

XEM XÉT ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ SỐ NÉN ĐẾN MỘT VÀI THÔNG SỐ ĐỘNG CƠ DIESEL MỘT XYLANH SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU KHÍ (CNG) VÀ NHIÊN LIỆU LỎNG (XĂNG)

AN EXAMINATION OF VARYING COMPRESSION RATIO IN PARAMETER OF DIESEL SINGLE CYLINDER TO GASOLINE AND/OR CNG CONVERSION

ThS. Nguyễn Phi Trường¹; TS. Lê Văn Anh¹;

TS. TRẦN ĐĂNG QUỐC²

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Tóm tắt

Bài báo này trình bày các kết quả tính toán sơ bộ về ảnh hưởng của tỷ số nén đến một vài yếu tố như: chu trình làm việc, động học và động lực học ở động cơ diesel một xylanh khi sử dụng nhiên liệu xăng hoặc CNG. Kết quả tính toán đã khẳng định rằng tăng tỷ số nén sẽ làm giảm hệ số nạp (η_v) đối với cả nhiên liệu xăng và CNG, tuy nhiên tốc độ giảm của η_v ở nhiên liệu CNG lại chậm hơn so với xăng. Lực tiếp tuyến (T), pháp tuyến (Z) và phụ tải Q là những hàm số tỷ lệ thuận với tỷ số nén.

Từ khóa: Động cơ một xylanh, CNG, Tỷ số nén.

Abstract

This study indicated the calculating results in the effect of varying compression ratio on factor such as operating cycle and dynamics for diesel single cylinder engine with conversing gasoline and/or CNG fuels. The results indicated that the volumetric efficiency (η_v) of fuels such as gasoline and CNG were reduced when increasing compression ratio, but decreasing rate of CNG was smaller than in comparison with gasoline fuel. Most of the driving forces were the explicit functions of compression ratio.

Key words: Single cylinder engine, CNG, compression ratio.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đảm bảo an ninh năng lượng và cắt giảm khí thải đang là yêu cầu cấp thiết của tất cả các quốc gia trên thế giới, một trong những giải pháp hiệu quả có thể kiểm soát từ nguồn đó là sử dụng nhiên liệu ít gây ô nhiễm thay thế cho các loại nhiên liệu truyền thống (xăng và diesel). Một vấn đề đặt ra đối với các nhà khoa học và các cơ quan quản lý cũng như các nhà sản xuất động cơ đốt trong đó là phải tìm ra một thể hệ động cơ mới sử dụng nhiên liệu thay thế nhưng phải thỏa mãn đồng thời hai điều kiện: tăng tính kinh tế nhiên liệu trong sử dụng đồng thời giảm tối đa khí thải ra ngoài môi trường mà không cần phải sử dụng bộ xử lý khí thải [1]. Trước khi đưa thể hệ động cơ mới này ra ngoài thị trường cần phải thực hiện rất nhiều nghiên cứu khoa học, trong đó nghiên cứu cơ bản ban đầu là một khâu rất quan trọng nằm trong chuỗi nghiên cứu phát triển động cơ đốt trong thương mại [2, 3, 4]. Hướng đến mục tiêu chung này, tiến hành thiết kế và chế tạo động cơ đốt trong có các tính năng đặc biệt phục vụ mục đích nghiên cứu cơ bản là một nhiệm vụ quan trọng cần phải được thực hiện [5, 6, 7]. Động cơ nghiên cứu cơ bản có khả năng thay đổi tỷ số nén vô cấp sẽ đánh giá được khả năng tối ưu hiệu suất làm việc ở vùng tải bộ phận hoặc xác định được tỷ số nén giới hạn đối với mỗi loại nhiên liệu thay thế khác nhau. Tuy nhiên, để thiết kế, chế tạo được động cơ thay đổi tỷ số nén vô cấp phục vụ nghiên cứu cơ bản cần phải thực hiện rất nhiều các bước nghiên cứu như: lý thuyết, mô phỏng và thực nghiệm. Bài báo này sẽ là một trong những bước đi đầu tiên và cũng là nghiên cứu theo định hướng bổ sung, đồng thời trợ giúp để thực hiện nhiệm vụ của đề tài B2015-01-106 đã được Bộ Giáo dục và đào tạo duyệt năm 2015. Cho đến nay rất khó tìm được một nghiên cứu về “Xem xét ảnh hưởng của tỷ số nén đến một vài thông số động cơ diesel một xylanh sử dụng nhiên liệu khí (CNG) và lỏng (xăng)” ở nước ta.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

