sinh học tại thời điểm trước ĐCT 10 <sup>0</sup> , tại ĐCT và sau ĐCT 10 <sup>0</sup> .....	32
Hình 2.9. Thời gian cháy khi sử dụng xăng sinh học tại thời điểm trước ĐCT 10 <sup>0</sup> , tại ĐCT và sau ĐCT 10 <sup>0</sup> .....	32
Hình 2.10. Cân bằng năng lượng trong xylanh động cơ .....	33
Hình 2.11. Ngọn lửa tiến gần đến thành xylanh và bắt đầu quá trình cháy sát vách .....	38