

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

LÊ VIỆT HÙNG

**NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN ĐƯỜNG NẠP ĐỘNG CƠ DIESEL
MỘT XILANH 16,5 HP SỬ DỤNG TRONG
NÔNG – LÂM – NGƯ NGHIỆP**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ
NGÀNH: CƠ KỸ THUẬT**

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 07/2019

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

LÊ VIỆT HÙNG

**NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN ĐƯỜNG NẠP ĐỘNG CƠ DIESEL
MỘT XILANH 16,5 HP SỬ DỤNG TRONG
NÔNG – LÂM – NGƯ NGHIỆP
NGÀNH: CƠ KỸ THUẬT - 12252010105**

Hướng dẫn khoa học:

1. PGS. TS. ĐỖ VĂN DŨNG
2. PSG. TS. NGUYỄN ANH THI

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Số: 5186/QĐ-ĐHSPKT

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 28 tháng 5 năm 2014

QUYẾT ĐỊNH

Về việc đổi tên luận án cho NCS khóa 2012-2015

HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

Căn cứ quyết định số 426/QĐ-TTg ngày 27/10/1976 của Thủ tướng Chính phủ quy định về mạng lưới tổ chức và nhiệm vụ của các trường đại học;

Căn cứ chương 6 Điều lệ Trường Đại học ban hành kèm theo quyết định số 58/2010/QĐ-TTg ngày 22 tháng 9 năm 2010 của Thủ tướng Chính phủ;

Căn cứ thông tư số 10/2009/TT-BGDĐT ngày 07/5/2009 của Bộ Giáo dục và Đào tạo về việc Ban hành Quy chế đào tạo trình độ tiến sĩ;

Căn cứ thông tư số 05/2012/TT-BGDĐT ngày 15/02/2012 của Bộ Giáo dục và Đào tạo về việc sửa đổi, bổ sung một số điều của Quy chế đào tạo trình độ tiến sĩ ban hành kèm theo Thông tư số 10/2009/TT-BGDĐT ngày 07/5/2009 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo;

Xét nhu cầu công tác và khả năng cán bộ;

Xét đề nghị của NCS và của Trưởng phòng Đào tạo,

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Đổi tên đề tài luận án tiến sĩ cho:

Nghiên cứu sinh : **Lê Việt Hùng**

Ngành : Cơ kỹ thuật

Khoá: 2012 - 2015

Tên luận án mới : **Nghiên cứu cải tiến đường nạp Động cơ Diesel một xylanh 16,5 HP sử dụng trong Nông-Lâm-Ngư nghiệp**

Người HD thứ nhất (HD chính) : **PGS.TS Đỗ Văn Dũng**

Người HD thứ hai : **TS. Nguyễn Anh Thi**

Thời gian thực hiện : **01/10/2012 đến 01/10/2015**

Điều 2. Giao cho Phòng Đào tạo quản lý, thực hiện theo đúng Quy chế đào tạo trình độ tiến sĩ của Bộ Giáo dục & Đào tạo đã ban hành.

Điều 3. Trưởng các đơn vị và các Ông (Bà) có tên ở điều 1 chịu trách nhiệm thi hành quyết định này.

Quyết định có hiệu lực kể từ ngày ký.

Nơi nhận :

- BGH (để biết);
- Như điều 2, 3;
- Lưu: VT, ĐT.

HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG
TRƯỜNG
ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
TP. HỒ CHÍ MINH
PGS. TS Lê Hiếu Giang

LÝ LỊCH CÁ NHÂN

I. LÝ LỊCH SƠ LƯỢC:

Họ & tên: LÊ VIỆT HÙNG

Giới tính: Nam

Ngày, tháng, năm sinh: 24/10/1971

Nơi sinh: Thái Nguyên

Quê quán: Nghệ An

Dân tộc: Kinh

Chỗ ở riêng hoặc địa chỉ liên lạc: Số 10, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức

Điện thoại cơ quan: (0251) 3838727

Điện thoại nhà riêng: 0915.568.178

E-mail: vikyno@hotmail.com

II. QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO:

1. Trung học chuyên nghiệp:

Hệ đào tạo:

Thời gian đào tạo từ/..... đến/

Nơi học (trường, thành phố):

Ngành học:

2. Đại học:

Hệ đào tạo: Chính quy

Thời gian đào tạo từ: 9/1990 đến 6/1995

Nơi học (trường, thành phố): Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh

Ngành học: Công nghệ chế tạo máy

Tên đề án, luận án hoặc môn thi tốt nghiệp: Xây dựng chương trình thiết kế các loại CAM trên máy tính

Ngày & nơi bảo vệ đề án, luận án hoặc thi tốt nghiệp: 17/6/1995 – Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh

Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Tiến Dũng

3. Cao Học:

Hệ đào tạo: Chính quy

Thời gian đào tạo: từ 9/1996 đến 9/1998

Nơi học (trường, thành phố): Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh

Ngành học: Công nghệ chế tạo máy

Tên đề án, luận án hoặc môn thi tốt nghiệp: Nghiên cứu ứng dụng PLC trong tự động hóa nhập xuất nhiên liệu tại Tổng kho xăng dầu Nhà Bè.

Ngày & nơi bảo vệ đề án, luận án hoặc thi tốt nghiệp: : 25/9/1998 tại Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh

Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Tiến Dũng

III. QUÁ TRÌNH CÔNG TÁC CHUYÊN MÔN KỂ TỪ KHI TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC:

Thời gian	Nơi công tác	Công việc đảm nhiệm
1999 - 2005	P.NC-PT công ty VIKYNO	Phó phòng
2005 - 2009	P.NC-PT công ty VIKYNO	Trưởng phòng
2009 – 03/2016	Công ty SVEAM	Phó Tổng giám đốc công ty SVEAM
04/2016 – 05/2019	Công ty SVEAM	Chủ tịch hội đồng quản trị công ty SVEAM
05/2019 - nay	Công ty SVEAM	Chủ tịch kiêm Tổng giám đốc công ty SVEAM

IV. CÁC ĐỀ TÀI, DỰ ÁN, NHIỆM VỤ KHÁC ĐÃ CHỦ TRÌ HOẶC THAM GIA:

Tên đề tài, dự án, nhiệm vụ khác đã chủ trì	Thời gian (bắt đầu-kết thúc)	Thuộc Chương trình(nếu có)	Tình trạng đề tài (đã nghiệm thu, chưa nghiệm thu)
Hoàn thiện thiết kế và dây chuyền công nghệ chế tạo động cơ diesel RV165-2 năng suất 2.000 động cơ/năm	01/2009 - 12/2010	Chương trình khoa học và công nghệ trọng điểm Cấp Nhà nước KC.05/06-10	Đã nghiệm thu

Hoàn thiện thiết kế và dây chuyền công nghệ chế tạo động cơ diesel RV145-2 10,8 kW (14,5 mã lực) năng suất 3.000 động cơ/năm phục vụ cho thị trường trong nước và xuất khẩu	01/2012 - 12/2014	Chương trình khoa học và công nghệ trọng điểm Cấp Nhà nước KC.03/11-15	Đã nghiệm thu
Nâng cao chất lượng và cải tiến kiểu dáng động cơ diesel thế hệ mới	10/2016 - 10/2018	Nâng cấp chất lượng Tổng công ty VEAM	Đã nghiệm thu

Tp. Hồ Chí Minh, Ngày 15 tháng 5 năm 2019
Nghiên cứu sinh

Lê Việt Hùng

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong Luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 15 tháng 05 năm 2019

(Ký tên và ghi rõ họ tên)

Lê Việt Hùng

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, tôi xin chân thành cảm ơn đến thầy hướng dẫn chính của tôi là PGS. TS. Đỗ Văn Dũng. Thầy đã luôn động viên và định hướng cho tôi trong suốt quá trình thực hiện luận án.

Tôi cũng thật sự biết ơn thầy hướng dẫn thứ hai là PGS. TS. Nguyễn Anh Thi. Thầy đã định hướng nghiên cứu, cung cấp tài liệu và theo sát quá trình nghiên cứu của tôi.

Tiếp theo, tôi xin chân thành cảm ơn đến quý thầy cô tại Khoa Xây dựng và Phòng Đào tạo đã hỗ trợ tôi trong quá trình học tập và nghiên cứu tại trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.

Cuối cùng, tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến gia đình, người thân và tất cả bạn bè và đồng nghiệp của tôi tại Tổng công ty máy động lực và máy nông nghiệp Việt Nam (VEAM) và Công ty SVEAM, những người đã tin tưởng và luôn động viên tinh thần cho tôi trong suốt khoảng thời gian thực hiện luận án.

Tp. Hồ Chí Minh, Ngày 15 tháng 5 năm 2019
Nghiên cứu sinh

Lê Việt Hùng

CÁC KẾT QUẢ ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN

1. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi, Luong Huynh Giang. “Performance characteristics of small Diesel DI engine using different geometry intake parts”. *Journal of Key Engineering Materials (KEM)*, 2019, ISSN: 1013 - 9826. (Scopus).
2. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi. “Improve Intake Port/Valve Of RV165-2 Engine By Simulation Method”. *International Conference on Fluid Machinery and Automation Systems - ICFMAS2018, Ha Noi City, Vietnam*, pp. 539-544, 2018.
3. **Hung – Le Viet**, Dung – Do Van, Giang – Luong Huynh, Thanh – Doan Minh. “Evaluation Of RV165-2 Engine Performance”. *The Fourth International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD2018), HoChiMinh City, Vietnam*, 2018.
4. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi, Luong Huynh Giang, Vo Van An, Do Minh Dung. “Improving characteristics of diesel engine by changing the engine's charging and design method ”. *Journal of Science Technology Technical Universities*, 2019.
5. **Lê Việt Hùng**, Phạm Văn Giang, Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Anh Thi. “Nghiên cứu số hóa mô hình 3D đường nạp, thải và buồng cháy làm cơ sở mô phỏng động cơ diesel”. *Tạp chí giao thông vận tải*, số 11, tr. 137-139, 2018, ISSN: 2354 - 0818.
6. **Lê Việt Hùng**, Khổng Vũ Quảng, Nguyễn Đức Khánh, Phạm Văn Trọng. “Nghiên cứu mô phỏng đánh giá phát thải độc hại của động cơ máy nông nghiệp RV165-2 và động cơ Kubota RT155 theo tiêu chuẩn ISO 8178”, *Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, số 64, tr. 69-75, 2019. ISSN: 1859 - 3941.
7. **Lê Việt Hùng**, Nguyễn Văn Giang, Võ Khắc Hoàng, Đào Chí Cường, Đỗ Văn Dũng, Nguyễn Anh Thi. “Nghiên cứu quá trình nạp-nén của động cơ Diesel buồng

cháy thống nhất bằng phần mềm Ansys-ICE”. *Tạp chí giao thông vận tải, số 04, tr. 101 – 105, 2019, ISSN: 2354 - 0818.*

8. Võ Danh Toàn, Nguyễn Thanh Tuấn, **Lê Việt Hùng**, Lương Huỳnh Giang, Huỳnh Thanh Công. “Mô phỏng nâng cao tính năng làm việc cho động cơ diesel 1 xi-lanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp”. *Tạp chí phát triển KH&CN, tập 16, số K3 – 2015.*

TÓM TẮT

Luận án này trình bày nghiên cứu cải thiện chất lượng của kì nạp động cơ diesel 1 xi-lanh phun trực tiếp 16,5 HP thông qua việc thiết kế lại toàn bộ hình dạng hình học của cụm họng nạp (*bên trong lẫn bên ngoài nắp xy lanh*).

Đối với phần biên dạng họng nạp (*bên ngoài nắp xy lanh*): Với sự hỗ trợ của phần mềm mô phỏng chuyên dụng AVL BOOST và ANSYS FLUENT, các phương án cải tiến hình dạng họng nạp (*bên ngoài nắp xy lanh*) đã được kiểm tra để nhận dạng các ưu khuyết điểm của từng phương án. Từ các kết quả mô phỏng, hai phương án tốt nhất có khả năng ứng dụng thực tế đã được chế tạo đánh giá thực nghiệm và so sánh với họng nạp (*bên ngoài nắp xy lanh*) hiện hữu.

Đối với phần biên dạng hình học họng nạp xoắn ốc (*bên trong nắp xy lanh*): Phần biên dạng này được tham số hóa (sử dụng 5 tham số) dựa trên các kích thước của bản vẽ thiết kế và chế tạo của động cơ đang nghiên cứu. Sau đó, xây dựng và thực hiện qui trình tự động tính toán mô phỏng kì nạp – nén của động cơ VIKYNO RV165-2 bằng phần mềm Ansys - Fluent với hai giá trị khảo sát là: hệ số nạp và hệ số xoáy. Trên cơ sở dữ liệu mô phỏng thu thập được, tác giả sử dụng phương pháp mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) và phương pháp tối ưu tiến hóa vi phân (DE) để tìm ra phương án họng nạp xoắn ốc (*bên trong Nắp xy lanh*) tốt nhất.

Toàn bộ cụm họng nạp cải tiến mới (*bên trong lẫn bên ngoài nắp xy lanh*) được chế tạo và thực nghiệm để đánh giá so sánh với thiết kế họng nạp nguyên thủy. Các đặc tính làm việc của động cơ như: công suất max, suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức là các tiêu chí được quan tâm trong quá trình thực nghiệm

ABSTRACT

This dissertation represents research on improving the intake of a direct injection 16.5 HP diesel engine by redesigning the geometric shape entire of intake manifold/intake valve (inside and outside of cylinder head).

For the intake manifold profile (outside of the cylinder head): With the support of the dedicated simulation software AVL BOOST and ANSYS FLUENT. Improvement options of intake manifold profile (outside of the cylinder head) have been tested to identify the advantages and defects of each option. From the simulation results, the two best options that are capable of practical application have been manufactured to experimentally evaluated and compared with the current intake manifold (outside of the cylinder head).

For the helical intake geometry profile (inside of the cylinder head): This profile is parameterized (5 parameters) based on the dimensions of the design and manufacturing drawings of the engine. Then, building and implementing the automatic process of calculation for the charging - compression simulation of VIKYNO RV165-2 engine with Ansys - Fluent software with two survey values: volumetric efficiency and swirl coefficient. Based on the simulation results, the author used the method of artificial neural network (ANN) and the optimal evolutionary differential method (DE) to find the best helical intake (inside of the cylinder head).

The whole new improved intake manifold/ intake valve (inside and outside of the cylinder head) is manufactured and experimented to evaluate with the current manifold/intake valve. Working characteristics of the engine such as max power, specific fuel consumption at the norm power are the criteria to be considered in the experimental process.

MỤC LỤC

	TRANG
Trang tựa	
Quyết định giao đề tài	
Lý lịch cá nhân	i
Lời cam đoan	iv
Lời cảm ơn	v
Các kết quả đã công bố	vi
Tóm tắt	viii
Mục lục	x
Danh sách ký hiệu khoa học/chữ viết tắt	xvi
Danh sách các hình	xx
Danh sách các bảng	xxv
Chương 1: TỔNG QUAN	1
1.1. Đặt vấn đề	1
1.2. Các nghiên cứu liên quan	9
1.2.1. Các nghiên cứu trong nước	9
1.2.2. Các nghiên cứu ngoài nước	11
1.2.3. Nhận xét	40
1.3. Mục tiêu nghiên cứu	41
1.4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài	41
1.5. Phương pháp nghiên cứu	42
1.6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn	43
1.7. Các nội dung trong đề tài	44
1.8. Lưu đồ thể hiện các vấn đề nghiên cứu trong luận án	44
Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH CẢI TIẾN CỤM HỌNG NẠP ĐỘNG CƠ VIKYNO RV165-2	46
2.1. Cơ sở lý thuyết về động cơ đốt trong	46
2.1.1. Công suất có ích của động cơ	46

2.1.2. Quá trình nạp và hiệu suất nạp	47
2.1.3. Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến hiệu suất nạp và đặc tính của dòng không khí nạp trong động cơ Diesel	50
2.1.3.1. Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến hiệu suất nạp	50
2.1.3.2. Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến tính chất dòng không khí nạp	54
2.1.4. Tính toán quá trình nạp động cơ VIKYNO RV165-2	57
2.2. Cơ sở lý thuyết về động lực học lưu chất và tính toán mô phỏng trong Ansys – Fluent	57
2.2.1. Các phương trình bảo toàn	57
2.2.1.1. Phương trình bảo toàn khối lượng	57
2.2.1.2. Phương trình bảo toàn động lượng	59
2.2.1.3. Phương trình bảo toàn năng lượng	60
2.2.1.4. Phương trình Navier-Stokes	61
2.2.2. Mô hình Cold Flow Analysis trong module IC Engine của Ansys	63
2.2.3. Mô hình dòng chảy rối	64
2.3. Cơ sở lý thuyết mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)	65
2.3.1. Nút	65
2.3.2. Lớp	66
2.3.3. Trọng số	66
2.3.4. Hàm kích hoạt	66
2.3.5. Quá trình lan truyền thẳng của mạng nơ-ron	67
2.3.6. Quá trình lan truyền ngược của mạng nơ-ron	68
2.4. Giải thuật tiến hóa vi phân	69
2.4.1. Quá trình khởi tạo	69
2.4.2. Quá trình đột biến	69
2.4.3. Quá trình lai tạo	70

2.4.4. Quá trình chọn lọc	71
2.4.5. Điều kiện dừng của giải thuật DE	71
Chương 3: NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN CỤM HỌNG NẠP	72
3.1. Đo đạc, đánh giá tính năng hoạt động của động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu	72
3.1.1. Thực nghiệm đánh giá	72
3.1.1.1. Sơ đồ thực nghiệm	72
3.1.1.2. Giới thiệu sơ lược các thiết bị dùng trong quá trình thực nghiệm	73
3.1.1.3. Nguyên lý đo và quy trình thực hiện quá trình thực nghiệm	76
3.1.1.4. Kết quả thực nghiệm đo các thông số vận hành của động cơ	77
3.2. Cải tiến họng nạp bên ngoài nắp xylanh (Cổ nổi bộ lọc gió)	78
3.2.1. Sơ đồ thực nghiệm và nguyên lý vận hành	81
3.2.2. Các thiết bị thí nghiệm tại công ty SVEAM	82
3.2.3. Phương pháp đo và xử lý số liệu	83
3.2.3.1. Phương pháp đo	83
3.2.3.2. Phương pháp xử lý số liệu	84
3.2.4. Kết quả cải tiến họng nạp bên ngoài nắp xylanh (Cổ nổi bộ lọc gió)	85
3.2.4.1. Đặc tính làm việc của động cơ	85
3.2.4.2. Hệ số nạp	88
3.2.5. Nhận xét kết quả cải tiến hình dạng họng nạp bên ngoài nắp xylanh (cổ nổi bộ lọc gió)	88
3.3. Cải tiến biên dạng họng nạp bên trong nắp xylanh	90
3.3.1. Tham số hóa cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2	90
3.3.1.1. Xác định tham số	90
3.3.1.2. So sánh mô hình 3D cụm họng nạp dựng bằng phương pháp hiện hữu và phương pháp tham số	95
3.3.2. Xây dựng - hiện thực quy trình tự động tính toán mô phỏng kì nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2 và thực nghiệm đối chứng	100
3.3.2.1. Xây dựng - hiện thực quy trình tự động tính toán mô phỏng kì nạp	

và nén của động cơ VIKYNO RV165-2	100
3.3.2.2. Thực nghiệm đối chứng kết quả mô phỏng trong Ansys–Fluent	108
3.3.3. Tối ưu hóa cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 bằng phương pháp mạng nơ-ron nhân tạo và phương pháp tối ưu tiến hóa vi phân	116
3.3.3.1. Quá trình thực hiện	116
3.3.3.2. Kết quả	118
3.3.4. Xây dựng mối quan hệ giữa hệ số nạp và hệ số xoáy	125
Chương 4: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	130
4.1. So sánh kết quả mô phỏng bằng phần mềm Ansys - ICE	131
4.1.1. Hệ số nạp	131
4.1.1.1. Phương pháp xử lý số liệu	131
4.1.1.2. Kết quả hệ số nạp	132
4.1.2. Kết quả hệ số xoáy (swirl ratio)	133
4.1.3. Trường vận tốc, áp suất và nhiệt độ	134
4.2. So sánh kết quả thực nghiệm	144
4.2.1. Kết quả thực nghiệm đo các thông số vận hành của động cơ VIKYNO RV165-2 sau cải tiến	144
4.2.2. So sánh kết quả thực nghiệm giữa động cơ hiện hữu và động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến	145
4.2.2.1. Công suất	146
4.2.2.2. Moment	146
4.2.2.3. Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức (Công suất = 14 Hp, tại số vòng quay 2200 vòng/phút)	147
4.2.2.4. Nhận xét kết quả thực nghiệm của động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến toàn bộ hình dạng họng (bên trong lẫn bên ngoài nắp xy lanh)	147
Chương 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	149
5.1 Kết quả đạt được của luận án	149

5.2 Đóng góp mới của luận án	149
5.3 Hướng phát triển của luận án	151
PHỤ LỤC 1: TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH NẠP ĐỘNG CƠ VIKYNO RV165-2	152
PHỤ LỤC 2: GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN CÁC THIẾT BỊ ĐO CỦA CÔNG TY SVEAM	157
PHỤ LỤC 3: BẢNG KẾT QUẢ CẢI TIẾN HỌNG NẠP BÊN NGOÀI NẮP XYLANH	165
PHỤ LỤC 4: SỬ DỤNG CODE JAVA SCRIPT CHO ANSYS-FLUENT	168
PHỤ LỤC 5: CODE TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH NẠP ĐỘNG CƠ VIKYNO RV165-2	169
PHỤ LỤC 6: SỬ DỤNG CODE C# CHO ANSYS-FLUENT	184
PHỤ LỤC 7: SỬ DỤNG UDFS FILE CHO ANSYS-FLUENT	185
PHỤ LỤC 8: SỬ DỤNG CODE TEXT USER INTERFACE (TUI) CHO ANSYS-FLUENT	187
PHỤ LỤC 9: SỬ DỤNG CODE JAVA SCRIPT CHO ANSYS-FLUENT	201
PHỤ LỤC 10: CODE SỬ DỤNG MATLAB	203
PHỤ LỤC 11: QUÁ TRÌNH CÀI ĐẶT VÀ CHẠY MÔ PHỎNG TRONG INTERNAL COMBUSTION ENGINE CỦA ANSYS	228
PHỤ LỤC 12: BẢNG KẾT QUẢ LƯU LƯỢNG THỂ TÍCH (LẤY TỪ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG ANSYS – ICE)	256
PHỤ LỤC 13: GIẤY CHỨNG NHẬN KẾT QUẢ ĐO KIỂM ĐỘNG VIKYNO RV165-2 SAU KHI CẢI TIẾN HỌNG NẠP CỦA TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3	319

PHỤ LỤC 14: CODE MATLAB MẠNG NƠ-RON NHÂN TẠO (ANN) VÀ TIẾN HÓA VI PHÂN (DE)	325
TÀI LIỆU THAM KHẢO	341

DANH SÁCH KÝ HIỆU KHOA HỌC/CHỮ VIẾT TẮT

Các ký hiệu khoa học

\bar{S}_p : vận tốc di chuyển trung bình của piston

A_p : diện tích đỉnh piston

α_k : là hệ số lưu lượng

Rpm: Vòng/phút hay v/p

Hp: Horse power (Mã lực)

SI: Động cơ đánh lửa cưỡng bức

T: Chiều cao họng nạp

R: Chiều rộng góc xoắn

VKN: VIKYNO

KH&CN: Khoa Học và Công Nghệ

Max: Maximum (lớn nhất)

Min: Minimum (nhỏ nhất)

ψ : Vị trí của các góc bắt đầu tạo xoắn

DOHC: Double Overhead Cam

CAD: Computer Aided Design

CAM: Computer Aided Manufacturing

CAE: Computer Aided Engineering

LES: Lotus Engine Simulation

N_e : công suất truyền đến máy công tác và dẫn động máy công tác hoạt động

N_i : công suất chỉ thị

N_m : Công suất cơ giới

V_h : thể tích công tác.