2.1. Đối tượng nghiên cứu

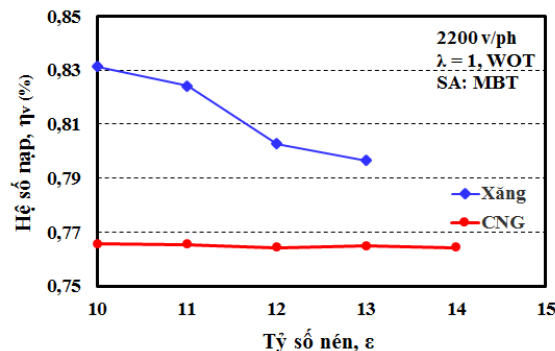
Động cơ nghiên cứu QTC-2015 trang bị hệ thống thay đổi tỷ số nén vô cấp được thiết kế lại từ động cơ diesel phổ biến ở Việt Nam, kết quả tính toán sẽ được xem xét và đánh giá ở điều kiện làm việc khắc nghiệt, như: tỷ số nén giới hạn ở $\lambda \approx 1$, tốc độ động cơ $n = 2200$ vòng/phút và tỷ số nén giới hạn trước khi xảy ra hiện tượng kích nổ.

2.2. Phương pháp thực hiện

Xây dựng chương trình tính toán nhiệt động học cho động cơ QTC-2015 dựa vào các công thức tính toán về nguyên lý động cơ. Các thông số tính toán chu trình sẽ được quy về một biến số là tỷ số nén để làm rõ ảnh hưởng biến thiên của tỷ số nén. Kết quả tính toán tập trung vào ảnh hưởng của tỷ số nén (ϵ) đến các thông số làm việc như hệ số nạp (η_v), lực khí thể (p_{kt}), lực tiếp tuyến T, lực pháp tuyến Z và lực Q, nhưng bỏ qua các ảnh hưởng của động học và động lực học dòng khí trong suốt quá trình nạp, nén và cháy. Nhiên liệu sử dụng để tính toán và khảo sát là hai loại nhiên liệu điển hình cho hai pha trạng thái: khí (nhiên liệu CNG) và lỏng (nhiên liệu xăng). Với hai loại nhiên liệu này sẽ thấy rõ ảnh hưởng của khối lượng riêng phân tử đến các thông số làm việc cũng như tỷ số nén giới hạn, đối với nhiên liệu xăng kết quả mô phỏng trên phần mềm AVL Boost tỷ số nén giới hạn là $\epsilon_{gh} = 13$, trong khi đó của nhiên liệu CNG có tỷ số nén giới hạn $\epsilon_{gh} = 14$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

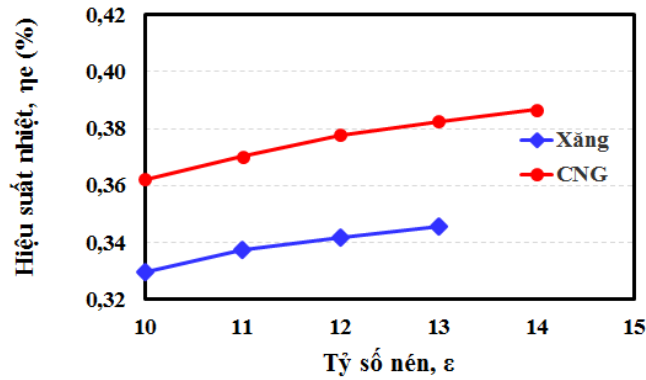
3.1. Ảnh hưởng của tỷ số nén đến thông số chu trình làm việc



Hình 1: Ảnh hưởng của tỷ số nén đến hệ số nạp của động cơ

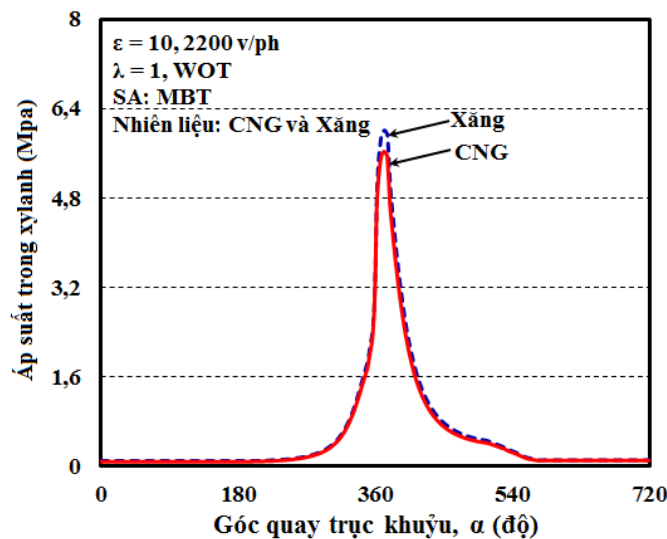
Hình 1 thể hiện các kết quả tính toán ở cùng một tốc độ động cơ, $n = 2200$ vòng/phút đối với hai loại nhiên liệu khác nhau, đó là xăng và CNG. Quan sát trên hình vẽ có thể thấy rằng, cả hai loại nhiên liệu xăng và CNG đều có chung một xu hướng, đó là hệ số nạp giảm khi tăng tỷ số nén của động cơ từ $\epsilon = 10$ đến $\epsilon = 14$. Xu hướng này xuất hiện là do ảnh hưởng chủ yếu từ sự suy giảm của thể tích buồng cháy V_c khi tăng tỷ số nén. Tuy nhiên, tốc độ giảm của hệ số nạp với nhiên liệu xăng là rõ ràng hơn so với CNG, hay nói cách khác ảnh hưởng của tỷ số nén đến nhiên liệu lỏng là lớn hơn nhiều so với nhiên liệu khí CNG. Giá trị hệ số nạp tính toán đối với nhiên liệu xăng tại mỗi tỷ số nén luôn luôn lớn hơn so với nhiên liệu CNG ngay cả khi tốc độ giảm của η_v lớn hơn. Kết quả này cho thấy lượng không khí nạp khi sử dụng nhiên liệu lỏng sẽ lớn hơn so với nhiên liệu khí, vì vậy với một động cơ truyền thống khi chuyển đổi sang sử dụng nhiên liệu khí cần phải có giải pháp thích hợp để cải thiện hệ số nạp hướng đến cải thiện công suất động cơ.

Một giải pháp có thể sử dụng nhằm hướng đến cải thiện công suất động cơ đó là nâng hiệu suất có ích (η_e) của động cơ. Hình 2 trình bày kết quả tính toán hiệu suất có ích (η_e) của hai nhiên liệu xăng và CNG khi tăng tỷ số nén. Các kết quả đã chỉ ra rằng hiệu suất nhiệt của cả xăng và CNG đều có xu hướng tăng khi tăng tỷ số nén, tuy nhiên các giá trị của nhiên liệu CNG luôn lớn hơn so với nhiên liệu xăng, bởi vì tổn thất nhiệt cho khí thải đã được giảm đáng kể và giá trị nhiệt độ khí thải tính toán được hầu như không thay đổi so với nhiên liệu xăng khi tăng tỷ số nén. Kết quả này đã cho thấy rằng đối với nhiên liệu khí CNG việc tăng tỷ số nén sẽ có hiệu quả hơn so với nhiên liệu xăng (lỏng), để làm rõ vấn đề này cần thiết phải xem xét ảnh hưởng của tỷ số nén đến áp suất trong xy lanh (p_{kt}) đối với hai loại nhiên liệu CNG và xăng.