Q_H : nhiệt trị thấp của nhiên liệu

F : tỷ lệ nhiên liệu trên không khí

ρ_a : mật độ dòng không khí nạp ở điều kiện áp suất và nhiệt độ cuối kì nạp

η_c : hiệu suất của sự cháy nhiên liệu

η_m : hiệu suất cơ giới

i : số xy lanh

n : tốc độ động cơ

ε : tỷ số nén/độ phân tán động năng rối

τ : số kỳ của động cơ

MCCT: Môi Chất Công Tác

φ_1 : góc chuẩn bị nạp

φ_2 : góc nạp thêm

λ_1 : hệ số nạp thêm

p_a : áp suất trong xy lanh vào cuối kì nạp – đầu kì nén

p_0 : áp suất khí quyển

η_v : hiệu suất nạp

p_k : áp suất trước xúpáp nạp

T_k : nhiệt độ trước xúpáp nạp

M_I : khối lượng khí nạp mới thực tế của mỗi chu trình

M_h : khối lượng khí nạp mới lý thuyết của mỗi chu trình

ρ_0 : khối lượng riêng của không khí ở điều kiện bình thường

ρ_k : là khối lượng riêng của không khí trên đường nạp

γ_r : hệ số khí sót

ΔT : nhiệt độ sấy nóng khí nạp

p_r : áp suất khí sót

T_r : nhiệt độ khí sót

Δp_a : tổn thất áp suất trong quá trình nạp

β : hệ số xét ảnh hưởng của giảm tốc dòng khí nạp

ξ_{kn} : hệ số (tổn thất) cản của họng nạp quy dẫn về tốc độ khí nạp

h_d : tổn thất năng lượng dọc đường ống

S_r : hệ số xoáy dọc

T_{ratio} : hệ số xoáy ngang

V_u : vận tốc dòng không khí thực tế vào xy lanh

D : đường kính xy lanh

k : năng lượng rời

u_i : vận tốc theo các phương

μ_t : độ nhớt

E_{ij} : biến dạng trung bình của phân tử lưu chất

\dot{V}_{alt} : là thể tích nạp lý thuyết

\dot{m}_a : khối lượng không khí nạp thực tế

Các chữ viết tắt

TUI	: Text User Interface (Giao diện người dùng)
SVEAM	: Southern Vietnam Engine Agricultural Machinery (Công ty TNHH-MTV Động Cơ Và Máy Nông Nghiệp Miền Nam (VIKYNO & VINAPPRO))
VEAM	: Vietnam Engine Agricultural Machinery (Tổng Công Ty Máy Động Lực Và Máy Nông Nghiệp Việt Nam)
ĐCT	: Điểm Chết Trên
ĐCD	: Điểm Chết Dưới
ICE	: Internal Combusion Engine (Động cơ đốt trong)
GQTK	: Góc quay trục khuỷu
KUBOTA	: là một nhà sản xuất máy kéo và thiết bị nặng có trụ sở tại Osaka, Nhật Bản. Công ty được thành lập năm 1890
IVO	: Điểm mở van nạp
IVC	: Điểm đóng van nạp
EVO	: Điểm mở van xả
EVC	: Điểm đóng van xả
CFD	: Computational Fluid Dynamics (Tính toán động lực học)
ANN	: Artificial Neural Network (Mạng nơ-ron nhân tạo)
DE	: Differential Evolution (Giải thuật tiến hóa vi phân)
MSE	: Mean square error
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error

DANH SÁCH CÁC HÌNH

HÌNH	TRANG
Hình 1.1: Động cơ RV165-2 do SVEAM sản xuất	2
Hình 1.2: Đồ thị đặc tính kỹ thuật động cơ RV165-2	4
Hình 1.3: Các hướng nghiên cứu trong lĩnh vực động cơ đốt trong	5
Hình 1.4: Tính toán thiết kế họng nạp của động cơ sử dụng kỹ thuật tính toán mô phỏng số	8
Hình 1.5: Mô hình phân tích họng nạp ban đầu	12
Hình 1.6: Mô hình phân tích họng nạp sau khi thiết kế tối ưu hóa	12
Hình 1.7: Mô hình họng nạp	13
Hình 1.8: Mô hình tính toán phân tích	14
Hình 1.9: Các thông số hình học của họng nạp dạng xoắn ốc	16
Hình 1.10: Các mặt phẳng cắt ngang họng nạp nghiên cứu	17
Hình 1.11: Một số kết quả đạt được	17
Hình 1.12: Mô hình động cơ	18
Hình 1.13: So sánh vận tốc dòng khí vào giữa hai độ nâng xúpap 0,1 và 0,2 mm	20
Hình 1.14: So sánh vận tốc dòng khí	20
Hình 1.15: Một số mô hình được xây dựng	22
Hình 1.16: Kết quả dưới dạng mặt phẳng 3D xuất ra từ Ansys	22
Hình 1.17: Biểu đồ độ nhạy cục bộ (Local sensitivity charts)	23
Hình 1.18: Các mẫu thiết kế họng nạp bài báo đề xuất	24
Hình 1.19: Biểu đồ hệ số xoáy và hệ số nạp	25
Hình 1.20: So sánh tỉ số xoáy giữa các họng nạp dạng xoắn ốc	25
Hình 1.21: So sánh giữa họng nạp xoắn ốc và dạng tiếp tuyến	26
Hình 1.22: Mô hình với hai họng nạp	26
Hình 1.23: Hình ảnh bố trí thực nghiệm	27
Hình 1.24: Các mẫu họng nạp đề xuất	28
Hình 1.25: Mô hình lưới cụm họng nạp trong nghiên cứu	29

Hình 1.26: Các thông số thiết kế họng nạp được đề xuất cho động cơ Toyota 2KD-FTV	30
Hình 1.27: Sơ đồ giả thuật của nghiên cứu của Frantisek SEDLACEK và Michal SKOVAJSA	32
Hình 1.28: Động cơ Yamaha YZF-R6	34
Hình 1.29: Cụm buồng đốt và họng nạp	34
Hình 1.30: Biểu đồ vận tốc theo góc quay trục khuỷu của động cơ Yamaha YZF-R6	35
Hình 1.31: Biểu đồ áp suất theo góc quay trục khuỷu của động cơ Yamaha YZF-R6	35
Hình 1.32: Biểu đồ lưu lượng theo góc quay trục khuỷu của động cơ Yamaha YZF-R6	36
Hình 1.33: Mô hình 3D họng nạp của động cơ Yamaha YZF-R6 được đưa vào mô phỏng	36
Hình 1.34: Mô hình tham số hóa họng nạp động cơ Yamaha YZF-R6	37
Hình 1.35: Kết quả mô phỏng trường vận tốc của động cơ Yamaha YZF-R6	38
Hình 1.36: Kết quả mô phỏng trường áp suất của động cơ Yamaha YZF-R6	39
Hình 1.37: Kết quả họng nạp tối ưu theo kết quả mô phỏng của động cơ Yamaha YZF-R6.	39
Hình 1.38: Cụm họng / xúpap nạp động cơ VIKYNO RV165-2	41
Hình 2.1: Diễn biến quá trình nạp động cơ bốn kỳ	51
Hình 2.2: Họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2	53
Hình 2.3: Hệ số xoáy theo phương dọc	55
Hình 2.4: Hệ số xoáy theo phương ngang	56
Hình 2.5: Phần tử không khí	58
Hình 2.6: Quá trình lan truyền ngược của mạng nơ-ron	68
Hình 3.1: Sơ đồ bố trí thực nghiệm đo tính năng kỹ thuật của động cơ	72

Hình 3.2: Một số hình ảnh quá trình lắp đặt và chạy thử nghiệm	73
Hình 3.3: Động cơ sau khi lắp đặt xong trên băng thử	73
Hình 3.4: Sơ đồ nguyên lý làm việc của phanh điện APA 100	74
Hình 3.5: Sơ đồ nguyên lý hoạt động của thiết bị cân nhiên liệu 733S	75
Hình 3.6: Đặc tính M_e , N_e và g_e theo tốc độ động cơ	77
Hình 3.7: Mô hình 3D phương án hiện hữu	79
Hình 3.8: Phương án ngẫu nhiên 01	79
Hình 3.9: Phương án ngẫu nhiên 02	80
Hình 3.10: Phương án cải tiến 01	80
Hình 3.11: Phương án cải tiến 02	81
Hình 3.12: Sơ đồ bố trí thí nghiệm	82
Hình 3.13: Thực nghiệm đánh giá tính năng hoạt động và hệ số nạp của động cơ VIKYNO RV165-2	82
Hình 3.14: Đồ thị so sánh công suất các phương án thực nghiệm	86
Hình 3.15: Đồ thị so sánh moment các phương án thực nghiệm	86
Hình 3.16: So sánh suất tiêu hao nhiên liệu tại công suất định mức các phương án thực nghiệm	87
Hình 3.17: So sánh hệ số nạp các phương án thực nghiệm	88
Hình 3.18: Bản vẽ chế tạo nắp xylanh động cơ RV165-2 của SVEAM/1	91
Hình 3.19: Bản vẽ chế tạo nắp xylanh động cơ RV165-2 của SVEAM/2	92
Hình 3.20: Hàm số thể hiện các đường sinh của hống nạp	93
Hình 3.21: Các kích thước hình học quan trọng	93
Hình 3.22: Thiết kế 2D hống nạp xoắn ốc động cơ VIKYNO RV165-2	97
Hình 3.23: Các mặt cắt dựng trong Solidworks	98
Hình 3.24: Đường nạp xoắn ốc dựng bằng phương pháp cũ	98
Hình 3.25: Đường nạp xoắn ốc dựng bằng phương pháp tham số	99
Hình 3.26: So sánh mô hình 3D của hai phương án	100
Hình 3.27: Hống nạp dựng bằng phương pháp tham số và phương pháp hiện hữu	100

Hình 3.28: Điều kiện biên cho mô hình mô phỏng kỳ nạp-nén của động cơ VIKYNO RV165-2 trong Ansys-Fluent	102
Hình 3.29: Độ nâng xúpap nạp và thải theo góc quay trục khuỷu	102
Hình 3.30: Lưu đồ thực hiện quy trình tính toán kì nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2	103
Hình 3.31: Thực nghiệm đo kiểm chứng hệ số nạp	109
Hình 3.32: Sơ đồ nguyên lý đo thực nghiệm đo hệ số nạp của động cơ VIKYNO RV165-2	110
Hình 3.33: Động cơ RV165-2 trên bang thử	110
Hình 3.34: Biến tần	111
Hình 3.35: Thiết bị đo lưu lượng không khí nạp	112
Hình 3.36: Graphtec.	112
Hình 3.37: Cảm biến đo áp suất TOYOTA 89420-20300	113
Hình 3.38: Cảm biến áp suất đáp ứng tốc độ cao	113
Hình 3.39: Thiết bị chuyển đổi tín hiệu	114
Hình 3.40: Cảm biến tiệm cận	114
Hình 3.41: Lược đồ giải thuật mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)	117
Hình 3.42: Lược đồ giải thuật phương pháp tiến hóa vi phân (DE)	118
Hình 3.43: Kết cấu mạng nơ-ron được sử dụng	119
Hình 3.44: Quá trình huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo	120
Hình 3.45: Phân bố sai số của mô hình được sử dụng	121
Hình 3.46: Mã hóa các lời giải thành dạng nhiễm sắc thể.	123
Hình 3.47: Quá trình thực hiện kết hợp ANSYS, ANN và DE	124
Hình 3.48: Quá trình tìm kiếm và hội tụ của giải thuật tiến hóa vi phân	124
Hình 3.49: Đồ thị Scatter thể hiện mối quan hệ giữa hệ số nạp và hệ số xoáy.	126
Hình 3.50: Kết quả phân nhóm dữ liệu thu được theo Hệ số nạp với $k=5$	127
Hình 3.51: Trung bình hệ số xoáy theo các nhóm của hệ số nạp	128
Hình 4.1: Thiết kế 3D cụm họng / xúpap nạp cải tiến mới	130
Hình 4.2: Chi tiết cụm họng xúpap / nạp sau khi cải tiến mới	130

Hình 4.3: Tích phân lưu lượng theo thời gian	132
Hình 4.4: Biểu đồ so sánh hệ số nạp của hai phương án	133
Hình 4.5: Biểu đồ biểu diễn hệ số xoáy trong quá trình nạp – nén của hai phương án	134
Hình 4.6: Trường vận tốc của hai phương án	137
Hình 4.7: Trường áp suất của hai phương án	140
Hình 4.8: Trường nhiệt độ của hai phương án	144
Hình 4.9: Đặc tính M_e và N_e và g_e theo tốc độ của động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến	145
Hình 4.10: Đồ thị so sánh công suất giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến	146
Hình 4.11: Đồ thị so sánh moment giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến	146
Hình 4.12: Đồ thị so sánh suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến	147

DANH SÁCH CÁC BẢNG

BẢNG	TRANG
Bảng 1.1: Các kích thước cơ bản của động cơ VIKYNO RV165-2 tương ứng trong hình 1.1	3
Bảng 1.2: Đặc tính kỹ thuật động cơ RV165-2	3
Bảng 1.3: Hệ số lưu lượng và tỷ số xoáy bằng mô phỏng CFD	15
Bảng 1.4: Hệ số lưu lượng và tỷ số xoáy qua thực nghiệm	15
Bảng 1.5: Các thông số hình học của họng nạp nghiên cứu	16
Bảng 1.6: Các thông số thiết kế chính	21
Bảng 1.7: Thông số kỹ thuật của động cơ Antor 3 LD 510	27
Bảng 1.8: Thông số kỹ thuật động cơ Toyota 2KD-FTV	29
Bảng 1.9: Các trường hợp mô phỏng họng nạp động cơ Toyota 2KD-FTV	30
Bảng 1.10: Bảng kết quả mô phỏng CFD quá trình nạp của động cơ Toyota 2KD-FTV	31
Bảng 1.11: Thông số kỹ thuật của động cơ Yamaha YZF-R6	33
Bảng 1.12: Bảng tham số họng nạp động cơ Yamaha YZF-R6.	37
Bảng 3.1: Kết quả đo các thông số đặc tính ngoài của động cơ	78
Bảng 3.2: Các phương án thử nghiệm cải tiến biên dạng họng nạp bên ngoài nắp xy lanh động cơ	79
Bảng 3.3: Các tham số thiết kế cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2	94
Bảng 3.4: Điều kiện biên và thông số thiết lập mô hình trong Ansys-Fluent	101
Bảng 3.5: Kết quả chạy mô phỏng tự động bằng Ansys-Fluent	105
Bảng 3.6: Kết quả thực nghiệm đối chứng hệ số nạp	115
Bảng 3.7: Kết quả chạy ANN trên tập đánh giá chéo	122
Bảng 3.8: Bảng hệ số chuyển tiếp từ lớp đầu vào đến lớp ẩn	122
Bảng 3.9: Bảng hệ số chuyển tiếp từ lớp ẩn đến lớp đầu ra	123
Bảng 3.10: Kết quả mô phỏng mở rộng	124

Bảng 3.11: Kết quả một số loại hệ số tương quan và kiểm định	126
Bảng 3.12: Trọng tâm của các nhóm	128
Bảng 4.1: Kết quả đo các thông số đặc tính ngoài của động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến	145

Chương 1

TỔNG QUAN

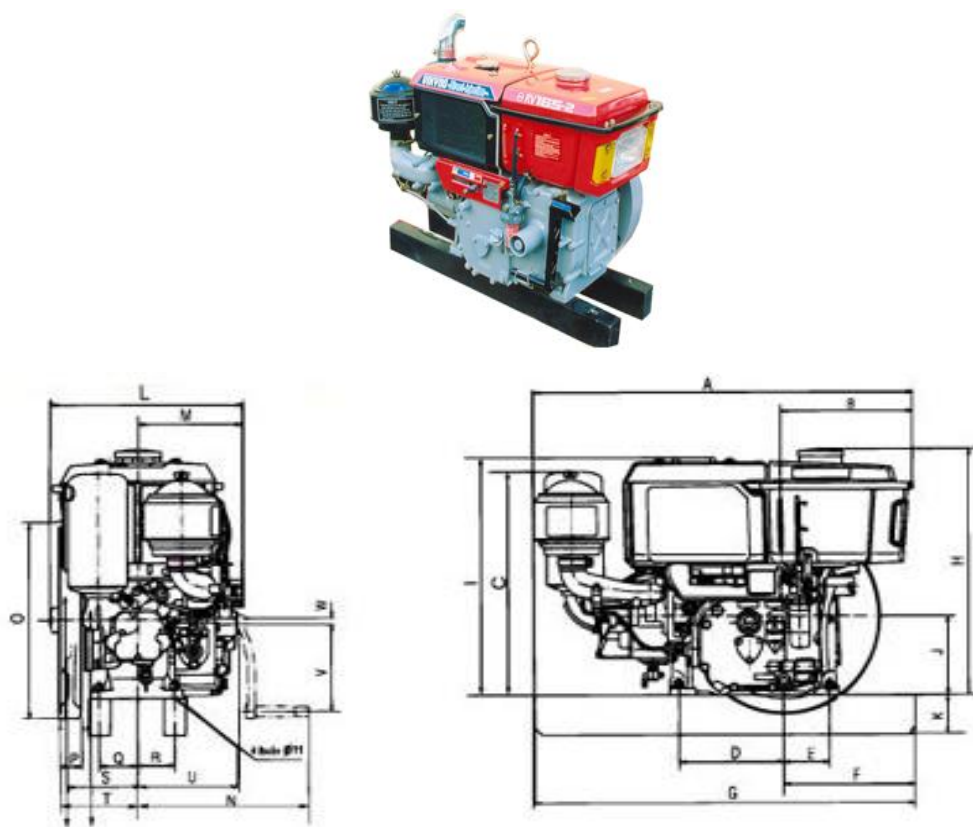
1.1. Đặt vấn đề

Trước bối cảnh năng lượng có nguồn gốc hóa thạch ngày càng cạn kiệt và vấn đề nóng lên toàn cầu do hiệu ứng nhà kính mà nguyên nhân chính là do phát thải khí nhà kính (chủ yếu là CO₂) trong công nghiệp, nông nghiệp và giao thông, nên các vấn đề sử dụng hiệu quả năng lượng và giảm phát thải ô nhiễm là yêu cầu hết sức cấp thiết được đặt ra đối với tất cả các quốc gia trên thế giới và Việt Nam không là ngoại lệ. Động cơ đốt trong sử dụng trên phương tiện giao thông, cũng như các ứng dụng tĩnh tại tiêu thụ phần lớn nhiên liệu hóa thạch và là một trong các nguồn phát thải ô nhiễm chính yếu cần được nghiên cứu giảm thiểu.

Ngành công nghiệp động cơ đốt trong non trẻ của Việt Nam với nòng cốt là Tổng công ty Máy Động lực và Máy nông nghiệp Việt Nam (VEAM) cung cấp ra thị trường 48.000 động cơ, máy nông nghiệp mỗi năm. Trong đó công ty TNHH MTV Động cơ và Máy nông nghiệp Miền Nam (SVEAM) cung cấp khoảng 45.000 động cơ. Công ty TNHH MTV Động Cơ và Máy Nông Nghiệp Miền Nam (SVEAM) được hợp nhất từ công ty VIKYNO và VINAPPRO, là doanh nghiệp đứng đầu trong lĩnh vực nông ngư cơ tại Việt Nam. SVEAM sản xuất các dòng động cơ Diesel công suất từ 5 đến 30 mã lực và động cơ xăng từ 5 đến 13 mã lực dùng trong nông, ngư nghiệp và cho máy phát điện. Sản phẩm của SVEAM đã có mặt tại hơn 20 quốc gia ở Châu Á, Châu Phi, Trung – Mỹ và Trung Đông như: Malaysia, Philippine, Lào, Indonesia, Thái Lan, Singapore, Nhật Bản, Myanmar, Srilanka, Hàn Quốc, Iran, UAE, Iraq, Yemen, Nigeria, Madagascar, Guatemala, Panama, Cộng hòa Dominica, Costa Rica, Chile ... Tuy nhiên, việc các nước đang từng bước nâng cao tiêu chuẩn phát thải đối với động cơ đốt trong là thách thức thực sự cho SVEAM trong nỗ lực mở rộng thị trường. Để vượt qua thử thách này, SVEAM cần đầu tư một cách căn cơ cho hoạt

động nghiên cứu phát triển nhằm nâng cao tính năng kỹ thuật của động cơ và giảm thiểu phát thải ô nhiễm của các dòng động cơ của mình để đảm bảo tính cạnh tranh so với các sản phẩm của các Công ty các nước tiên tiến khác, đặc biệt là Nhật Bản và Trung Quốc và đạt mức phát thải ô nhiễm của các thị trường mục tiêu của công ty.

Từ một nhà máy chuyên lắp ráp động cơ và máy nông nghiệp theo thiết kế của công ty Kubota và Yanmar (Nhật bản). Những năm gần đây, SVEAM đã bứt phá trở thành một trong những doanh nghiệp đứng đầu của ngành cơ khí chế tạo máy động lực và máy nông nghiệp Việt Nam. Năm 2005, động cơ Diesel RV165-2 (có công suất tối đa 16,5 mã lực) do SVEAM tự thiết kế, chế tạo với tỷ lệ nội địa hóa đạt trên 90% được bán ra thị trường, đánh dấu một cột mốc quan trọng, mang tính bước ngoặt trong lịch sử phát triển của SVEAM (xem Hình 1.1). Các thông số kỹ thuật và đặc tính kỹ thuật của động cơ RV165-2 được trình bày trên Bảng 1.1 và Hình 1.2.