Hình 2: Ảnh hưởng của tỷ số nén đến hiệu suất có ích, η_e

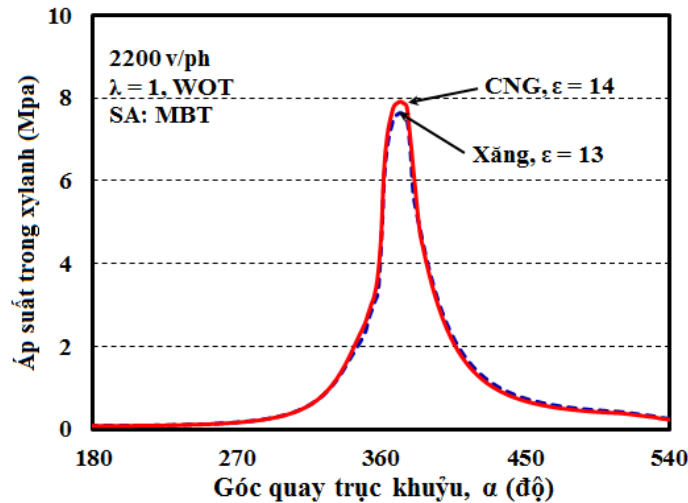
Hình 3 thể hiện kết quả tính toán của áp suất trong xylanh đối với hai loại nhiên liệu là xăng và CNG, kết quả cho thấy biến thiên của áp suất trong xylanh như là hàm số biến đổi theo góc quay trục khuỷu khi tính toán ở điều kiện: $\epsilon = 10$, $\lambda = 1$, $n = 2200$ v/ph, góc đánh lửa tối ưu, toàn tải. Sự biến đổi của áp suất trong xylanh bên trong buồng cháy đều có xu hướng giống nhau và giá trị áp suất cao nhất (p_{max}) cùng đạt được ở 14 độ sau điểm chết trên đối với cả hai nhiên liệu. Nhưng giá trị p_{kt} cực đại tính cho nhiên liệu xăng lớn hơn so với nhiên liệu CNG, nguyên nhân chủ yếu để giải thích cho sự khác nhau này là do hệ số nạp và hệ số biến đổi phân tử thực tế của động cơ (β_z) với nhiên liệu xăng lớn hơn so với nhiên liệu CNG khi ở cùng một tỷ số nén. Tuy nhiên, do áp suất trong xylanh của xăng luôn luôn lớn hơn nhiên liệu CNG và hệ số chống kích nổ lý thuyết của xăng thấp hơn CNG, vì vậy nguy cơ kích nổ ở nhiên liệu xăng sẽ dễ dàng xảy ra hơn so với cùng động cơ nhưng sử dụng CNG.



Hình 3: Diễn biến áp suất trong xylanh ở cùng tỷ số nén

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng tăng tỷ số nén ở động cơ đốt trong sẽ làm tăng khả năng xảy ra hiện tượng kích nổ, nhiên liệu CNG có trị số RON = 130, vì vậy tỷ số nén giới hạn sẽ cao hơn so với nhiên liệu xăng. Hình 4 thể hiện diễn áp suất trong xylanh p_{kt} của động cơ theo góc quay trục khuỷu đối với hai loại nhiên liệu xăng và CNG, ở tỷ số nén giới hạn lần lượt là $\epsilon = 13$ của nhiên liệu xăng và $\epsilon = 14$ của nhiên liệu CNG với điều kiện tính toán $\lambda = 1$, $n = 2200$ v/ph, góc đánh lửa tối ưu, toàn tải. Quan sát kết quả tính toán có thể nhận thấy rằng: tăng tỉ số nén từ $\epsilon = 13$ đến $\epsilon = 14$ của động cơ CNG, giá trị áp suất trong xylanh lớn nhất (p_{ktmax}) trong buồng cháy của động cơ CNG tăng nhanh và cao hơn so với động cơ sử dụng nhiên liệu xăng. Điều này cho thấy ảnh hưởng của tỷ số nén đến khả năng tăng hiệu suất nhiệt (η_e) ở nhiên liệu CNG là lớn hơn so với nhiên liệu xăng, nhưng ảnh hưởng của tỷ số nén đến áp suất trong xylanh (p_{kt}) ở nhiên liệu xăng là lớn hơn nhiên liệu CNG. Tuy nhiên, sự gia tăng của p_{kt} sẽ làm ảnh hưởng đến các thông số động học và động lực học của động cơ chuyển đổi, vì vậy

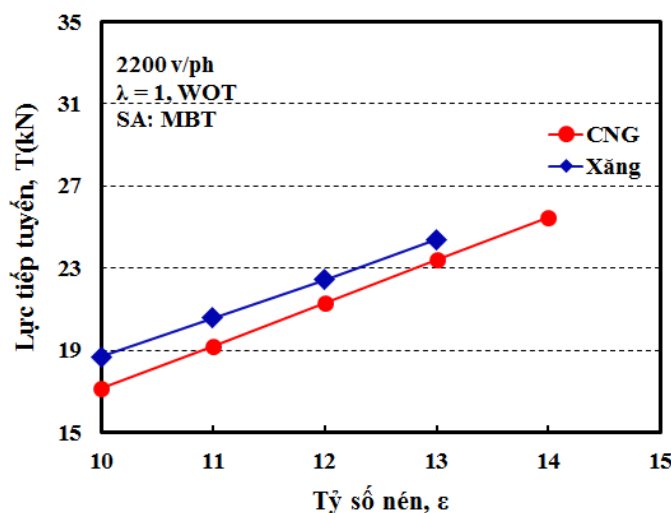
cần thiết phải xem xét ảnh hưởng của tỷ số nén đến các lực tiếp tuyến (T), lực pháp tuyến (Z) và phụ tải tác dụng lên chốt khuỷu (Q).



Hình 4: Diễn biến áp suất trong xy lanh ở các tỷ số nén khác nhau

3.2. Ảnh hưởng của tỷ số nén đến các thông số động học và động lực học

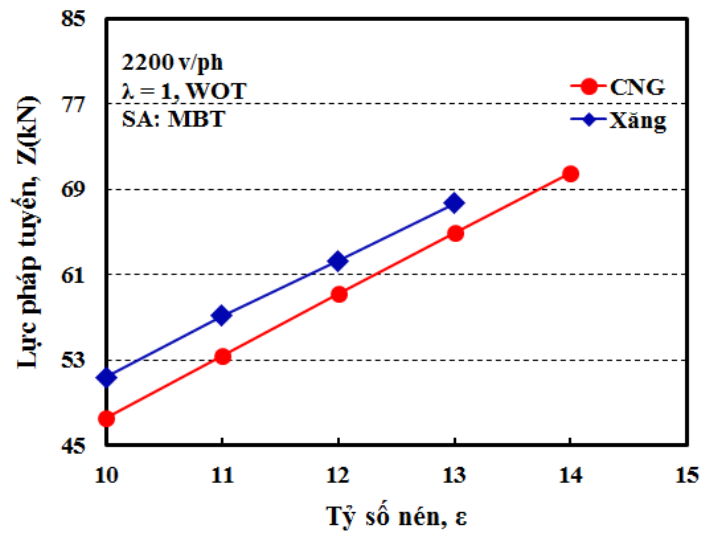
Hình 5 thể hiện ảnh hưởng của tỷ số nén đến giá trị lực tiếp tuyến lớn nhất tác dụng lên trục khuỷu của động cơ ở điều kiện làm việc giả định với nhiên liệu xăng và CNG: $n = 2200$ vòng/phút và toàn tải (WOT), hệ số $\lambda = 1$ và góc đánh lửa tối ưu (MBT). Như trên đồ thị ta có thể nhận thấy rằng khi tăng tỷ số nén thì lực tiếp tuyến cực đại (T_{max}) cũng có xu hướng tăng lên đối với cả hai loại nhiên liệu, xu hướng tăng này giống như xu hướng tăng của lực khí thể. Lý thuyết đã chỉ ra rằng, mô men làm quay trục khuỷu là một hàm số tỷ lệ thuận với lực tiếp tuyến, do vậy khi lực tiếp tuyến tăng theo tỷ số nén đã làm cho mô men quay của trục khuỷu cũng tăng theo đối với cả hai loại nhiên liệu. Điều này có nghĩa rằng cả mô men và công suất cũng được tăng theo nhờ sự gia tăng của tỷ số nén, kết quả này là hoàn toàn có lợi và là điều ta mong đợi khi tăng tỷ số nén. Tuy nhiên, việc tăng lực tiếp tuyến cũng đồng nghĩa với sự gia tăng của lực pháp tuyến và điều này cũng cần phải được xem xét và tính toán khi thay đổi tỷ số nén.