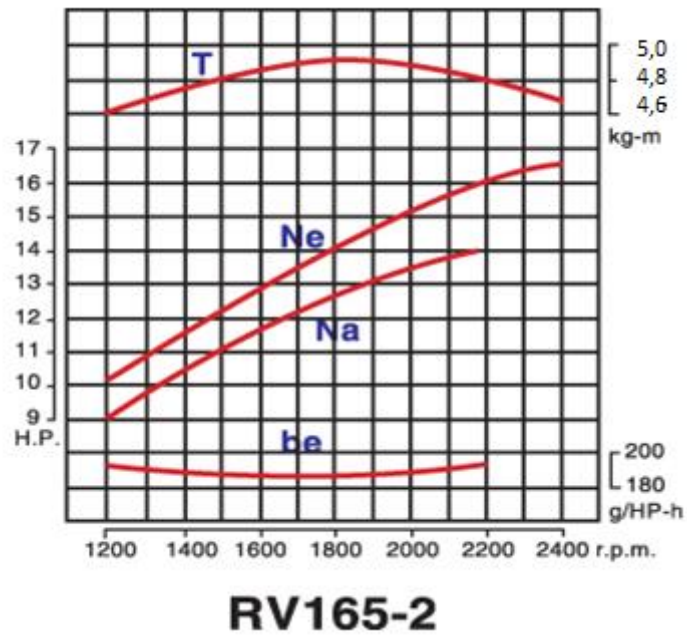
Hình 1.1: Động cơ RV165-2 do SVEAM sản xuất.

Bảng 1.1: Các kích thước cơ bản của động cơ VIKYNO RV165-2 tương ứng trong hình 1.1.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
795	274	563	233	124	263	760	496	484	165	78	388
M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
210	350	405	56	85	90	147	168	205	180	10	

Bảng 1.2: Đặc tính kỹ thuật động cơ RV165-2.

KIỂU	Mục tiêu thiết kế
Loại	4 kỳ, 1 xy lanh, nằm ngang
Đường kính x hành trình piston (mm)	105 x 97
Thể tích xy lanh (cm ³)	839
Công suất tối đa (Mã lực/vòng/phút)	16,5/2400
Công suất định mức (Mã lực/vòng/phút)	14/2200
Moment cực đại (KG.m/vòng/phút)	4,9/1800
Tỉ số nén	20
Nhiên liệu	Dầu Diesel
Thể tích thùng nhiên liệu (lít)	11
Suất tiêu thụ nhiên liệu (g/Mã lực/giờ)	206
Áp suất mở vòi phun (Kg/cm ²)	220
Hệ thống đốt nhiên liệu	Phun trực tiếp
Thể tích nước làm mát (lít)	2,6
Trọng lượng (kg)	132
Kích thước: Dài x Rộng x Cao (mm)	759 x 388 x 496



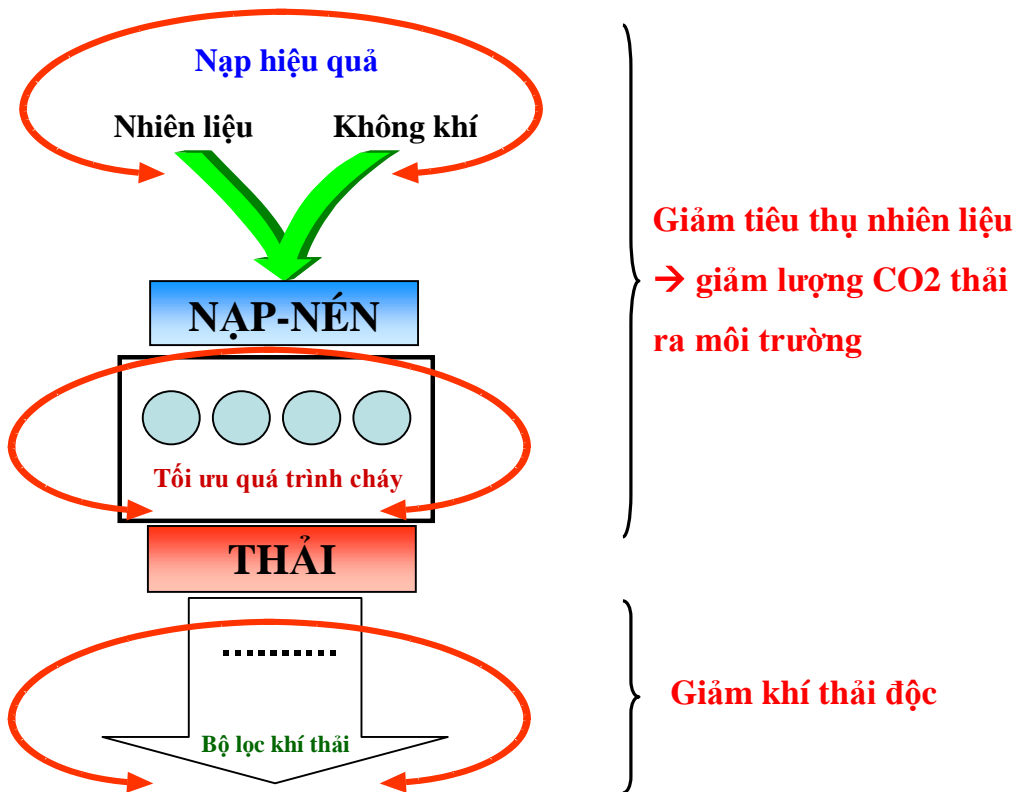
Hình 1.2: Đồ thị đặc tính kỹ thuật động cơ RV165-2.

Để có thể phát triển các động cơ mới có tính năng cạnh tranh với các động cơ của các công ty tiên tiến như Kubota hay Yanmar, SVEAM cần phải tập trung đầu tư phát triển tiềm lực nghiên cứu và phát triển của mình. Trên tinh thần đó, năm 2008 SVEAM đã thành lập Trung tâm nghiên cứu và phát triển với nhân sự lên đến gần 25 cán bộ nghiên cứu. Kinh nghiệm tích lũy được trong quá trình gần 35 năm phát triển của Công ty có ý nghĩa quyết định cho sự thành công của SVEAM trong việc phát triển các sản phẩm mới mà tiêu biểu là động cơ RV165-2. Sản phẩm mới này của SVEAM thực chất được phát triển dựa trên nền tảng thiết kế cơ sở của Kubota với một số cải tiến dựa trên kinh nghiệm và thường thì hiệu quả của các giải pháp cải tiến không được kiểm nghiệm đầy đủ do hạn chế về điều kiện vật chất kỹ thuật cũng như năng lực thử nghiệm, đánh giá. Để phát triển thành công các dòng động cơ mới, có tính năng cạnh tranh, SVEAM một mặt cần đầu tư trang thiết bị thử nghiệm phục vụ hoạt động kiểm nghiệm đánh giá thiết kế mới, mặt khác cần nhanh chóng nắm bắt và áp dụng các công nghệ tính toán mô phỏng vào quá trình tính toán, thiết kế sản phẩm mới. Áp dụng công nghệ tính toán mô phỏng, với độ chính xác và độ tin cậy ngày

càng cao góp phần nâng cao tính năng, rút ngắn thời gian, giảm chi phí phát triển sản phẩm mới.

Chúng ta biết rằng sự phát triển của lĩnh vực động cơ đốt trong được thúc đẩy bởi các yếu tố sau:

- Tiêu chuẩn phát thải ô nhiễm ngày càng nghiêm ngặt (bao gồm khí độc và tiếng ồn);
- Giảm thiểu tiêu thụ nhiên liệu (giúp giảm phát thải CO₂);
- Nâng cao công suất riêng (power density);
- Nâng cao độ bền (durability) và độ tin cậy (reliability);
- Cạnh tranh về giá;
- Sự cạnh tranh của các hệ thống động lực khác...



Hình 1.3: Các hướng nghiên cứu trong lĩnh vực động cơ đốt trong.

Để giảm thiểu tiêu thụ nhiên liệu (vì vậy dẫn đến giảm thiểu phát thải CO₂ ra môi trường) và nâng cao công suất của động cơ, cần có các giải pháp nâng cao hiệu

quả nạp nhiên liệu và không khí (hoặc hỗn hợp nhiên liệu / không khí đối với động cơ xăng) vào động cơ và tối ưu hóa quá trình cháy xảy ra bên trong động cơ (xem Hình 1.3). Để nạp hiệu quả nhiên liệu vào động cơ, các giải pháp như phun trực tiếp (direct injection), phun nhiên liệu ở áp suất cao (high pressure injection), phun đa điểm (multipoint injection) hay common rail,... được sử dụng. Để nạp tối đa không khí vào động cơ, các giải pháp như động cơ với đa họng nạp (multi-valves intake), tăng áp (turbocharger),... được sử dụng.

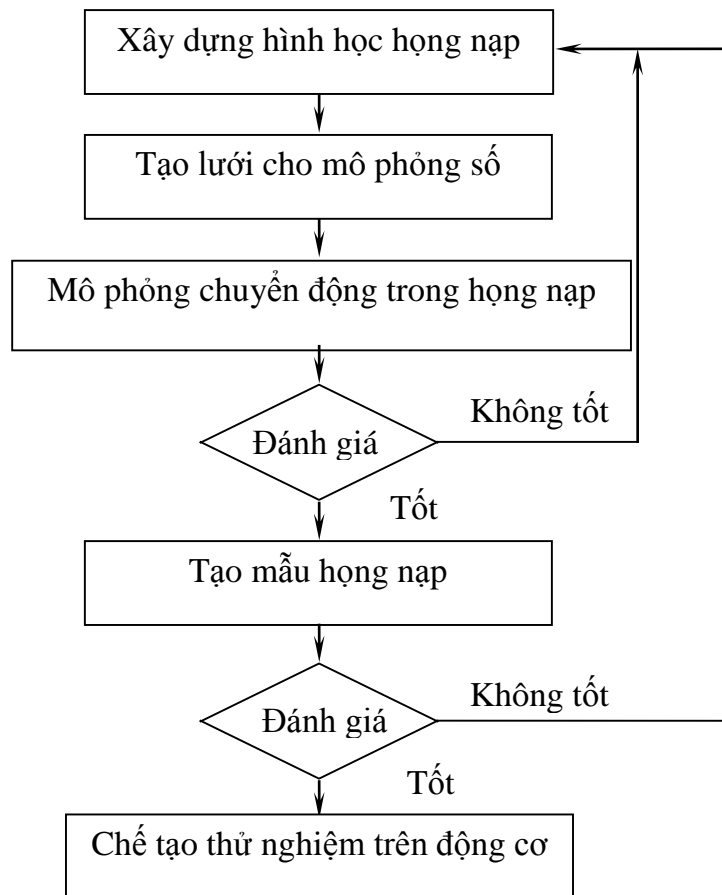
Đối với động cơ Diesel 4 thì, hiệu quả nạp của động cơ được đặc trưng bởi hệ số nạp (volumetric efficiency), được định nghĩa bằng tỉ số của lưu lượng thể tích không khí nạp vào bên trong xy lanh và tốc độ thay đổi thể tích quét tạo bởi sự dịch chuyển của piston:

$$\eta_v = \frac{m_a}{\rho_{a,i} V_h} = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_{a,i} V_h n} = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_{a,i}} \cdot \frac{4}{A_p \bar{S}_p} \quad (1.1)$$

Trong đó, m_a là khối lượng không khí hút vào xy lanh; \dot{m}_a là lưu lượng khối lượng không khí nạp vào trong xy lanh trong một chu trình công tác của động cơ (tính trung bình cho một chu trình công tác của động cơ); V_h là thể tích công tác của xy lanh; n là tốc độ quay của động cơ; $\rho_{a,i}$ là khối lượng riêng của không khí ở phía trước của họng nạp động cơ; A_p là diện tích đỉnh piston; \bar{S}_p là vận tốc di chuyển trung bình của piston. Nếu $\rho_{a,i}$ được lấy là khối lượng riêng của không khí trong môi trường, thì hiệu suất thể tích tương ứng đánh giá hiệu quả nạp của toàn bộ hệ thống nạp của động cơ. Nếu $\rho_{a,i}$ là khối lượng riêng của không khí ở họng nạp (*inlet manifold*) thì hệ số nạp tương ứng chỉ đánh giá hiệu quả nạp của cụm họng nạp và xúpáp (đối với động cơ xăng). Giá trị của η_v đối với động cơ nạp tự nhiên thay đổi từ 80% đến 94%. Hệ số nạp của hệ thống nạp của động cơ Diesel thường cao hơn hệ số nạp của hệ thống nạp của động cơ xăng (do sự cản trở của bướm ga ở động cơ xăng).

Hiệu quả của quá trình nạp môi chất công tác mới có ảnh hưởng trực tiếp đến tính năng của động cơ đốt trong và nỗ lực nâng cao hiệu quả quá trình nạp (nạp đầy

với tổn hao năng lượng thấp nhất) luôn được quan tâm trong suốt chiều dài lịch sử phát triển của ngành động cơ đốt trong [1]. Tuy nhiên, do tính phức tạp của chuyển động của không khí bên trong hệ thống nạp của động cơ, nên đến nay vấn đề tối ưu quá trình nạp của động cơ nhằm nâng cao tính năng của động cơ vẫn còn giữ nguyên tính thời sự của nó. Do tính gián đoạn của quá trình nạp không khí trong động cơ đốt trong 4 kỳ, sự phức tạp của hình học và sự tương tác của khí nạp với các bộ phận cấu thành hệ thống nạp, đặc biệt là sự thay đổi độ mở của xúpap theo thời gian dẫn đến chuyển động của không khí (hay hỗn hợp không khí và nhiên liệu đối với động cơ xăng) trong hệ thống nạp của động cơ rất phức tạp, được đặc trưng bằng tính không dừng (unsteady), biến thiên theo ba chiều không gian (three dimensional flow). Đồng thời, chuyển động của không khí trong hệ thống nạp có tốc độ cao và tính nén được (compressible) của không khí vì vậy cần phải được tính đến. Những thập niên gần đây, nhờ vào sự phát triển của máy tính hiệu năng cao, kỹ thuật tính toán mô phỏng số và các giải thuật tính toán tối ưu, hệ thống nạp của động cơ đốt trong ngày được thiết kế tối ưu hơn.



Hình 1.4: Tính toán thiết kế họng nạp của động cơ sử dụng kỹ thuật tính toán mô phỏng số.

Các đặc trưng vĩ mô (như chuyển động xoáy quanh trục của xylanh (swirl flow) hay chuyển động xoáy quanh trục vuông góc với trục của xylanh (tumble flow) và vi mô (đặc trưng không gian và thời gian của chuyển động rối) của không khí chuyển động bên trong xylanh ở cuối quá trình nạp có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng hình thành hỗn hợp nhiên liệu/không khí trong xylanh và do đó có tác động rất lớn đến hiệu quả quá trình cháy, công suất và phát thải ô nhiễm của động cơ, đặc biệt là đối với các động cơ Diesel phun trực tiếp (direct injection Diesel engine). Chuyển động của không khí bên trong xylanh bị chi phối bởi đặc trưng hình học của cụm họng nạp và vị trí tương đối của chúng so với đường tâm của xylanh. Ứng dụng tính toán số động lực học lưu chất kết hợp với các giải thuật tính toán tối ưu trong thiết kế tối ưu cụm họng nạp đặc trưng bởi hệ số lưu lượng (flow coefficient) lớn, đồng thời

có khả năng tạo ra các chuyển động xoáy (swirl/tumble) có cường độ nhất định trong xy lanh (có ý nghĩa quan trọng đối với quá trình hình thành hỗn hợp và do đó hiệu quả quá trình cháy, phát thải ô nhiễm) là một trong những nội dung nghiên cứu được đặc biệt quan tâm trong những năm gần đây. Các công cụ tự động hóa quá trình thiết kế cải tiến cụm họng nạp vì vậy đã được nghiên cứu phát triển giúp giảm thiểu đáng kể thời gian và chi phí phát triển động cơ. Quy trình tính toán thiết kế họng nạp của động cơ sử dụng tính toán mô phỏng số được trình bày trên Hình 1.4. Rõ ràng, thời gian và chi phí thiết kế họng nạp có thể được cắt giảm bằng cách tự động hóa các bước của quy trình này, đồng thời tích hợp vào quy trình một giải thuật tính toán tối ưu (optimizer) [2].

1.2. Các nghiên cứu liên quan

1.2.1. Nghiên cứu trong nước

- Nghiên cứu của Nguyễn Hữu Hùng, Vương Như Long.Trường Đại Học Bách Khoa Thành Phố Hồ Chí Minh [3]: “Nghiên cứu nâng cao hiệu suất và công suất động cơ Diesel 1 xy lanh RV195”. Nội dung: Ứng dụng phương pháp mô phỏng nhằm thiết kế cải tiến các loại động cơ Diesel cỡ nhỏ sản xuất tại Việt Nam. Các quá trình nghiên cứu tính toán phần lớn dựa trên phần mềm BOOST. Các phương án: thay đổi kích thước đường ống nạp, thay đổi biên dạng cam và góc phối khí. Kết quả mô phỏng sau khi tối ưu hóa kết cấu họng nạp, hệ số nạp động cơ là 0,8, tăng 8,92%, công suất 21,16 mã lực, tăng 10,2%. Hạn chế của nghiên cứu là chỉ dừng lại ở mức mô phỏng trên phần mềm AVL – BOOST, biên dạng họng nạp đơn giản và phục thuộc hoàn toàn vào các tham số trong chương trình phần mềm BOOST.

- Nghiên cứu của Bùi Văn Ga thuộc Trường Đại Học Đà Nẵng [4]: “Sử dụng biogas để chạy động cơ Diesel cỡ nhỏ”. Nội dung: Nghiên cứu ứng dụng khí biogas trên động cơ đốt trong đánh lửa cưỡng bức cỡ nhỏ bằng phương pháp thực nghiệm. Đề tài tiến hành tính toán hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas và phân tích các phương án điều tốc khác nhau đối với động cơ dual-fuel biogas/Diesel được cải tạo từ động cơ Diesel để đề xuất một kiểu điều tốc phù hợp với động cơ này. Kết quả: đạt được

từ thực nghiệm các phương án điều tốc kiểu điện từ và kiểu cơ khí, lượng khí thải không chứa bồ hóng, thành phần CO, HC thấp. Tuy nhiên, dùng tín hiệu điện áp máy phát điện để điều chỉnh tốc độ động cơ là giải pháp đơn giản nhất nhưng chỉ phù hợp với trường hợp biên độ dao động của tải bên ngoài nhỏ.

- Nghiên cứu “Tối ưu hóa quá trình cung cấp biogas cho động cơ tĩnh tại sử dụng hai nhiên liệu biogas - dầu mỡ” của Bùi Văn Ga, Trần Văn Quang, Trương Lê Bích Trâm, Nguyễn Phi Quang. (2008). Tạp chí Khoa học và Công Nghệ, Đại Học Đà Nẵng [5]. Nội dung: Các thông số cơ bản cũng như quy luật vận hành của van cung cấp biogas được nghiên cứu nhằm tối ưu hóa quá trình cung cấp nhiên liệu cho các động cơ tĩnh tại chạy bằng biogas-dầu mỡ bằng phương pháp thực nghiệm. Kết quả đạt được: mức độ phát thải ô nhiễm của động cơ giảm 100 lần đối với khí CO, 10 lần đối với HC. Tuy nhiên, quá trình cháy không hoàn toàn nên thực tế phải cung cấp lượng nhiên liệu lớn hơn để đảm bảo công suất tính toán. Từ đó nhận thấy các nghiên cứu trong nước đã có những phương án cải tiến về động cơ nhưng vẫn chưa có hoạt động cải tiến hòng nạp/thải, nâng cao hệ số nạp.

- Nghiên cứu “Mô phỏng tối ưu hóa hệ thống nạp khí trong động cơ Honda Future 125 cc” của Lý Vĩnh Đạt, Lê Thanh Quang (2017). Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành Phố Hồ Chí Minh [6]. Với nội dung: sử dụng kết hợp các phần mềm Catia – Ansys Fluent và Matlab để tính toán và mô phỏng quá trình nạp không khí vào bên trong động cơ Future 125 mm³ (cc). Dựa trên kết quả mô phỏng, đề xuất ra phương án tối ưu hóa thiết kế hòng nạp. Kết quả đạt được: bằng phương pháp mô phỏng, quá trình tính toán thiết kế và thử nghiệm tiết kiệm được rất nhiều chi phí và thời gian. Sự biến thiên của tỷ số xoáy theo góc nghiêng là phi tuyến tính. Hạn chế của nghiên cứu là chỉ dừng lại ở mức độ mô phỏng bằng phần mềm mà chưa thực nghiệm kiểm chứng.

- Nghiên cứu: “Mô phỏng nâng cao tính năng làm việc cho động cơ diesel 1 xylanh bằng thiết kế cải tiến hòng nạp” của Võ Danh Toàn, Nguyễn Thanh Tuấn, Lê Việt Hùng, Lương Huỳnh Giang, Huỳnh Thanh Công. Tạp chí phát triển KH&CN,

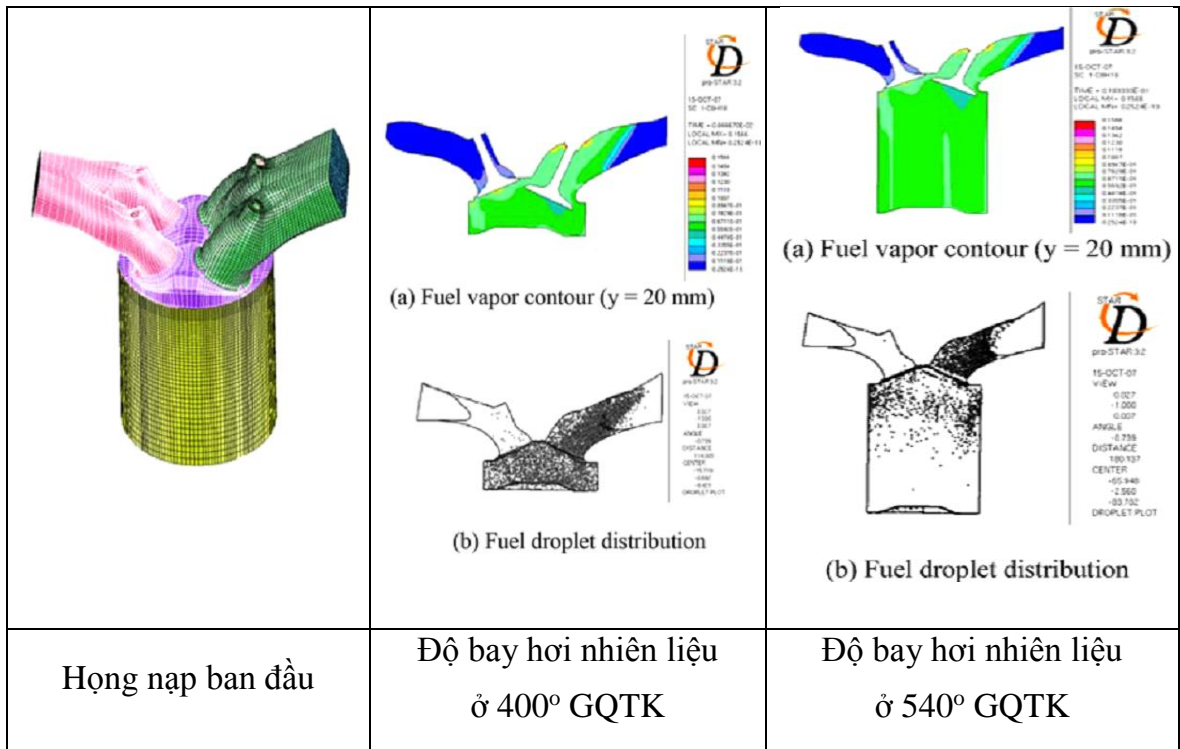
tập 16, số K3 – 2015 [7]. Nội dung: nghiên cứu cải tiến họng nạp cho động cơ Diesel 1xy lanh VIKYNO RV165-2 nhằm tăng hiệu suất nạp và nâng cao tính năng làm việc thông qua mô hình hóa và mô phỏng trên phần mềm chuyên dụng AVL BOOST. Các phương án cải tiến được đề xuất và đánh giá so với mô hình họng nạp hiện hữu. Điều kiện mô phỏng ban đầu được dựa trên kết cấu của động cơ và thông số điều kiện vận hành từ thực nghiệm. Các thông số về đặc tính công suất, sự cháy và khí thải được lựa chọn làm tiêu chuẩn đánh giá. Kết quả nghiên cứu thể hiện rằng, bằng phương án cải tiến họng nạp đã tăng hiệu suất nạp, khả năng hòa trộn hỗn hợp nhiên liệu và không khí, giúp quá trình cháy tốt hơn, tăng công suất động cơ, giảm suất tiêu hao nhiên liệu và khí thải. Hạn chế của nghiên cứu là chỉ dừng lại ở việc mô phỏng mà chưa kiểm chứng bằng thực nghiệm. Chỉ nghiên cứu phần họng nạp bên ngoài nắp xy lanh mà chưa nghiên cứu phần họng nạp quan trọng bên trong nắp xy lanh.

1.2.2. Các nghiên cứu ngoài nước

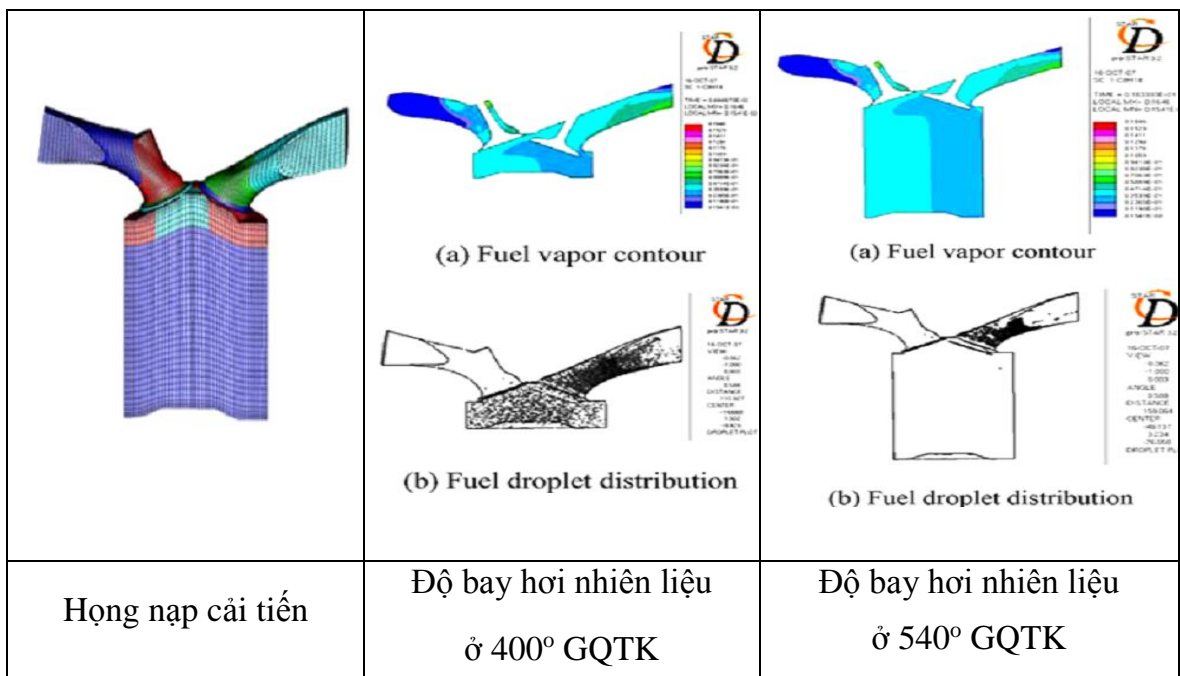
Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu nhằm nâng cao hệ số nạp của động cơ. Một số đề tài tiêu biểu như sau:

- Nghiên cứu của Puzinauskas và K. C. Midkiff với đề tài “Tối ưu hóa thiết kế họng nạp cho động cơ SI” [8]. Đề tài nghiên cứu về sự ảnh hưởng của thiết kế họng nạp đối với dòng chảy trong xy lanh. Trong đó chuyển động dòng khí nạp trong xy lanh là yếu tố rất quan trọng đối với hiệu suất của động cơ SI. Một mô hình dòng khí nạp thích hợp trong xy lanh có thể làm tăng cường mức độ chuyển động vào thời điểm đánh lửa, do đó tăng sự ổn định của quá trình cháy, giảm khí thải và tiết kiệm nhiên liệu. Độ xoáy tồn tại ở phía trên của họng nạp động cơ SI trong quá trình hút, sẽ làm giảm cả độ rối và hệ số nạp. Một thay đổi nhỏ trên họng nạp được tiến hành để loại bỏ độ xoáy và tăng độ rối mà vẫn giữ nguyên được hệ số nạp. Kết quả sự tăng độ rối trong mô hình thiết kế mới làm tăng thêm 20% độ bay hơi nhiên liệu. Trong nghiên cứu này, cả hai phần mềm KIVA và STAR-CD được sử dụng để mô phỏng các động cơ dòng chảy lạnh, ICEM CFD và es-ice được sử dụng để tiền xử lý những

phức tạp về hình học. Kết quả mô phỏng từ KIVA và STAR-CD được phân tích và so sánh.



Hình 1.5: Mô hình phân tích họng nạp ban đầu [8].

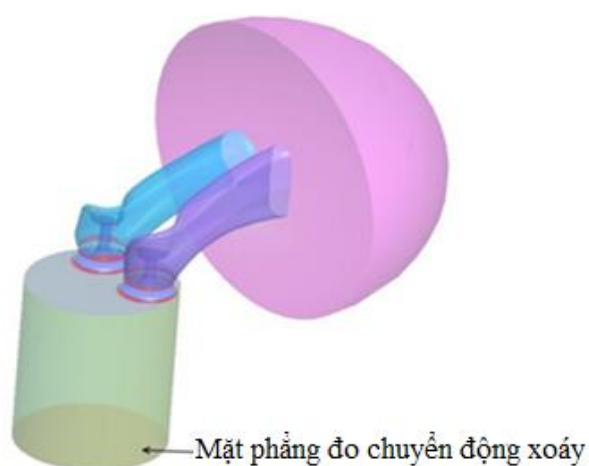


Hình 1.6: Mô hình phân tích họng nạp sau khi thiết kế tối ưu hóa [8].

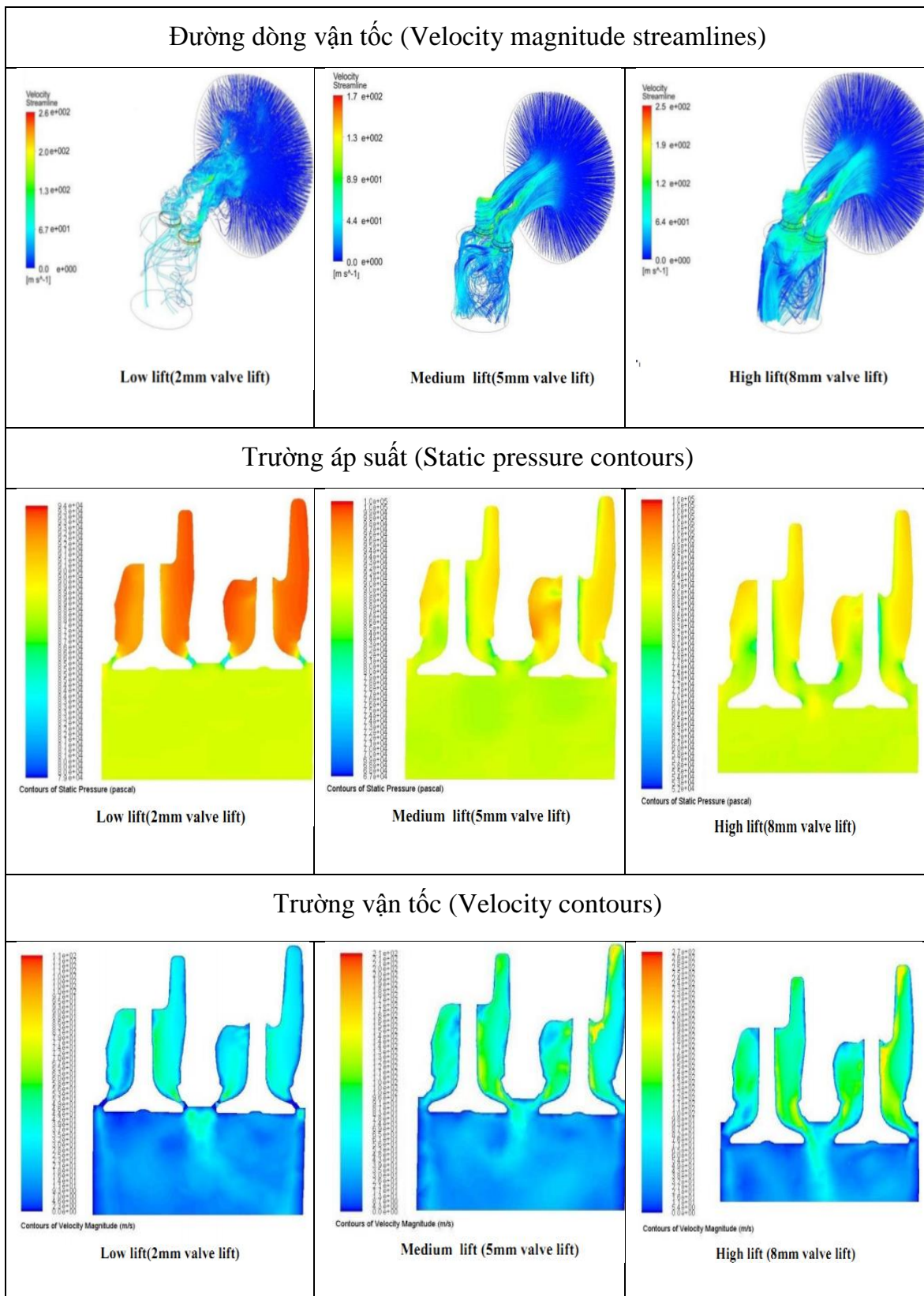
Kết quả phân tích dự tính được ở 540° góc quay trục khuỷu, 68,9% nhiên liệu bay hơi ở họng nạp ban đầu, trong khi đó 90,1% nhiên liệu bay hơi ở họng nạp sau khi cải tiến. Tuy nhiên, mục tiêu ban đầu của nghiên cứu này là tối ưu hóa thiết kế họng nạp cho động cơ SI nhưng kết quả của bài chưa chỉ ra được hàm mục tiêu cuối cùng cho bài toán tối ưu.

- Nhóm nghiên cứu của trường D.Y.Patil Colleague of Engineering ở Ấn Độ với đề tài “Tối ưu hóa thiết kế họng nạp đôi dạng xoắn ốc và phân tích sử dụng CFD” [9], sử dụng mô phỏng CFD để mô phỏng dòng khí qua cụm họng nạp, xúpap nạp và so sánh với kết quả thực nghiệm. Một mô hình tính toán CFD bao gồm một bán cầu, cổ nạp, xúpap nạp, xy lanh và một mặt phẳng cắt ngang thân và vuông góc với xy lanh để xác định tỷ số xoáy. Kết quả thu được là hệ số lưu lượng và tỷ số xoáy ở các độ nâng xúpap khác nhau.

Hệ số lưu lượng và tỷ số xoáy cho cả hai trường hợp bằng mô phỏng CFD và thực nghiệm có giá trị gần bằng nhau. Độ nâng xúpap càng lớn thì hệ số lưu lượng và tỷ số xoáy càng lớn. Kết quả của mô phỏng CFD phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như lưới chia cho mô hình, mô hình vật lý, điều kiện biên,... Vì vậy mô hình tính toán bằng CFD cho cụm họng nạp và xúpap nạp trên đúng với ứng xử của dòng khí thực tế qua cụm họng nạp, xúpap nạp.



Hình 1.7: Mô hình họng nạp [9].



Hình 1.8: Mô hình tính toán phân tích [9].

Kết quả tính thử nghiệm tỷ số xoáy và hiệu quả dòng chảy qua tính toán phân tích CFD được trình bày trong bảng 1.2, kết quả khi đo thực nghiệm được trình bày trong bảng 1.3.

Bảng 1.3: Hệ số lưu lượng và tỷ số xoáy bằng mô phỏng CFD [9].

Độ nâng xúpap (mm)	Hệ số lưu lượng	Tỷ số xoáy
1	0,101	0,296
2	0,278	0,798
3	0,429	1,289
4	0,503	1,391
5	0,631	1,498
6	0,718	1,719
7	0,749	1,737
8	0,803	1,598

Bảng 1.4: Hệ số lưu lượng và tỷ số xoáy qua thực nghiệm [9].

Độ nâng xúpap (mm)	Hệ số lưu lượng	Tỷ số xoáy
1	0,139	0,201
2	0,338	1,082
3	0,476	1,184
4	0,562	1,431
5	0,701	1,652
6	0,771	1,765
7	0,794	1,712
8	0,833	1,664

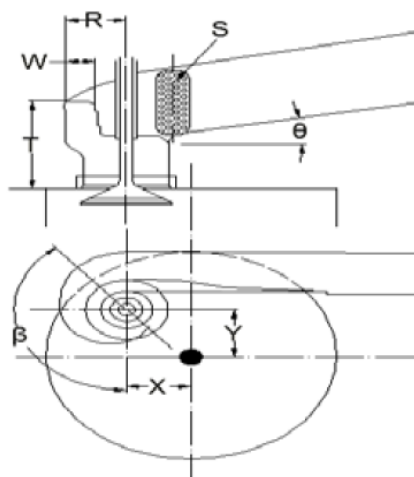
Nghiên cứu cho thấy kết quả thực nghiệm và phân tích bằng CFD chênh lệch khá ít, kết hợp chặt chẽ với nhau. Phương pháp mô phỏng thực hiện cho các hạng nạp được tối ưu hóa moment xoáy, nâng cao hiệu suất tối đa cho động cơ. Tuy nhiên,

ngiên cứu chỉ dừng lại ở việc khảo sát ở các góc nâng xúpáp nạp cố định và rời rạc, không mang tính liên tục theo từng góc quay trục khuỷu.

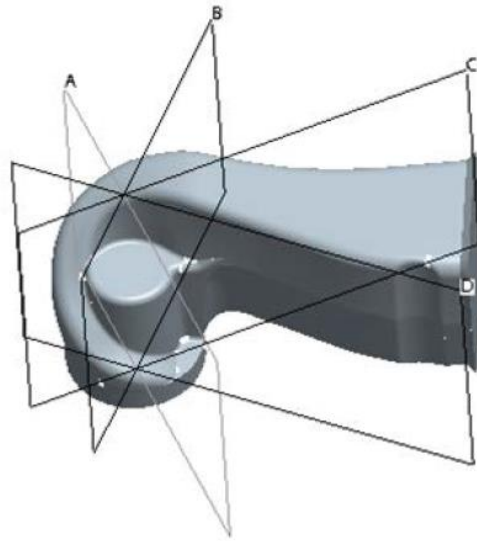
- Nghiên cứu của S.K. Sabale và S.B. Sanap với đề tài: “Thiết kế và phân tích họng nạp dạng xoắn ốc của động cơ Diesel nhằm đạt được giá trị hệ số xoáy mong muốn” [10]. Bằng cách sử dụng phần mềm mô phỏng CFD và tiến hành quá trình thực nghiệm trên thiết bị đo hệ số xoáy của dòng khí để phân tích. Đồng thời, so sánh giữa kết quả có được trên mô phỏng CFD và thực nghiệm. Mục đích chung đạt được hệ số khí mong muốn là 1,8. Những thông số hình học liên quan đến họng nạp dạng xoắn ốc như là vị trí theo không gian ba chiều của họng nạp, diện tích mặt cắt ngang ở các mặt cắt tạo với nhau một góc 15° , bề rộng cũng như chiều cao của họng nạp.

Bảng 1.5: Các thông số hình học của họng nạp nghiên cứu [10].

Biến tạo xoắn (Scroll)	S, R, W, β
Biến cửa vào (Inlet)	S, θ
Biến tọa độ họng nạp (Throat)	T, X, Y

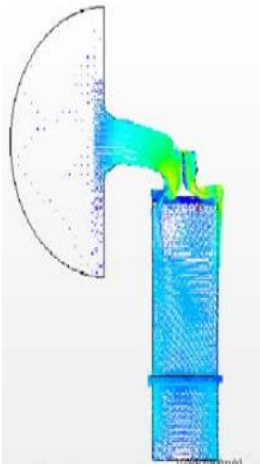

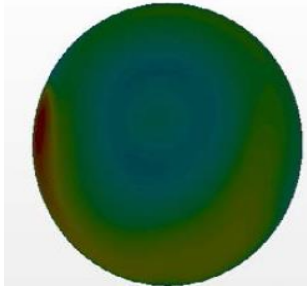


Hình 1.9: Các thông số hình học của họng nạp dạng xoắn ốc [10].



Hình 1.10: Các mặt phẳng cắt ngang họng nạp nghiên cứu [10].

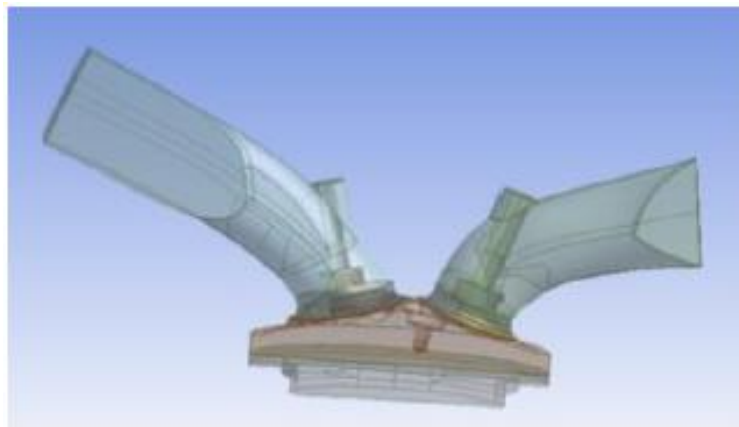
Bằng cách thay đổi diện tích ở những mặt cắt mà mặt phẳng cắt ngang, 8 mẫu họng nạp được hình thành, các kết quả như vận tốc dòng khí, luồng không khí và khối lượng khí nạp vào có được trong quá trình mô phỏng CFD. Cùng với đó vận tốc dòng khí và luồng không khí ở những thời điểm đóng xúpap và xúpap mở cực đại được phân tích để nhằm xác định được hệ số xoáy.

		
<p>Luồng không khí vào xylanh</p>	<p>Vận tốc dòng khí vào xylanh</p>	<p>Vận tốc xoáy</p>

Hình 1.11: Một số kết quả đạt được [10].

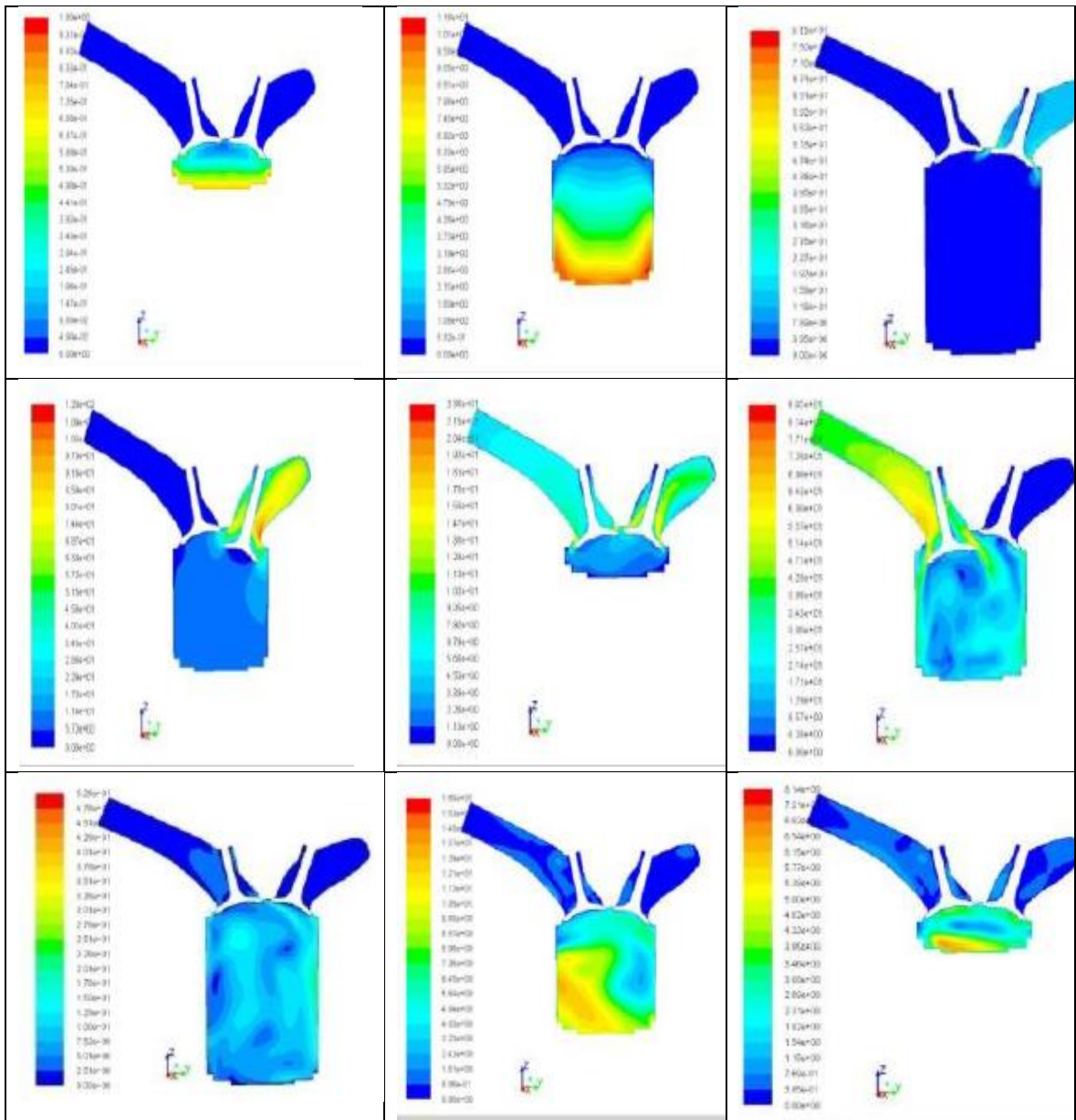
Từ các kết quả phân tích có sự tương đồng giữa các kết quả có được từ mô phỏng CFD và các kết quả thu được từ quá trình thực nghiệm. Đồng thời, hệ số xoáy có được từ mẫu họng nạp được chọn đạt được hệ số xoáy như đã đặt ra từ trước đó. Các kết quả đạt được nhấn mạnh một điều rằng có mối quan hệ giữa việc tăng hệ số xoáy với việc giảm tỉ số T/R (tỉ số giữa chiều cao họng nạp và chiều rộng góc xoắn). Trong trường hợp tỉ số T/R giảm thì có nhiều luồng không khí đi dọc theo thành xylanh từ đó sản sinh ra hệ số xoáy cao hơn. Còn ngược lại, nếu tỉ số T/R tăng, một phần lớn luồng khí đi thẳng vào tâm xylanh từ đó tạo ra dòng khí với hệ số xoáy nhỏ hơn. Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ quan tâm tới giá trị của hệ số xoáy mà bỏ qua sự thay đổi của hệ số nạp khi thay đổi các trường hợp họng nạp.