Hình 5: Lực tiếp tuyến tác dụng lên trục khuỷu động cơ

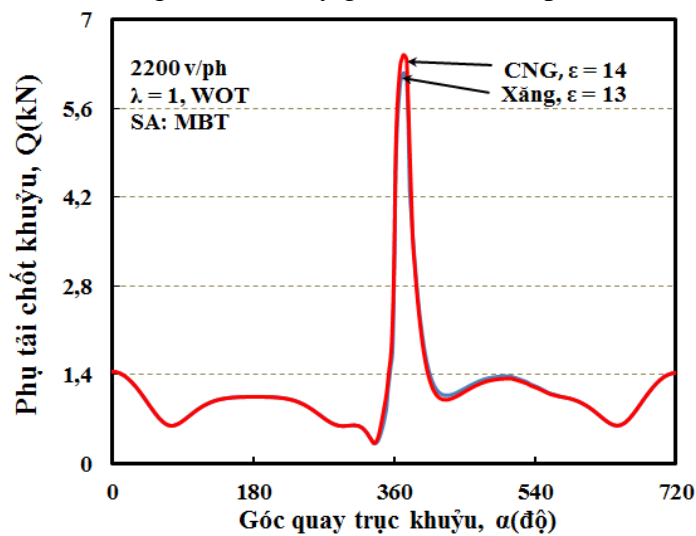
Hình 6 trình bày lực pháp tuyến tác dụng lên trục khuỷu của động cơ khi chạy nhiên liệu xăng và CNG ở điều kiện: $n = 2200$ vòng/phút và toàn tải, hệ số dư lượng không khí bằng 1 và góc đánh lửa tối ưu. Cũng như lực tiếp tuyến, lực pháp tuyến cực đại Z tác dụng lên trục khuỷu cũng tăng khi tăng tỷ số nén. Giá trị tính toán của lực pháp tuyến khi sử dụng nhiên liệu CNG luôn luôn nhỏ hơn so với nhiên liệu xăng, điều này là do ảnh hưởng chủ yếu bởi hệ số nạp của xăng khi tính toán luôn lớn hơn nhiên liệu CNG. Tuy nhiên, trong nghiên cứu về động học và động lực học đã chỉ ra lực pháp tuyến là một trong các nguyên nhân gây ra momen uốn trục,

do đó việc tăng lực pháp tuyến Z là điều không có lợi và ảnh hưởng xấu đến độ bền, độ cứng vững của trục khuỷu động cơ. Tuy nhiên, để đánh giá được những tác động này, bước tiếp theo là cần phải xem xét ảnh hưởng của tỷ số nén đến phụ tải (Q) tác dụng lên chốt khuỷu.



Hình 6: Lực pháp tuyến (Z) tác dụng lên trục khuỷu động cơ

Hình 7 thể hiện giá trị của lực phụ tải Q tác dụng lên chốt khuỷu của động cơ khi sử dụng nhiên liệu xăng và CNG ở cùng điều kiện tính toán. Quan sát kết quả tính toán có thể thấy rằng hình dạng của phụ tải Q biến thiên theo góc quay trục khuỷu là giống nhau mà không phụ thuộc vào loại nhiên liệu hay tỷ số nén. Tuy nhiên, giá trị phụ tải lớn nhất của nhiên liệu CNG với $\epsilon = 14$ lớn hơn một chút so với nhiên liệu xăng ở $\epsilon = 14$, kết quả này đã chỉ ra rằng: tăng được hiệu suất nhiệt sẽ bù đắp được sự suy giảm ở hệ số nạp.