- Nghiên cứu của trường Vidyavardhaka College of Engineering, Ấn Độ với đề tài: “Mô phỏng dòng khí đi vào trong động cơ đốt trong” [11], sử dụng phần mềm CATIA V5R20 để xây dựng mô hình 3D, chia lưới bằng phần mềm chuyên dụng Hyper mesh và mô phỏng dòng khí vào trong động cơ bằng phần mềm Ansys Fluent cụ thể là ICE Cold Flow. Kết quả thu được là vận tốc của dòng khí vào xylanh ứng với từng góc quay trục khuỷu (từ 0° đến 720°). Từ đó phân tích và dự đoán được quá trình hình thành hỗn hợp hòa khí trong xylanh.

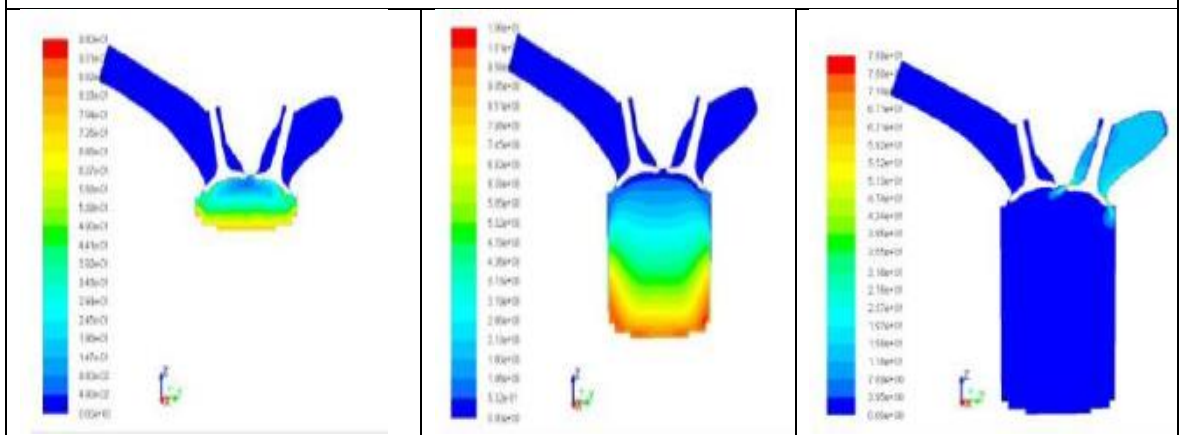


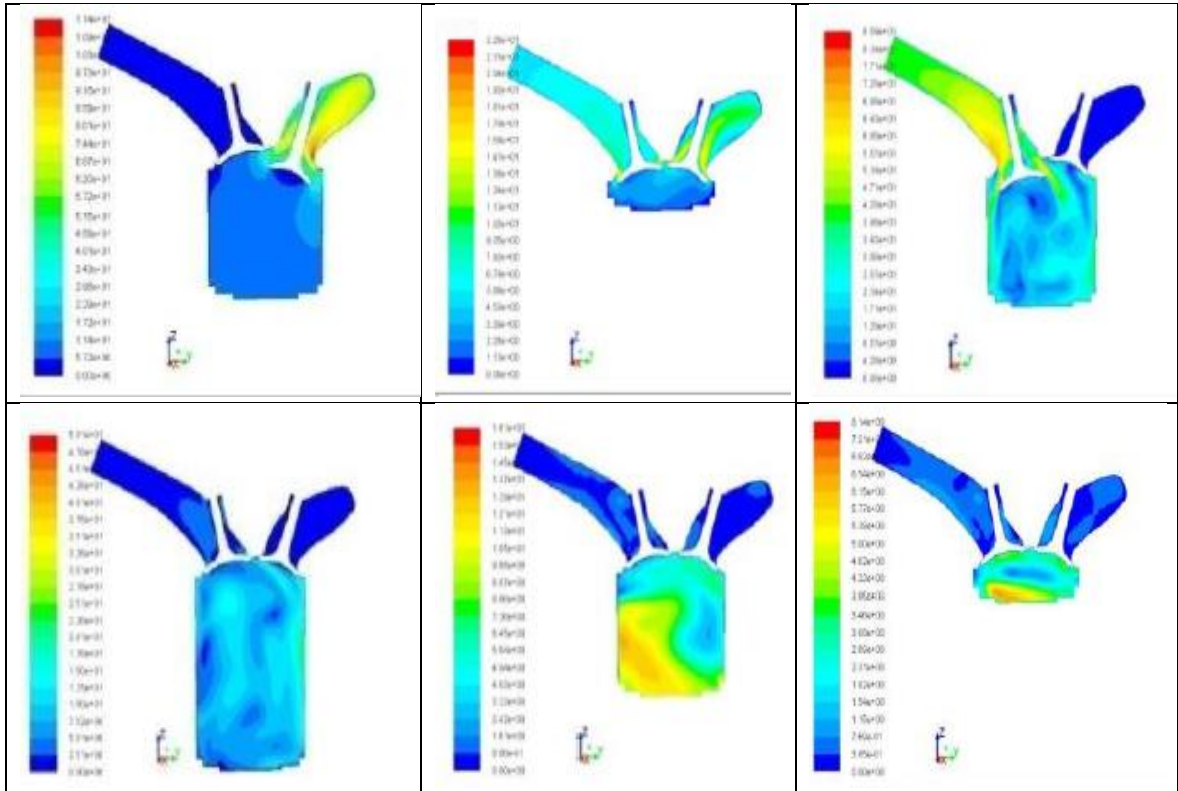
Hình 1.12: Mô hình động cơ [11].

Các kết quả mô phỏng cho thấy vận tốc dòng khí ở các độ nâng xúpap nhỏ cụ thể là ở độ nâng xúpap 0,1 mm và 0,2 mm.



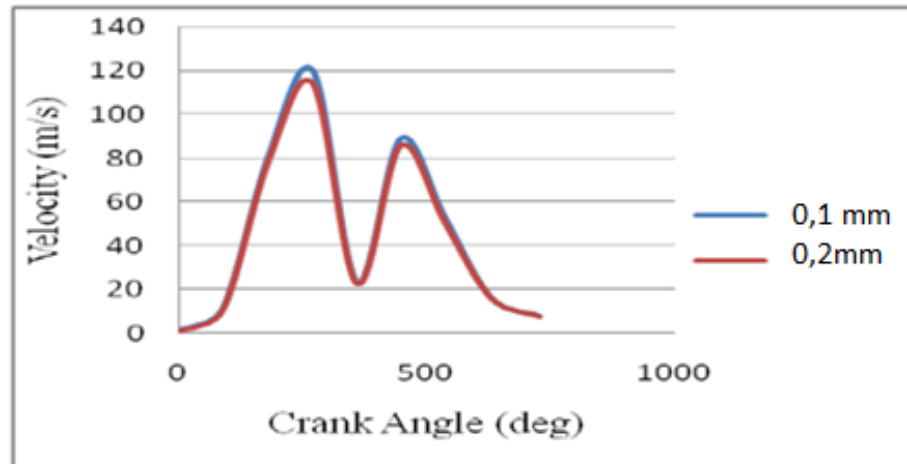
Trường vận tốc (Velocity contours 0,1 mm) [11]





Trường vận tốc (Velocity contours 0,2 mm) [11]

Hình 1.13: So sánh vận tốc dòng khí vào giữa hai độ nâng xúpap 0,1 mm và 0,2 mm.



Hình 1.14: So sánh vận tốc dòng khí [11].

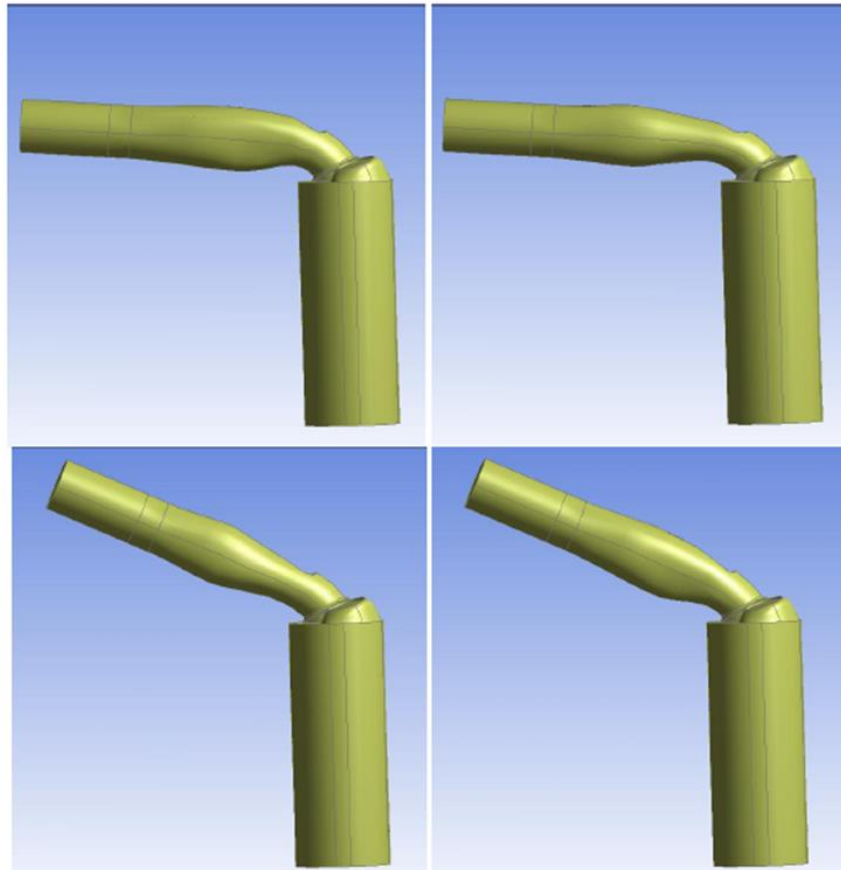
Kết quả nghiên cứu tương đối đơn giản, chỉ đánh giá vận tốc dòng không khí nạp tại các góc quay trục khuỷu của một đối tượng nghiên cứu và không được đánh giá thực nghiệm để kiểm chứng.

- Nghiên cứu của Padmesh Mandloi, Gunjan Verma với đề tài: “Tối ưu hóa thiết kế hống nạp của động cơ Diesel một xylanh” [12]. Mục đích của đề tài là tối ưu hóa tại những khu vực có ảnh hưởng lớn đến dòng chảy của dòng khí vào xylanh động cơ để suất tiêu hao nhiên liệu chỉ thị được tối ưu nhất. Việc tối ưu hóa việc thiết kế hống nạp nếu sử dụng các phương pháp thực nghiệm truyền thống sẽ mất khá nhiều thời gian cũng như tiền bạc, nhưng đối với nghiên cứu này sử dụng các phần mềm hiện có trên thị trường để việc thiết kế cũng như việc tối ưu hống nạp được thực hiện trong thời gian ngắn và ít tốn kém. Phần mềm Ansys Fluent giúp việc mô phỏng quá trình được chính xác và nhanh chóng hơn.

Nghiên cứu trình bày ba thông số chính được điều chỉnh để tối ưu hóa hống nạp của động cơ và các thông số này được xác định theo những dãy như sau:

Bảng 1.6: Các thông số thiết kế chính [12].

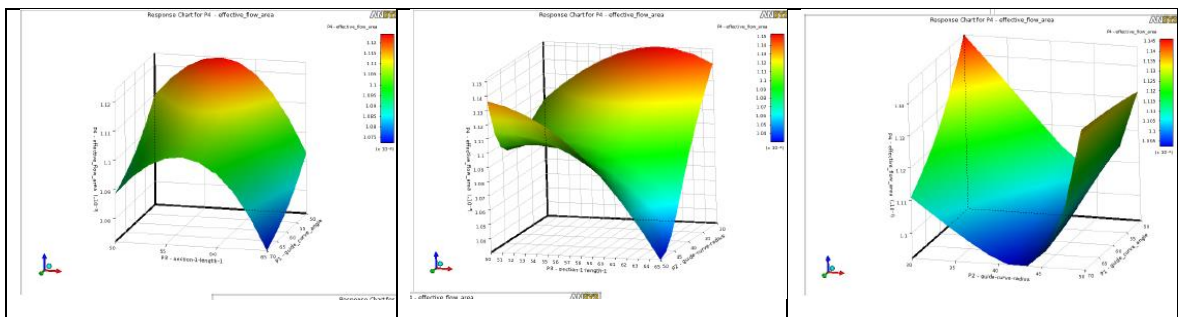
Các thông số thiết kế	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
Góc xoắn (độ)	50	70
Bán kính xoắn (mm)	30	50
Chiều dài hống nạp (mm)	50	65



Hình 1.15: Một số mô hình được xây dựng [12].

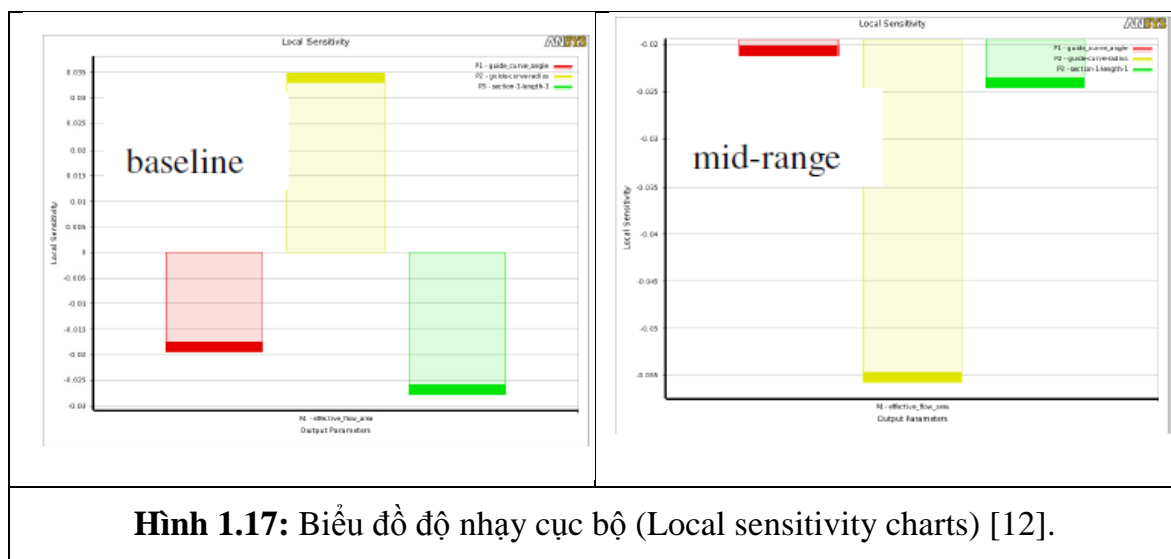
Hình 1.15 miêu tả một số mô hình được dựng bằng phần mềm Catia nằm trong dãy thông số thiết kế được nêu ở bảng 1.5

Kết quả có được từ mô phỏng Ansys xuất ra kết quả dưới dạng mặt phẳng 3D phản ánh sự ảnh hưởng của ba thông số thiết kế với thể tích dòng khí có ích trong hòng nạp của động cơ Diesel.



Hình 1.16: Kết quả dưới dạng mặt phẳng 3D xuất ra từ Ansys [12].

Đồng thời, bài nghiên cứu cũng chỉ ra mức độ ảnh hưởng của các thông số hình học khi thay đổi đến phần thể tích dòng khí có ích.

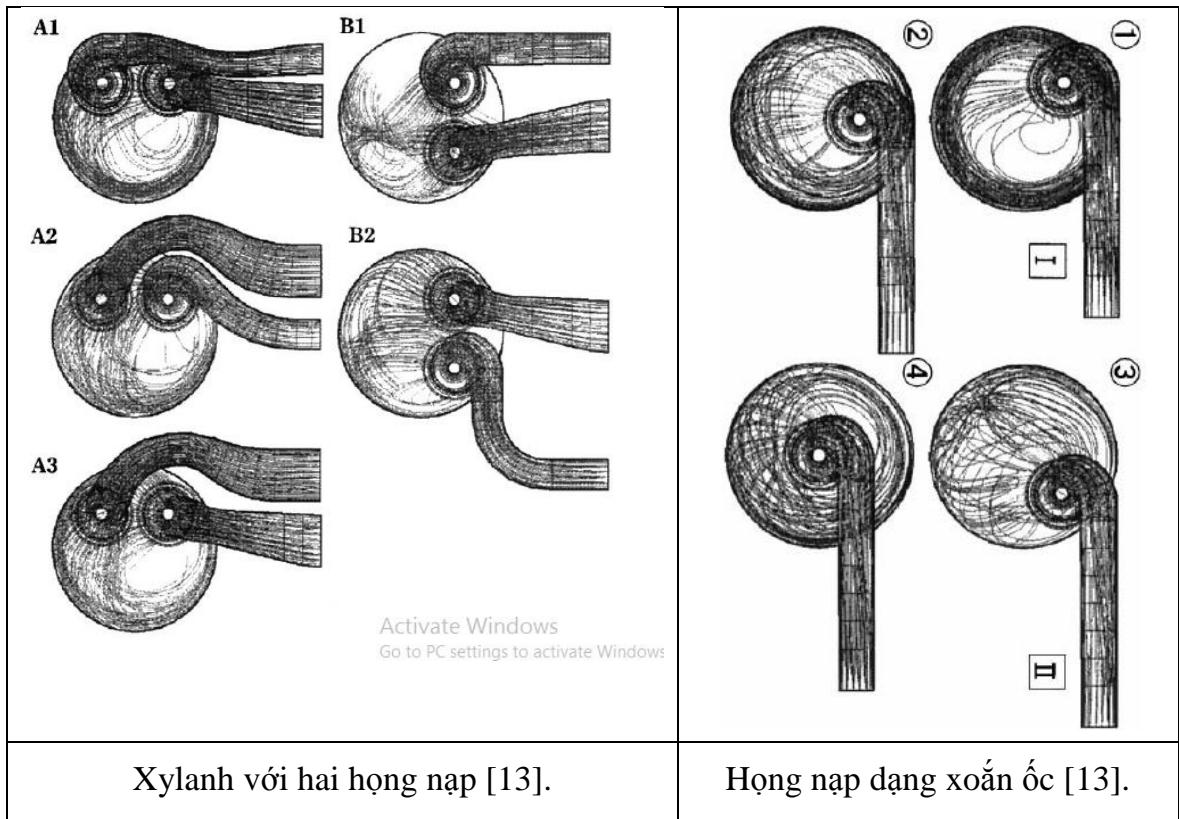


Hình 1.17: Biểu đồ độ nhạy cục bộ (Local sensitivity charts) [12].

Với việc thay đổi ba thông số hình học được kể đến ở trên thể tích dòng khí có ích đã được phân tích và đến mức cao nhất cũng chính là mục tiêu chính của nghiên cứu này. Nghiên cứu được thực hiện một cách logic, kết quả nghiên cứu phong phú. Tuy nhiên, biên dạng hòng nạp trong nghiên cứu tương đối đơn giản và số lượng các tham số dùng để thể hiện hình dạng còn khá ít.

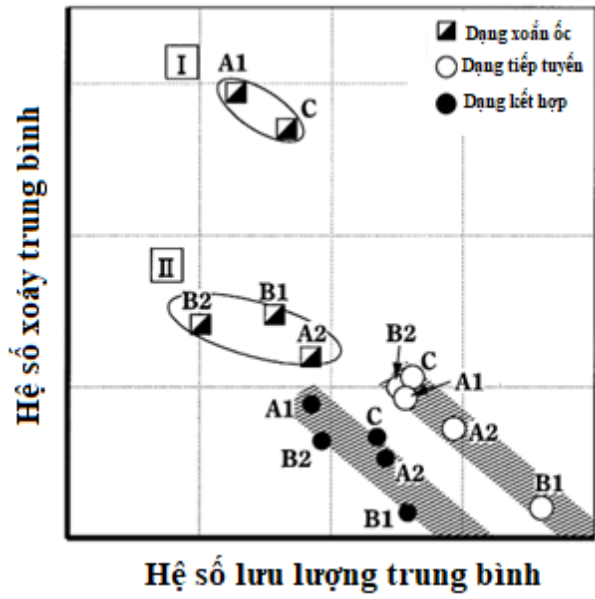
- Nghiên cứu của Jun-ichi Kawashima với đề tài: “Nghiên cứu chuyển động xoáy của dòng khí của động cơ Diesel tốc độ cao phun trực tiếp với 4 xúpap” [13]. Với việc sử dụng phương pháp thực nghiệm cụ thể là những chu trình đo dòng khí ổn định, tác giả đã chỉ ra những ảnh hưởng của hòng nạp đối với các đặc tính của dòng khí cụ thể là tỉ số xoáy đặc biệt là đối với động cơ có hai hòng nạp. Trong đó một hòng nạp cơ bản sẽ được kết hợp với một hòng nạp khác với vai trò là điều khiển độ xoáy của dòng khí khi đi vào xylanh (hòng nạp dạng xoắn ốc). Các kết quả sẽ được so sánh với 2 loại hòng nạp cơ bản đó là hòng nạp dạng tiếp tuyến với hòng nạp có hình xoắn ốc về mức độ xoáy rồi trong xylanh mà đặc trưng cho nó là hệ số xoáy.

Dưới đây là một số mẫu thiết kế mà tác giả đã đề xuất để tiến hành việc thực nghiệm:



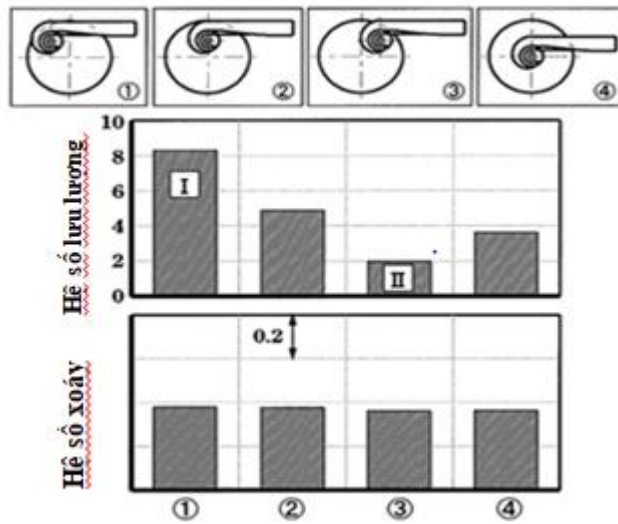
Hình 1.18: Các mẫu thiết kế hống nạp bài báo đề suất

Trong quá trình thực nghiệm một số kết quả đã được tác giả nêu ra trong bài nghiên cứu cụ thể là biểu đồ so sánh giữa hệ số xoáy và hệ số nạp của cả ba mẫu hống nạp.

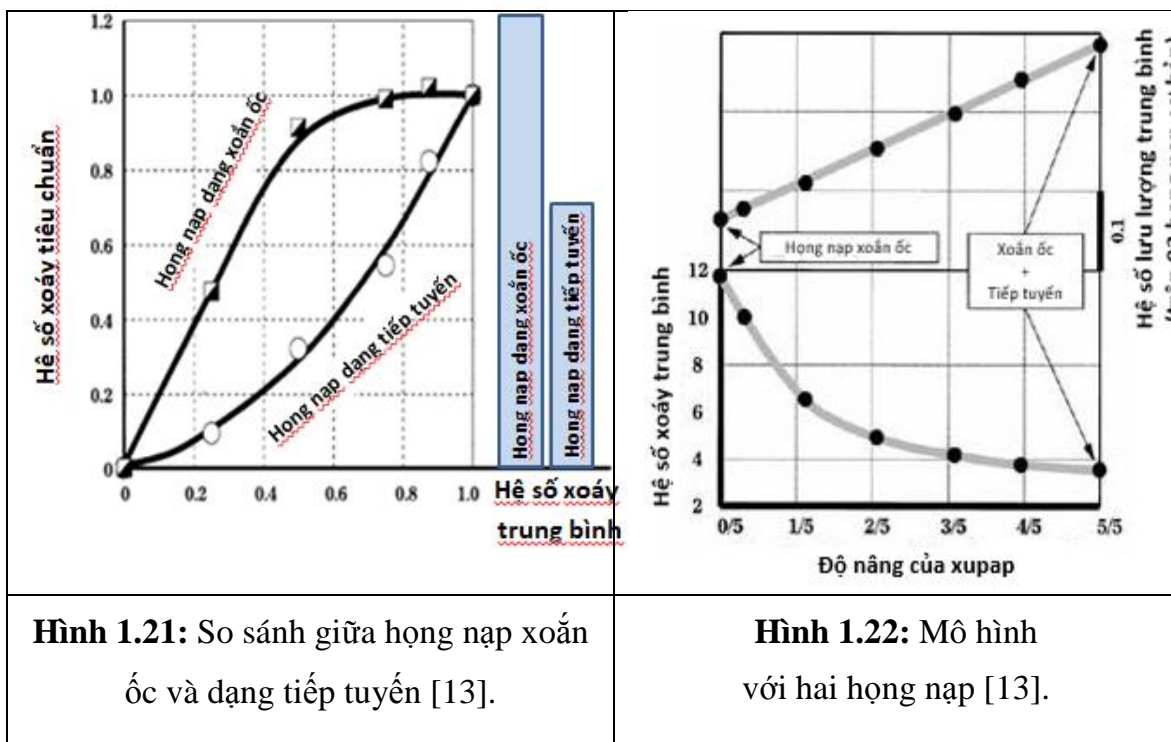


Hình 1.19: Biểu đồ hệ số xoáy và hệ số nạp [13].

Đồng thời, chỉ ra cụ thể việc so sánh tỷ số xoáy và hệ số nạp giữa các mẫu hòng nạp dạng xoắn ốc, giữa hòng nạp dạng xoắn ốc với dạng tiếp tuyến, và của xylanh có 2 hòng nạp.



Hình 1.20: So sánh tỉ số xoáy giữa các hòng nạp dạng xoắn ốc [13].



Nghiên cứu rút ra một số kết luận quan trọng liên quan đến sự rối của dòng không khí trong xylanh: đối với họng nạp dạng xoắn ốc nếu vị trí đặt họng nạp gần với thành xylanh cả động cơ sẽ cho ra tỉ số xoáy cao hơn các vị trí khác. Với hai họng nạp một dạng tiếp tuyến và một dạng hình xoắn ốc cùng lúc kết quả về tỉ số xoáy sẽ đạt được vượt qua khoảng từ 3,5 đến 10. Quá trình thực nghiệm của nghiên cứu này rất công phu và phức tạp. Kết quả nghiên cứu rất phong phú, những kết quả thu được với độ tin cậy cao. Tuy nhiên số lượng trường hợp được khảo sát còn khá ít.

- Nghiên cứu với đề tài “Ảnh hưởng của biên dạng hình họng nạp của động cơ 1 xylanh tới sự hành thành Soot và hiệu suất động cơ” của nhóm tác giả Usame Demir, Ozan Cetinkaya, Anil Can Turkmen, Cenk Celik. Trong bài nghiên cứu này, nắp máy được sản xuất với 3 họng nạp với kích thước hình học khác nhau cho động cơ 1 xylanh được tiến hành thực nghiệm để đánh giá ảnh hưởng tới công suất, moment và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ.



Hình 1.23: Hình ảnh bố trí thực nghiệm [14].

Bảng 1.7: Thông số kỹ thuật động cơ Antor 3 LD 510 [14].

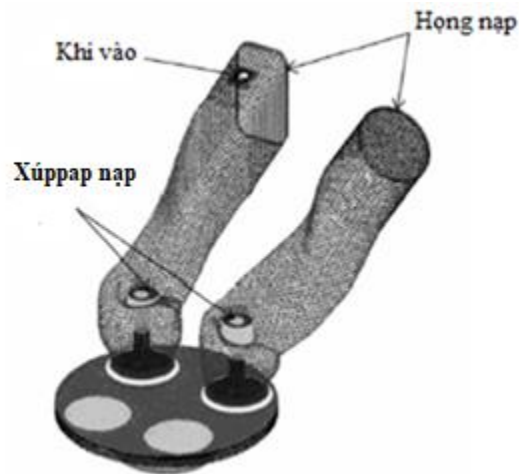
Thông số	Giá trị
Số xylanh	1
Thể tích xylanh	520 cm ³
Đường kính xylanh	85 mm
Chu trình làm việc	90 mm
Tỷ số nén	17,5 : 1
Tốc độ động cơ	3000 Rpm
Công suất	12 BG (= 16,272 Kw)
Moment	3,35 N.m/1800 Rpm
Thùng nhiên liệu	5,51 lít
Suất tiêu hao nhiên liệu	190 g/BG.h = 257,64 g/Kw.h
Dầu bôi trơn	1,75 lít
Khối lượng	60 kg



Hình 1.24: Các mẫu họng nạp đèn suát [14].

Từ các kết quả của bài nghiên cứu này thì các thiết kế họng nạp đều cho các kết quả tích cực về mặt công suất, moment và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ. Nghiên cứu cho thấy giá trị suất tiêu hao nhiên liệu, hiệu suất cháy bị ảnh hưởng trực tiếp bởi hình học của họng nạp. Hạn chế của nghiên cứu này là các mẫu được chọn là thực nghiệm được lựa chọn một cách ngẫu nhiên, kết quả nghiên cứu chỉ phù hợp với đối tượng mà tác giả chọn để khảo sát, không mang tính tiêu biểu cho các loại động cơ 1 xylanh có công suất max tương đồng.

- Đề tài nghiên cứu “Ảnh hưởng của hệ số xoáy đến sự hòa trộn của nhiên liệu (khí tự nhiên) và không khí trong động cơ bằng mô phỏng CFD” của Suleeporn Sombu, Krisada Wannatong và Tanet Aroonsrisopon [15]. Với nội dung: phân tích quá trình tạo xoáy rối của dòng không khí trong xylanh dựa trên mô phỏng CFD. Điều kiện làm việc của động cơ ở tải thấp (moment xấp xỉ 30 N.m) hoạt động ở tốc độ 1500 vòng /phút. Các kết quả từ mô phỏng dòng ổn định chỉ ra rằng: hệ số xoáy lớn hơn sẽ là tiền đề để hỗn hợp nhiên liệu và không khí được hòa trộn tốt hơn. Hỗn hợp sẽ đồng nhất hơn nếu góc bắt đầu tạo xoáy hẹp hơn. Hỗn hợp được hòa trộn tốt hơn sẽ dẫn đến những thay đổi về điều kiện cháy và phát thải hydrocarbon của động cơ.



Hình 1.25: Mô hình lưới cụm họng nạp trong nghiên cứu [15].

Các thông số kỹ thuật về động cơ được dùng trong mô phỏng. Ở mô phỏng này nhiên liệu được dùng là khí tự nhiên thay vì nhiên liệu diesel truyền thống.

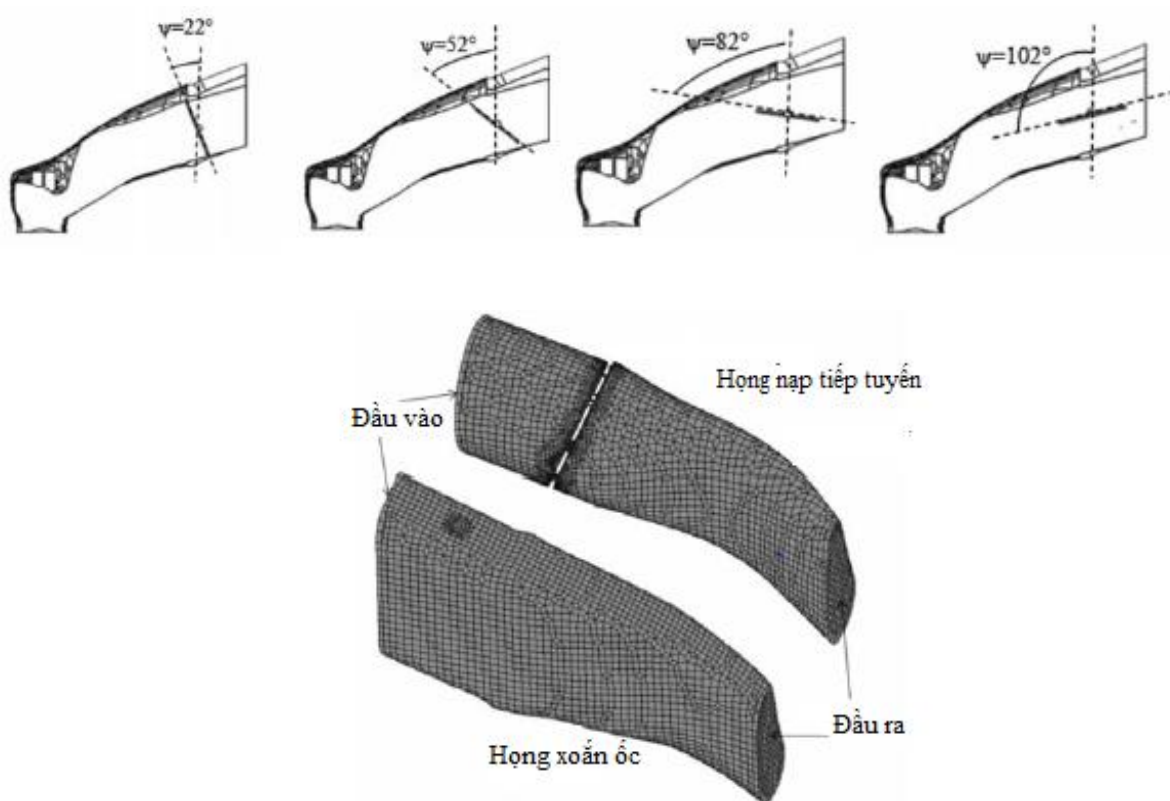
Bảng 1.8: Thông số kỹ thuật động cơ Toyota 2KD-FTV [15].

Động cơ	Toyota 2KD-FTV
Số xylanh	4 xylanh thẳng hàng
Thể tích	2,494 mm ³ (cc)
Chu trình làm việc	93,8 mm
Đường kính	92 mm
Chiều dài thanh truyền	158,5 mm
Tỷ số nén	18,5:1
Số xupap	16 xupap (DOHC)
Góc mở xupap xả	30 độ trước điểm chết dưới
Góc đóng xupap xả	0 độ trước điểm chết trên
Góc mở xupap nạp	2 độ trước điểm chết trên
Góc đóng xupap nạp	31 độ sau điểm chết dưới

Các điều kiện làm việc của động cơ cũng như các tham số được nhập vào trong mô hình mô phỏng như sau:

Bảng 1.9: Các trường hợp mô phỏng họng nạp động cơ Toyota 2KD-FTV [15].

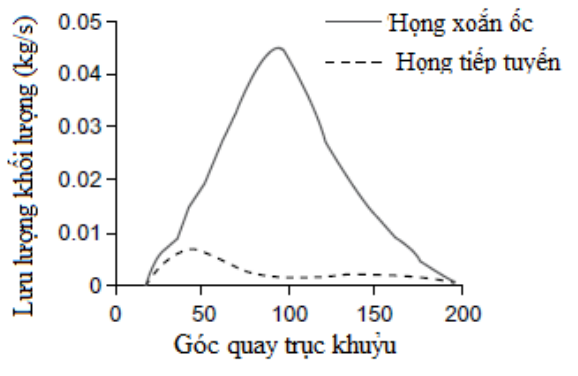
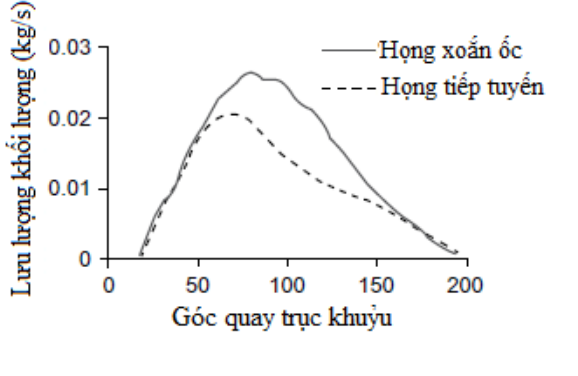
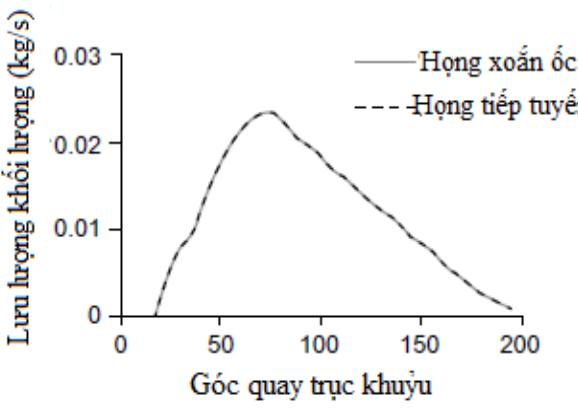
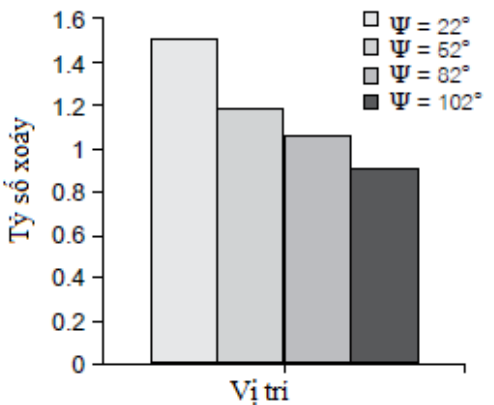
Tốc độ động cơ (vòng/phút)	Moment (N.m)	Vị trí của các góc bắt đầu tạo xoáy (ψ)	Áp suất đầu vào (bar)
1500	60	22°, 52°, 82°, 102°	1,0268



Hình 1.26: Các thông số thiết kế họng nạp được đề xuất cho động cơ Toyota 2KD-FTV [15].

Kết quả cho thấy rằng ở những góc bắt đầu tạo xoáy, nếu góc nhỏ thì có hệ số xoáy lớn nhưng lưu lượng không khí vào trong xylanh sẽ nhỏ đồng thời đó chính là tiền đề để tạo nên sự gia tăng vận tốc cũng như năng lượng rối cho dòng khí từ đó tăng được sự hòa trộn nhiên liệu.

Bảng 1.10: Bảng kết quả mô phỏng CFD quá trình nạp của động cơ Toyota 2KD-FTV [15].

	
<p>Kết quả lưu lượng theo góc quay trục khuỷu khi độ nâng xúpap nạp cố định ở vị trí 30 độ tính theo góc quay trục khuỷu</p>	<p>Kết quả lưu lượng theo góc quay trục khuỷu khi độ nâng xúpap nạp cố định ở vị trí 60 độ tính theo góc quay trục khuỷu</p>
	
<p>Kết quả lưu lượng theo góc quay trục khuỷu khi mở xúpap cực đại</p>	<p>Kết quả hệ số xoáy</p>

Qua nghiên cứu, có thể thấy rằng hình dạng họng nạp có ảnh hưởng rất đáng kể tới giá trị của hệ số nạp và hệ số lưu lượng. Việc tìm ra một biên dạng họng nạp hợp lý có thì ý nghĩa rất lớn đến chất lượng hoạt động của động cơ. Nghiên cứu sẽ tốt

hơn nữa nếu tác giả chỉ ra được quy luật biến thiên của hệ số xoáy và hệ số nạp khi thay đổi hình dạng họng nạp của động cơ nghiên cứu.

- Nghiên cứu của Frantisek SEDLACEK và Michal SKOVAJSA với đề tài “Tối ưu hóa họng nạp của động cơ bằng phương pháp mô phỏng số”. Mục đích của nghiên cứu là tìm được giải pháp tốt nhất cho việc phân bố dòng không khí vào từng xy lanh riêng biệt, nhưng vẫn đảm bảo thích ứng với khả năng làm việc của động cơ. Điều khó khăn nhất trong nghiên cứu là phải đảm bảo mô phỏng trên điều kiện dòng khí nén được và có tốc độ cao đi vào trong hệ thống nạp, sự giảm áp và sự thay đổi nhiệt độ. Nghiên cứu sử dụng mô phỏng dòng trong Siemens NX Advanced (Siemens NX: tên trước đây là NX Unigraphics hay thường được viết tắt là U-G, là một gói phần mềm CAD/CAM/CAE được phát triển đầu tiên bởi Unigraphics) để tối ưu hóa được hình dạng của họng nạp. Mô hình 1D của động cơ được xây dựng để tìm ra được những dữ liệu đầu vào cho mô phỏng CFD. Các giá trị về áp suất và nhiệt độ của từng xy lanh có được nhờ mô hình mô phỏng 1D và những giá trị này được sử dụng cho mô phỏng CFD.



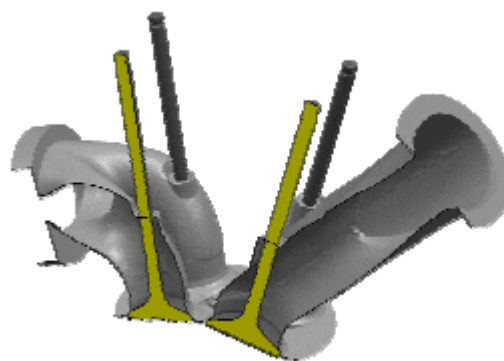
Hình 1.27: Sơ đồ giả thuật của nghiên cứu của Frantisek SEDLACEK và Michal SKOVAJSA [16].

Bước đầu tiên, để có được thông số đầu vào của mô hình 1D, các thông số hình học của họng nạp, đường xả, buồng đốt, xupap,... được đo từ mô hình thực tế của động cơ với độ chính xác cao. Dưới đây là các thông số của động cơ:

Bảng 1.11: Thông số kỹ thuật của động cơ Yamaha YZF-R6 [16].

Thể tích	599 mm ³ (cc)
Tỷ số nén	13,1 : 1
Số xupap	4
Đường kính và chu trình làm việc	67 x 42,5 mm
Chiều dài thanh truyền	90,5 mm
Tốc độ tối đa	16000
Góc nghiêng đế xupap	11,5° xupap nạp / 12,25° xupap thải
Thể tích buồng đốt	12,38 mm ³ (cc)
Đường kính xupap nạp	27 mm
Đường kính xupap thải	23 mm
Đường kính thân xupap nạp	4,5 mm
Đường kính thân xupap thải	4,5 mm
Độ nâng xupap nạp tối đa	8,5 mm
Độ nâng xupap thải tối đa	7,7 mm
Thời gian đóng mở xupap nạp	
Mở trước điểm chết trên	39°

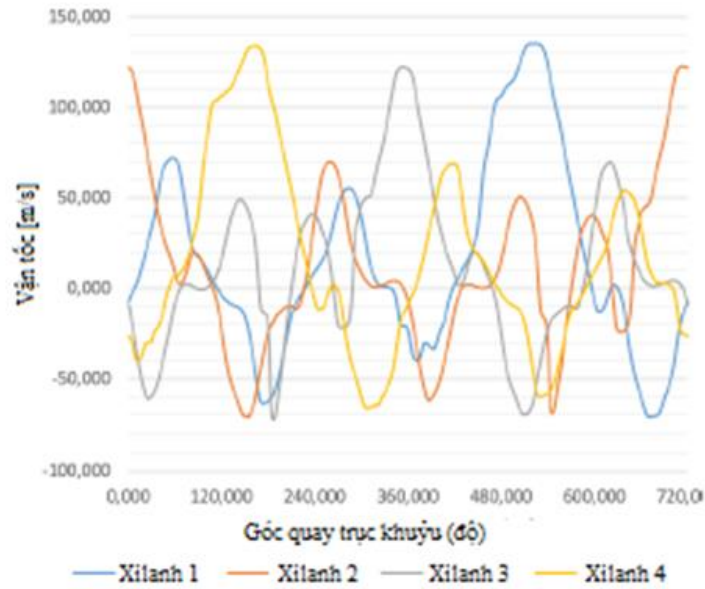
Đóng sau điểm chết dưới	65°
Góc làm việc	284°
Thời gian đóng mở xúpap thải	
Mở trước điểm chết dưới	64°
Đóng sau điểm chết trên	24°
Góc làm việc	268°



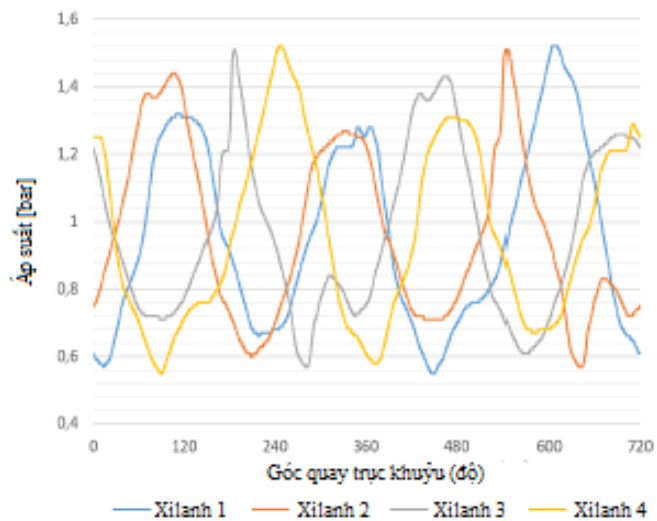
Hình 1.28: Động cơ Yamaha YZF-R6 [16]. **Hình 1.29:** Cụm buồng đốt và họng nạp [16].