Hình 7: Biến thiên của phụ tải Q theo góc quay trục khuỷu

4. KẾT LUẬN

Xây dựng chương trình tính toán nhiệt động học cho động cơ QTC-2015 thông qua các công thức tính toán về nguyên lý động cơ, đã đánh giá được ảnh hưởng của tỷ số nén đến một số thông số chu trình điển hình. Từ các kết quả tính toán đối với hai loại nhiên liệu là CNG và xăng có thể rút ra các kết luận sau:

- Ảnh hưởng của tỷ số nén đến hệ số nạp đối với nhiên liệu lỏng (xăng) lớn hơn so với nhiên liệu khí (CNG), nhưng khả năng cải thiện hiệu suất nhiệt ở nhiên liệu CNG lại lớn hơn so với nhiên liệu xăng.
- Tăng tỷ số nén sẽ làm tăng khả năng cháy kích nổ, tuy nhiên tăng tỷ số nén đối với nhiên liệu thay thế có trị số ôc-tan cao sẽ bù đắp được sự thiếu hụt về năng lượng cung cấp. Sự

bù đắp này là do lực tiếp tuyến và pháp tuyến tăng khi tăng tỷ số nén, nhưng nguyên nhân chính là do tỷ số nén giới hạn của nhiên liệu CNG lớn hơn so với nhiên liệu xăng.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bùi Xuân Trường, Trần Đăng Quốc, Khổng Vũ Quảng, Trần Thị Thu Hương, Trần Thanh Tâm, Đoàn Thị Lê Nhung, “Phân tích đặc tính kỹ thuật của động cơ nhiên liệu khí thiên nhiên nén (CNG) phun trên đường nạp với sự trợ giúp của phần mềm AVL Boost”, Tạp chí Khoa học & Công nghệ số 27, tháng 4, 2015, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, ISSN 1859-3585.

[2]. Trần Đăng Quốc, Khổng Vũ Quảng, Nguyễn Đức Khánh, Nguyễn Tuấn Nghĩa, Nguyễn Thành Vinh, Nguyễn Phi Trường, Vũ Thị Phương, “Một nghiên cứu về ảnh hưởng của tỷ số nén ở động cơ một xylanh nhiên liệu CNG hình thành hỗn hợp bên ngoài”, Tạp chí Khoa học & Công nghệ số 33, tháng 4, 2016, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, ISSN 1859-3585.

[3]. Tran Dang Quoc, Daewoo Nam, JongTai Lee, “A study on compression ratio of CNG engine with early direct injection”, KSAE 2008. 11.

[4]. Tran Dang Quoc, Kwangju Lee, Changhee Byun, Daewoo Nam, JongTai Lee, “Experimental Study to Expend the Lean Limit for Heavy-Duty Direct Injection Natural Gas Spark Fueled Spark Ignition engine”, KSAE 2010.11.

[5]. Trần Đăng Quốc, Nguyễn Đức Khánh, Đinh Xuân Thành, “A Study on Inceasable Mixing Duration in Direct Injection Natural Gas Fueled Spark Ignition Engine by Auxiliary Injection”, Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học Cơ học Thủy khí Toàn quốc năm 2013.

[6]. Tran Dang Quoc, JongTai Lee, “Experimental Investigation on Combining Auxiliary Injection with Supercharging in Direct Injection Natural Gas Spark-Ignition Engine”, The 3rd international conference on sustainable energy, “Rise Towards a Green Future”, Ho Chi Minh, Vietnam, October 29-30, 2013. ISBN: 978-604-73-1990-9.

[7]. Tran Dang Quoc, “Effects of High Power and Thermal Efficiency on Lean Limit in Direct Injection Natural Gas Fueled Spark Ignition Engine”, International Journal of Renewable Energy and Environmental Engineering, ISSN2348-0157, Vol. 03, No. 01, January 2015.