Sau đó, mô hình 1D của động cơ được xây dựng dựa trên chương trình LES (Lotus Engine Simulation: chương trình mô phỏng 1D kì nạp của động cơ). Tất cả các thông số về hình học có được đều được đưa vào mô hình 1D. Cuối cùng, các thông số về thời điểm đóng mở xúpap nạp và xả, tỷ số nén được xác định đưa vào mô hình 1D.

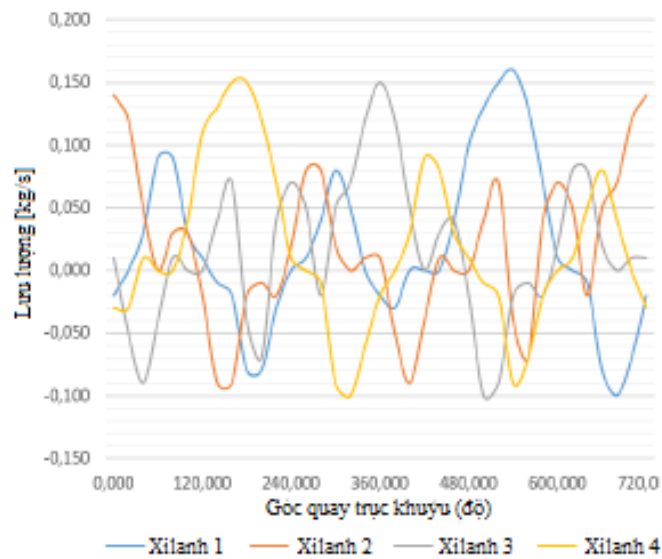
Kết quả mô phỏng vận tốc, áp suất và lưu lượng của động cơ Yamaha YZF-R6 được thể hiện trong các đồ thị bên dưới:



Hình 1.30: Biểu đồ vận tốc theo góc quay trục khuỷu của động cơ Yamaha YZF-R6 [16].

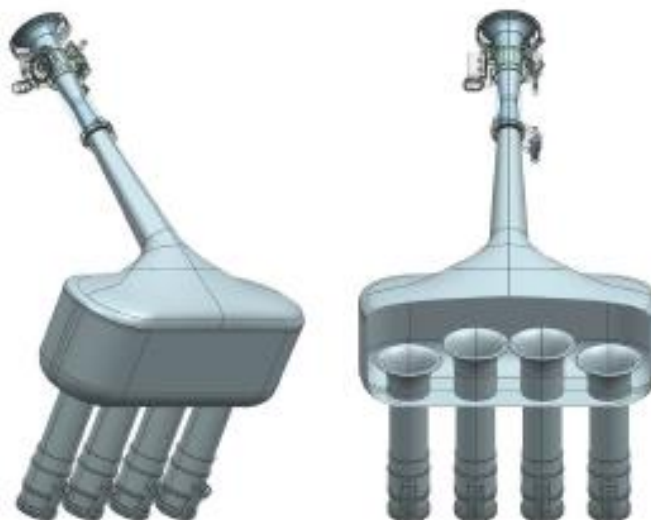


Hình 1.31: Biểu đồ áp suất theo góc quay trục khuỷu của động cơ Yamaha YZF-R6 [16].



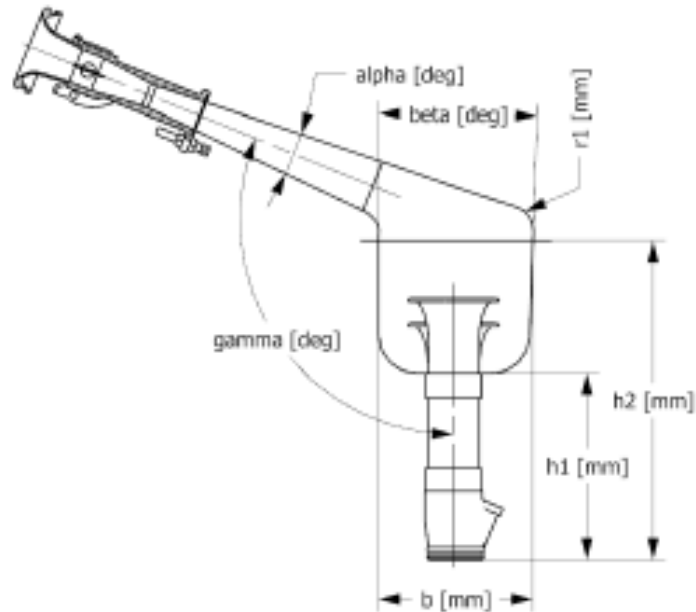
Hình 1.32: Biểu đồ lưu lượng theo góc quay trục khuỷu của động cơ Yamaha YZF-R6 [16].

Nhiều thiết kế cơ bản của hống nạp được xây dựng dựa trên mô hình mô phỏng 1D. Dựa trên kết quả mô phỏng, các mẫu thiết kế hống nạp thích hợp được chọn và phát triển lên thành mô hình 3D:



Hình 1.33: Mô hình 3D hống nạp của động cơ Yamaha YZF-R6 được đưa vào mô phỏng [16].

Các thông số hình học cơ bản của họng nạp khi tiến hành xây dựng mô hình 3D:

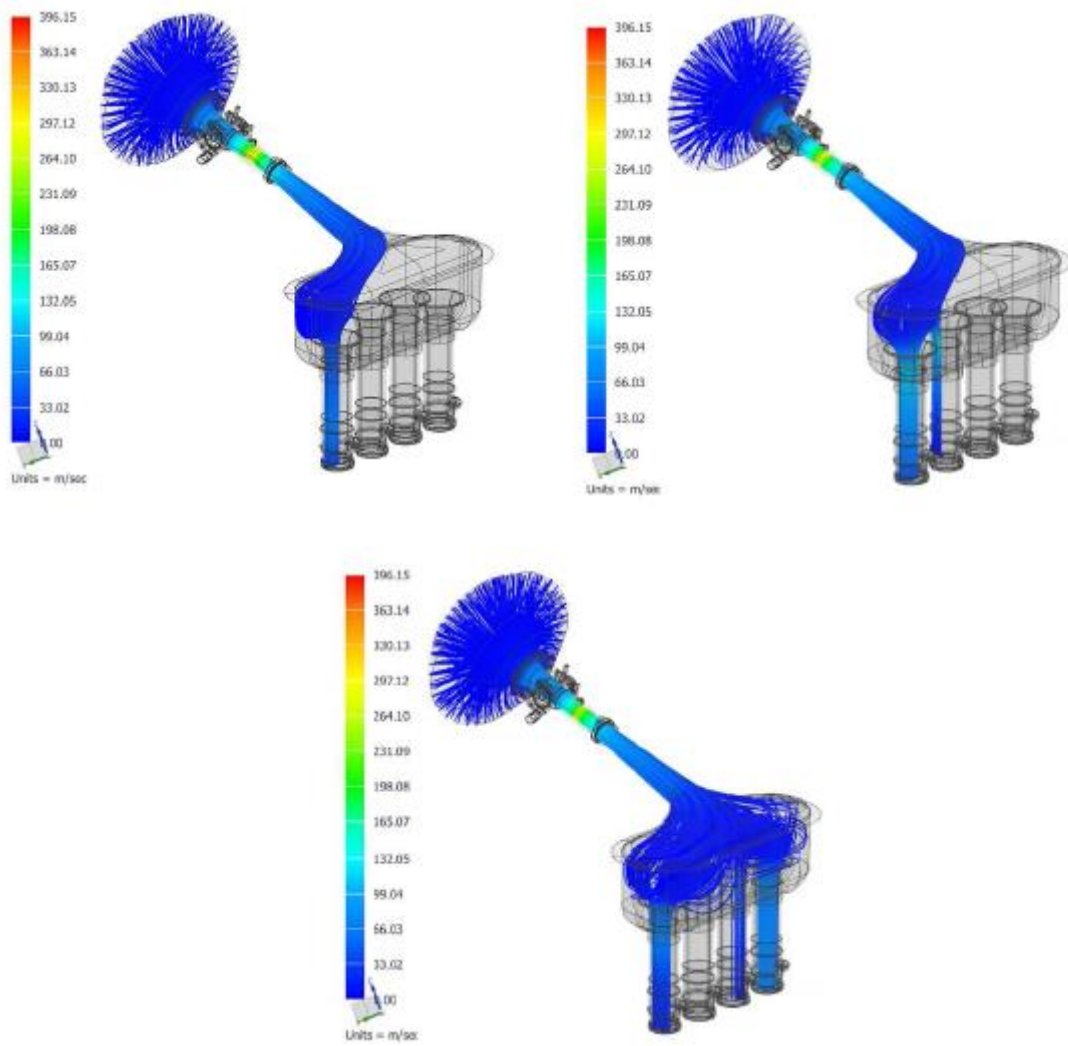


Hình 1.34: Mô hình tham số họng nạp động cơ Yamaha YZF-R6 [16].

Bảng 1.12: Bảng tham số họng nạp động cơ Yamaha YZF-R6 [16].

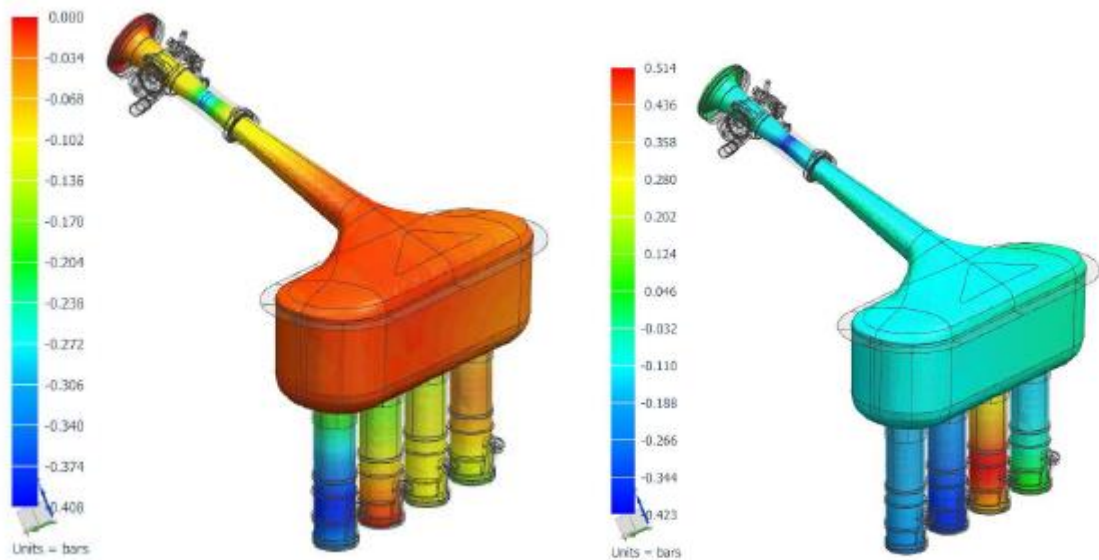
Thông số	Giá trị
Anpha (độ)	7
Beta (độ)	2
Gamma (độ)	112
h1 (mm)	150
h2 (mm)	256
r1 (mm)	19

Vận tốc của dòng không khí tương ứng với góc quay trục khuỷu là 0 độ, 90 độ và 120 độ ở tốc độ vòng quay 12000 vòng /phút:



Hình 1.35: Kết quả mô phỏng trường vận tốc của động cơ Yamaha YZF-R6 [16].

Kết quả mô phỏng trường áp suất ở 0 độ và 216 độ theo góc quay trục khuỷu của động cơ Yamaha YZF-R6:



Hình 1.36: Kết quả mô phỏng trường áp suất của động cơ Yamaha YZF-R6 [16].

Cuối cùng, tác giả đưa ra được một mẫu họng nạp tối ưu được lựa chọn dựa trên các kết quả có được từ mô phỏng



Hình 1.37: Kết quả họng nạp tối ưu theo kết quả mô phỏng của động cơ Yamaha YZF-R6 [16].

Nghiên cứu tiêu biểu cho việc ứng mô phỏng và tính toán số trong việc thiết kế các chi tiết phức tạp. Thông qua kết quả mô phỏng, các quá trình động lực học

được tính toán và dựa báo một cách chính xác làm tiền đề cho việc chế tạo và thực nghiệm. Tuy nhiên kết quả nghiên cứu sẽ tốt hơn nữa nếu trình bày thêm các giá trị đặc trưng cho quá trình nạp như: hệ số lưu lượng và hệ số xoáy,...

Ngoài ra, trên thế giới còn nhiều những nghiên cứu khác về hình dạng họng nạp như của Shojaeefard, Sohrabiasl và Sarshari ở Iran với “Nghiên cứu ảnh hưởng của thiết kế họng nạp đến đặc tính động cơ và mức khí thải” [17], nghiên cứu của Yungjin Kim, Yongtaek Han và Kihyung Lee với đề tài “Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp sinh ra dòng khí xoáy trong động cơ Diesel phun trực tiếp cỡ nhỏ” [18], nhóm nghiên cứu từ các trường đại học Trung Quốc với “Phân tích dòng chảy ổn định và mô phỏng số hóa CFD về cải tiến động cơ Diesel có họng nạp kiểu xoắn ốc” [19], ... Điều đó cho thấy thiết kế cải tiến họng nạp là một trong những yếu tố quan trọng trong nghiên cứu nâng cao hệ số nạp.

1.2.3 Nhận xét

Trong quá khứ, việc tìm ra lời giải tường minh cho các bài toán cơ học lưu chất phức tạp giống như sự chuyển động và biến đổi không ngừng của dòng không khí nạp bên trong xy lanh động cơ gần như là điều không thể. Theo thời gian, cùng với sự phát triển của khoa học máy tính và các phần mềm mô phỏng chuyên nghiệp thì việc mô phỏng để tìm ra lời giải gần đúng cho các bài toán cơ học lưu chất phức tạp trở nên đơn giản đi rất nhiều.

Đồng hành cùng sự phát triển đó, ở Việt Nam cũng như trên toàn thế giới đã và đang có các công trình nghiên cứu tính toán mô phỏng trong tất cả các lĩnh vực kỹ thuật. Vấn đề tính toán mô phỏng dòng không khí nạp chuyển động trong lòng xy lanh động cơ cũng được nhiều nhà khoa học ở nhiều nước trên thế giới quan tâm và nghiên cứu. Nhưng phần lớn trong số đó, đối tượng nghiên cứu là các động cơ sử dụng hệ thống nhiên liệu tiên tiến Common rail. Điều này làm cho ý nghĩa của các kết quả nghiên cứu về họng nạp của động cơ không thể hiện một cách đậm nét nhất. Với luận án này, đối tượng nghiên cứu là một động cơ nông nghiệp thế hệ cũ (VIKYNO RV165-2), với hệ thống cung cấp nhiên liệu thuần cơ khí. Bên cạnh việc tham khảo

và tiếp thu những thành tựu nghiên cứu trước đây, thì trong luận án này, tác giả cũng đưa ra những hướng tiếp cận hoàn toàn mới như: tham số hóa mô hình 3D cụm họng nạp dạng xoắn ốc, xây dựng và hiện thực hóa quá trình tự động tính toán mô phỏng kì nạp của động cơ VIKYNO RV165-2 với kết quả mục tiêu là nâng cao tối đa hệ số nạp, xây dựng giải thuật tối ưu hóa biên dạng hình học họng nạp với giá trị mục tiêu là hệ số nạp, chỉ ra mối quan hệ giữa hệ số nạp và hệ số xoáy (swirl ratio) của động cơ VIKYNO RV165-2 thông qua quá trình mô phỏng bằng phần mềm Ansys - ICE. Chế tạo, thử nghiệm đánh giá sản phẩm cải tiến cuối cùng, ứng dụng vào thực tế sản xuất tại SVEAM.

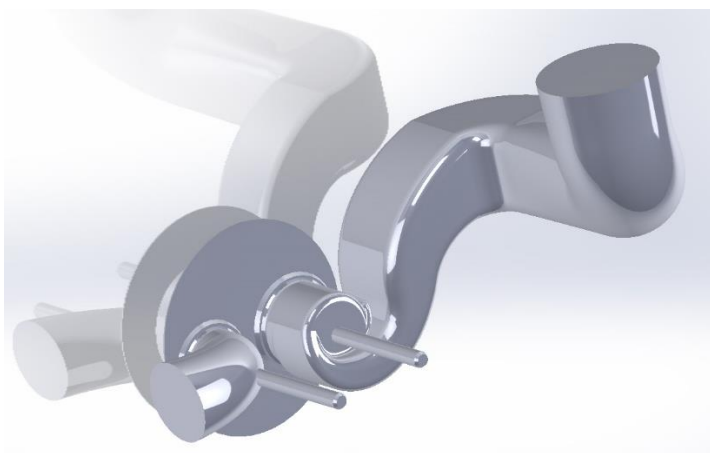
1.3. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của nghiên cứu là: cải tiến họng nạp động cơ một xylanh để nâng cao tối đa giá trị hệ số nạp, đưa ra thiết kế cải tiến cụ thể, chế tạo và ứng dụng sản xuất hàng loạt tại công ty SVEAM.

1.4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2.

Trong phạm vi của đề tài thì họng thải và độ nhám bề mặt của chi tiết được bỏ qua và xem như không thay đổi trong tất các trường hợp nghiên cứu.



Hình 1.38: Cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2.

Các kết quả thực nghiệm của nghiên cứu này được thực hiện tại:

- Phòng Thí Nghiệm Trọng Điểm Động Cơ Đốt Trong - Đại Học Bách Khoa - Đại Học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh: thực nghiệm đo hệ số nạp của phương án họng nạp tối ưu đối chiếu với kết quả mô phỏng Ansys – Fluent.
- Viện Cơ Khí Động Lực – Đại Học Bách Khoa Hà Nội: đo đặc đường đặc tính ngoài, suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức, công suất max, moment max của động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu.
- Công Ty SVEAM: đo đặc kiểm chứng các giá trị thực nghiệm tại Viện Cơ Khí Động Lực – Đại Học Bách Khoa Hà Nội và làm thực nghiệm. Các số liệu thực nghiệm tại công ty SVEAM đều có kiểm định của Tổng cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng – Trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3.

1.5. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu xuất phát từ nhu cầu thực tiễn nâng cao hiệu quả khai thác các loại động cơ Diesel thế hệ cũ và các giải pháp cải thiện tính năng của động cơ đã được thực hiện ở Việt Nam và thế giới.

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm được sử dụng xuyên suốt trong nghiên cứu này:

- Nghiên cứu trên cơ sở lý thuyết động lực học lưu chất, các công cụ vẽ 3D và mô phỏng chuyên sâu như Solidworks, AVL - Boost, Fluent, Ansys, Matlab... được sử dụng trong quá trình tính toán lý thuyết và phân tích.
- Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (ANN) và giải thuật tiến hóa vi phân (DE) để tìm hàm mục tiêu của bài toán và kết quả hệ số nạp tốt nhất của bài toán tối biên dạng họng nạp.
- Biên dạng họng nạp sau khi được thiết kế tối ưu được chế tạo và làm thực nghiệm kiểm chứng. Quá trình thực nghiệm được tiến hành tại phòng thí nghiệm của công ty SVEAM để đánh giá khả năng cải thiện

tính năng kinh tế, kỹ thuật của động cơ trước và sau khi cải tiến. Kiểm tra kết quả tại tổng cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng - trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3.

1.6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Nghiên cứu cải tiến toàn bộ cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 (cả bên trong lẫn bên ngoài nắp xylanh).

Tham số hóa mô hình 3D cụm họng nạp dạng xoắn ốc của động cơ VIKYNO RV165-2 bằng các biến và hàm toán tường minh.

Xây dựng và hiện thực quy trình tự động tính toán cải tiến cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 với mục tiêu là nâng cao hệ số nạp.

Xây dựng giải thuật tối ưu biên dạng hình học cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 với giá trị mục tiêu là hệ số nạp.

Phác họa mối quan hệ giữa hệ số nạp và hệ số xoáy (swirl ratio) cho động cơ VIKYNO RV165-2 nói riêng và các dòng động cơ Diesel của SVEAM nói chung.

Lần đầu tiên ở Việt Nam, nghiên cứu kết hợp giữa mô phỏng với thực nghiệm trên các thiết bị hiện đại, đồng bộ đưa ra được giải pháp khả thi và phù hợp với điều kiện kỹ thuật công nghệ thực tế ở Việt Nam để nâng cao tính năng kỹ thuật và kinh tế của động cơ Diesel VIKYNO RV165-2 thế hệ cũ bằng phương pháp cải tiến cụm họng nạp. Luận án mang tính thực tiễn rất cao, khi kết quả nghiên cứu được áp dụng vào thực tế sản xuất của công ty SVEAM.

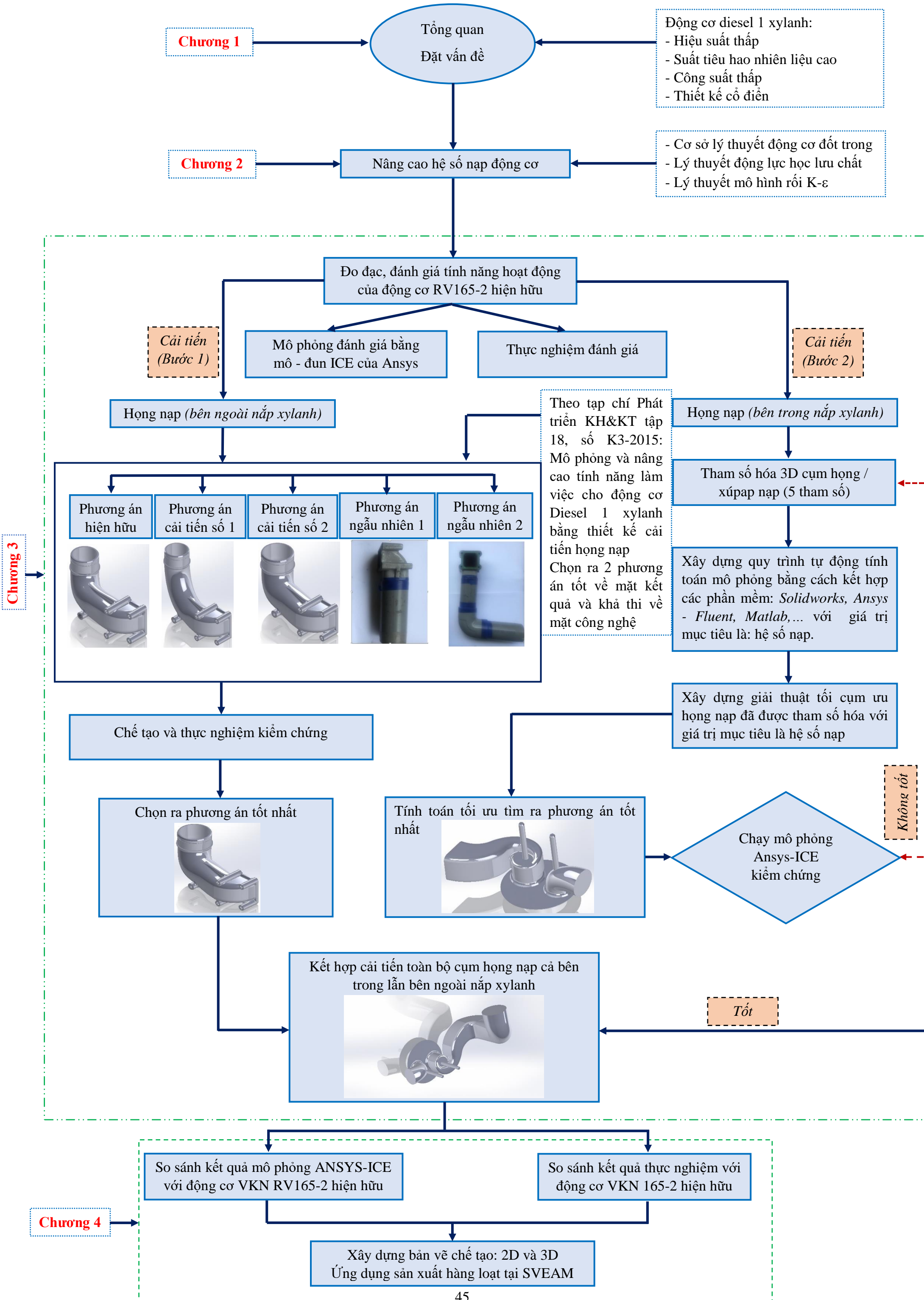
Các kết quả của luận án góp phần định hướng giải quyết nhu cầu nâng cao tính năng vận hành và kinh tế của các loại động cơ Diesel thế hệ cũ. Quy trình tính toán cải tiến tự động và giải thuật tối ưu có thể áp dụng cho tất cả các loại động cơ Diesel của SVEAM, cũng như phương pháp thiết kế áp dụng cho các dòng động cơ mới sẽ được phát triển trong tương lai.

1.7. Các nội dung chính trong đề tài

Thuyết minh của đề tài trình bày các phần như sau:

- ❖ Chương 1. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu
- ❖ Chương 2. Cơ sở lý thuyết cải tiến cụm họng nạp động cơ Diesel một xy lanh
- ❖ Chương 3. Nghiên cứu cải tiến cụm họng nạp động cơ Diesel 16.5 Hp (Động cơ VIKYNO RV165-2)
- ❖ Chương 4. Kết quả nghiên cứu
- ❖ Chương 5. Kết luận và hướng phát triển

1.8 Lưu đồ thể hiện các vấn đề nghiên cứu trong luận án



Chương 1

Tổng quan
Đặt vấn đề

- Động cơ diesel 1 xylanh:
- Hiệu suất thấp
 - Suất tiêu hao nhiên liệu cao
 - Công suất thấp
 - Thiết kế cổ điển

Chương 2

Nâng cao hệ số nạp động cơ

- Cơ sở lý thuyết động cơ đốt trong
- Lý thuyết động lực học lưu chất
- Lý thuyết mô hình rối K-ε

Đo đạc, đánh giá tính năng hoạt động của động cơ RV165-2 hiện hữu

Cải tiến
(Bước 1)

Mô phỏng đánh giá bằng mô - đun ICE của Ansys

Thực nghiệm đánh giá

Cải tiến
(Bước 2)

Họng nạp (bên ngoài nắp xylanh)

Họng nạp (bên trong nắp xylanh)

Phương án hiện hữu	Phương án cải tiến số 1	Phương án cải tiến số 2	Phương án ngẫu nhiên 1	Phương án ngẫu nhiên 2

Theo tạp chí Phát triển KH&KT tập 18, số K3-2015: Mô phỏng và nâng cao tính năng làm việc cho động cơ Diesel 1 xylanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp
Chọn ra 2 phương án tốt về mặt kết quả và khả thi về mặt công nghệ

Tham số hóa 3D cụm họng / xúpap nạp (5 tham số)

Xây dựng quy trình tự động tính toán mô phỏng bằng cách kết hợp các phần mềm: Solidworks, Ansys - Fluent, Matlab, ... với giá trị mục tiêu là: hệ số nạp.

Xây dựng giải thuật tối ưu cụm ưu họng nạp đã được tham số hóa với giá trị mục tiêu là hệ số nạp

Chế tạo và thực nghiệm kiểm chứng

Chọn ra phương án tốt nhất

Tính toán tối ưu tìm ra phương án tốt nhất

Chạy mô phỏng Ansys-ICE kiểm chứng

Không tốt

Tốt

Kết hợp cải tiến toàn bộ cụm họng nạp cả bên trong lẫn bên ngoài nắp xylanh

So sánh kết quả mô phỏng ANSYS-ICE với động cơ VKN RV165-2 hiện hữu

So sánh kết quả thực nghiệm với động cơ VKN 165-2 hiện hữu

Chương 4

Xây dựng bản vẽ chế tạo: 2D và 3D
Ứng dụng sản xuất hàng loạt tại SVEAM

Chương 2

CƠ SỞ LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH CẢI TIẾN CỤM HỌNG NẠP ĐỘNG CƠ VIKYNO RV165-2

2.1. Cơ sở lý thuyết về động cơ đốt trong

2.1.1. Công suất có ích của động cơ (N_e)

Công suất có ích của động cơ là một chỉ tiêu kỹ thuật được gọi là tính hiệu quả, nói lên yêu cầu động lực của máy công tác mà ta sử dụng. Mục tiêu của nhà thiết kế là tăng công suất động cơ chế tạo mà vẫn giữ nguyên kích thước của động cơ. Và tìm cách nâng cao công suất có ích của động cơ là một trong những phương pháp mà các nhà sản xuất thực hiện để giải quyết vấn đề trên.

Công suất có ích, N_e là công suất truyền đến máy công tác và dẫn động máy công tác hoạt động. Công suất có ích N_e luôn nhỏ hơn công suất chỉ thị N_i của động cơ bởi vì tiêu tổn ma sát và dẫn động các thiết bị phụ của động cơ. Tổng tất cả các loại tổn thất công suất nói trên tính trong một đơn vị thời gian được gọi là công suất cơ giới: N_m

$$N_e = N_i - N_m \quad [20] \quad (2.1)$$

Theo [21] ta có:

$$N_e = \rho_a \cdot V_h \cdot Q_H \cdot F \cdot \eta_v \cdot \eta_c \cdot \eta_m \cdot i \cdot \frac{n}{\tau / 2} \quad (2.2)$$

Trong đó:

ρ_a : mật độ không khí nạp (kg/m^3)

V_h : thể tích công tác.

Q_H : nhiệt trị thấp của nhiên liệu (kJ/kg nhiên liệu)

$$F = \frac{m_f}{m_a} : \text{tỷ lệ nhiên liệu trên không khí}$$

η_v : hiệu suất nạp.

η_c : hiệu suất của sự cháy nhiên liệu.

η_m : hiệu suất cơ giới.

i : số xy lanh.

n : tốc độ động cơ.

τ : số kỳ của động cơ.

Từ phương trình (2.2). Ta có thể thấy ta có nhiều phương pháp để tăng công suất có ích của động cơ như: cải thiện hiệu suất cơ giới η_m , tăng số số xy lanh, tăng hiệu suất cháy của nhiên liệu η_c ,... và tăng hiệu suất nạp của động cơ là một trong những phương pháp đó.

2.1.2 Quá trình nạp và hiệu suất nạp

Quá trình nạp-thải là quá trình thay đổi MCCT.

Quá trình nạp có liên quan tới quá trình thải: thải càng sạch, nạp càng đầy, cho phép tăng lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi chu trình nên nhiệt phát sinh cho cháy nhiên liệu tăng, kết quả công giãn nở tăng và công suất có ích phát ra tăng (N_e).

Chất lượng kỳ nạp của động cơ bốn kỳ hơn hẳn động cơ hai kỳ vì thời gian nạp của động cơ bốn kỳ dài hơn (góc quay trục khuỷu dành cho nạp-thải ở động cơ bốn kỳ khoảng $440 \div 550$ GQTK, trong khi động cơ hai kỳ vào khoảng $120 \div 150$ GQTK. Mặt khác diễn biến quá trình nạp của chúng cũng khác nhau vì áp suất đầu quá trình nạp trong xy lanh của động cơ bốn kỳ luôn nhỏ hơn áp suất khí quyển (đối với động cơ không tăng áp), còn ở động cơ hai kỳ và động cơ bốn kỳ tăng áp thì ngược lại.

Quá trình nạp của động cơ bốn kỳ được chia làm ba giai đoạn:

- Chuẩn bị nạp: xúpap nạp mở tương ứng với góc $\varphi_1 = 10 \div 35$ GQTK tạo tiết diện lưu thông xúpap nạp đủ lớn, giảm tổn thất khí động lực.
- Nạp chính: nạp tự nhiên do chân không trong xy lanh.
- Nạp thêm: xúpap nạp tiếp tục mở tương ứng với góc $\varphi_2 = 40 \div 65$ GQTK sau ĐCD, nhờ quán tính của dòng khí nạp làm tăng khối lượng và áp suất khí cuối quá trình nạp (p_a).

Nhờ hiệu ứng dao động áp suất khí trong đường nạp, động cơ có φ_2 hợp lý sẽ làm tăng lượng khí nạp mới từ 10 ÷ 15%. Tuy nhiên khi động cơ hoạt động ở số vòng quay thấp $n < n_{dm}$ nạp thêm giảm dần, ở n_{min} có thể xảy ra hiện tượng thổi ngược vào đường nạp.

Để đánh giá lượng khí nạp thêm người ta sử dụng hiệu suất nạp thêm λ_1 ($\lambda_1 = 0$ khi không có nạp thêm).

Lượng khí nạp mới thực tế vào xy lanh vào cuối quá trình nạp thường nhỏ hơn lượng khí nạp đầy lý thuyết vào (V_h). Nguyên nhân là do:

- Trong xy lanh còn lại một lượng khí sót của chu trình trước chiếm chỗ
- Tổn thất khí động lực trên đường nạp và xúpap nạp nên áp suất cuối kỳ nạp $p_a < p_0$.

Để đánh giá chất lượng của kỳ nạp của động cơ, người ta dùng khái niệm hiệu suất nạp (η_v).

Hiệu suất nạp (η_v) [21] là tỷ số phần trăm giữa lượng khí nạp thực tế vào xy lanh (M_1) ở đầu quá trình nén so với lượng khí nạp lý thuyết (M_h) có thể nạp đầy vào thể tích công tác ở điều kiện trước xúpap nạp: (p_k) và (T_k) (áp suất và nhiệt độ trước xúpap nạp).

$$\eta_v = \frac{g_{ct} \cdot M_1}{M_h} = \frac{G_k}{\rho_k \cdot V_h} \quad (2.3)$$

Trong đó:

G_k : là khối lượng khí nạp thực tế vào xy lanh trong mỗi chu trình (kg/chu trình).

V_h : là thể tích khí nạp mới chứa trong xy lanh quy dẫn về p_k và T_k

ρ_k : khối lượng riêng của không khí ở điều kiện chuẩn.

Với động cơ đã chế tạo, thể tích làm việc của xy lanh đã biết. Khối lượng riêng không khí nạp tính được trên cơ sở đo trực tiếp áp suất, nhiệt độ không khí trước xúpap nạp. Hiệu suất nạp là thông số khó xác định ngay cả trong điều kiện thử nghiệm. Do vậy hiệu suất nạp chỉ được tính gần đúng. Khi viết phương trình hiệu suất nạp ta giả thiết quá trình nạp kết thúc tại điểm a (thời điểm piston ở điểm chết dưới). Theo [21]:

$$\eta_v = \frac{T_k}{T_k + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{p_a}{p_k} - \frac{p_r}{p_k} \right) \quad (2.4)$$

Trong đó:

p_r : áp suất khí sót

ε : tỷ số nén

T_k : nhiệt độ không khí trước xúpap nạp.

Đối với động cơ Diesel không tăng áp: $\eta_v = 0,8 \div 0,94$. Hiệu suất nạp cao hay thấp phụ thuộc vào:

- Loại nhiên liệu, tỷ lệ A/F (tỷ lệ không khí và nhiên liệu), khả năng hóa hơi của nhiên liệu (fraction of fuel vaporized), hay nói cách khác là nhiệt ẩn hóa hơi của nhiên liệu.
- Mức độ sấy nóng của khí nạp mới trên đường nạp
- Tỷ số nén
- Tốc độ động cơ
- Biên dạng họng nạp/họng thải

- Kết cấu van nạp và thải, kích thước hình học và độ nâng van
- Thời gian đóng mở xúpap nạp/thải (góc phối khí)

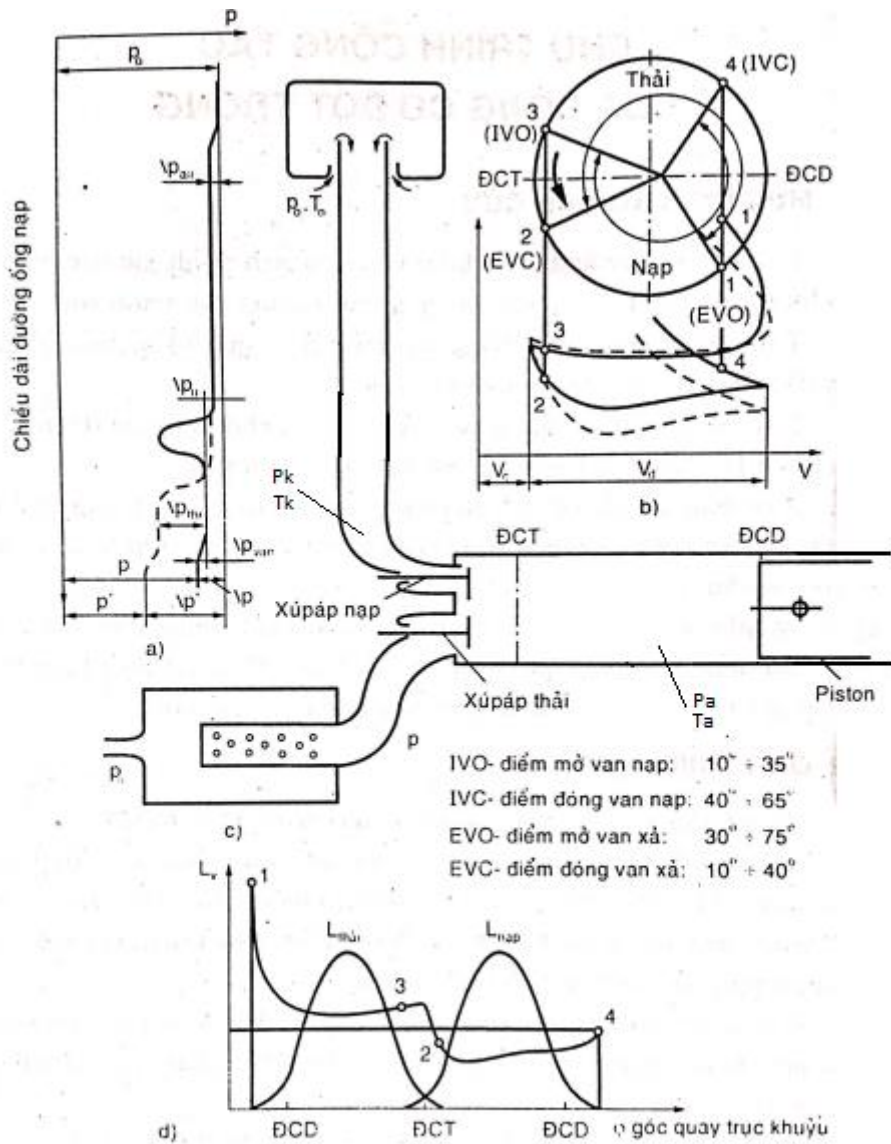
2.1.3 Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến hiệu suất nạp và đặc tính của dòng không khí nạp trong động cơ Diesel.

2.1.3.1 Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến hiệu suất nạp

Một yếu tố quan trọng trong quá trình nghiên cứu phát triển của động cơ đốt trong là cải thiện chất lượng dòng không khí nạp trong xy lanh. Lưu lượng của dòng không khí qua xúpap nạp và chuyển động rối được tạo ra bởi dòng chảy này ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng hình thành hỗn hợp của động cơ, đặc biệt là trong động cơ Diesel. Một trong những chi tiết chi phối đến cả quá trình trên là hình dạng của cụm họng nạp.

Tính chất của trường không khí trong buồng đốt tại thời điểm phun nhiên liệu ảnh hưởng trực tiếp tới quá trình cháy và là nhân tố chi phối đến hiệu suất, mức phát thải ô nhiễm của động cơ Diesel phun trực tiếp. Kết hợp chính xác các thông số phun nhiên liệu, hình dạng đỉnh piston, tỷ số nén và hình dạng họng nạp là những cân nhắc quan trọng trong việc thiết kế động cơ mới.

Dòng không khí được nạp vào trong xy lanh nhờ chuyển động đi xuống ĐCD của piston. Về mặt khí động học, dòng không khí sẽ chuyển động từ nơi có áp suất cao đến nơi có áp suất thấp, chuyển động của piston đã tạo ra sự chênh lệch áp suất trong họng nạp và xy lanh. Theo phương trình Bernoulli [22], độ chênh lệch áp suất càng lớn dẫn đến độ chênh lệch vận tốc càng lớn, mà theo phương trình bảo toàn động lượng thì độ chênh lệch này là tỉ lệ thuận với lưu lượng nạp được. Như vậy, áp suất trước xúpap nạp (p_k), và áp suất cuối quá trình nạp (p_a) là hai thông số cơ bản đánh giá khối lượng khí nạp mới vào trong xy lanh cũng như hiệu suất nạp của động cơ.



Hình 2.1: Diễn biến quá trình nạp động cơ bốn kỳ.

Áp suất trước xúpáp nạp: $p_k = p_0 - \Delta p_0$. Với Δp_0 là tổn thất áp suất do cản lọc không khí và tổn thất khí động lực trên đường nạp. Giá trị $\Delta p_0 = 0,02 \div 0,04$ kg/m^2 .

Áp suất cuối quá trình nạp (p_a): là áp suất nạp mới trong xy lanh khi piston ở ĐCD của quá trình nạp: $p_a = p_k - \Delta p_a$ hoặc $p_a = p_0 - \Delta p_a$

Trong đó Δp_a là tổn thất áp suất trong quá trình nạp xác định trên cơ sở phương trình Bernoullie cho dòng chảy dừng không chịu nén:

$$\Delta p_a = \beta^2 + \xi_{kn}$$

Trong đó:

β : hệ số xét ảnh hưởng của giảm tốc dòng khí nạp

ξ_{kn} : hệ số (tổn thất) cản của họng nạp quy dẫn về tốc độ khí nạp.

Trên thực tế trong động cơ do lưu động của dòng khí trong đường ống nạp cũng như đường ống thải là không ổn định, va đập trong đường ống nên áp suất khí biến đổi trong suốt quá trình nạp cũng như trong suốt quá trình thải và áp suất tại mọi vùng trong xy lanh cũng khác nhau.

Nếu giả thiết các thông số trong hiệu suất nạp là hằng số, trừ các thông số đặc trưng gián tiếp cho tổn thất thủy lực tại cơ cấu nạp, thì phương trình hiệu suất nạp có dạng:

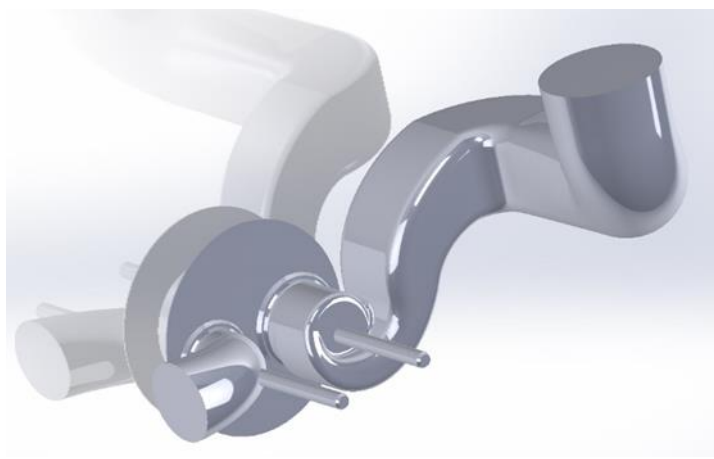
$$\eta = B \cdot \frac{p_a}{p_k} \quad (2.5)$$

Áp suất môi chất trong xy lanh tại điểm a nhỏ hơn áp suất khí trước xúpap nạp bằng tổn thất thủy lực Δp_a

$$p_a = p_k - \Delta p_a \quad (2.6)$$

Đối với động cơ bốn kỳ không tăng áp thì: $\Delta p_a = (0,03 \div 0,18) p_0$

Trên cơ sở phương trình Bernoullie cho dòng chảy dừng không chịu nén. Tổn thất thủy lực $\Delta p_k, \Delta p_a$ phụ thuộc rất lớn vào biên dạng hình học của họng nạp, tiết diện, độ nhám bề mặt họng nạp, cũng như tốc độ dòng khí chuyển động qua chúng.



Hình 2.2: Họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2.

Tổn thất thủy lực $\Delta p_k, \Delta p_a$ do hai nguyên nhân hai dạng tổn thất cơ bản:

- **Tổn thất dọc đường ống:** Khi một dòng chảy chuyển động trong ống thì luôn luôn sinh ra sự mất mát năng lượng do sự ma sát giữa dòng khí với thành ống hoặc giữa các phần tử chất khí với nhau. Sự tổn thất năng lượng càng lớn khi quãng đường di chuyển trên đường ống càng dài, do đó sự tiêu hao năng lượng này được gọi là sự tổn thất năng lượng dọc đường và được ký hiệu là h_d . Tuy nhiên quãng đường dòng khí nạp di chuyển trong đường ống nạp là không dài nên ta có thể bỏ qua sự tổn thất năng lượng dọc đường ống.
- **Tổn thất cục bộ trong đường ống:** Ngoài tổn thất năng lượng dọc theo dòng chảy, trên đường ống còn có những tổn thất cục bộ xảy ra tại những vị trí có tiết diện ống thay đổi, tại những chỗ uốn cong hoặc tại các van. Thông thường, đối với một đường ống dài thì tổn thất cục bộ không đáng kể đối với tổn thất dọc đường, nên có thể bỏ qua. Tuy nhiên, đối với những đường ống ngắn thì tổn thất cục bộ ảnh hưởng đáng kể đến tổn thất trên đường ống.

Như vậy, biên dạng hình học của họng nạp động cơ có ảnh hưởng rất lớn đến giá trị của áp suất trước xúpap nạp (p_k) và áp suất cuối quá trình nạp (p_a). Biên

hạng họng nạp tốt giúp giảm năng lượng hao tổn trên đường ống, góp phần tăng khối lượng khí nạp mới vào trong xy lanh, nâng cao hiệu suất nạp của động cơ.

2.1.3.2. Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến tính chất dòng không khí nạp

Dòng lưu chất chuyển động vào xy lanh động cơ trong quá trình nạp với vận tốc cao, nên trạng thái của nó là chảy rối. Dòng chảy rối được xác định như là sự chuyển động ngẫu nhiên của các phần tử không khí bên trong dòng lưu chất.

Chuyển động rối trong xy lanh có giá trị cao trong quá trình nạp và giảm dần khi piston chuyển động về Điểm Chết Dưới (ĐCD). [23]

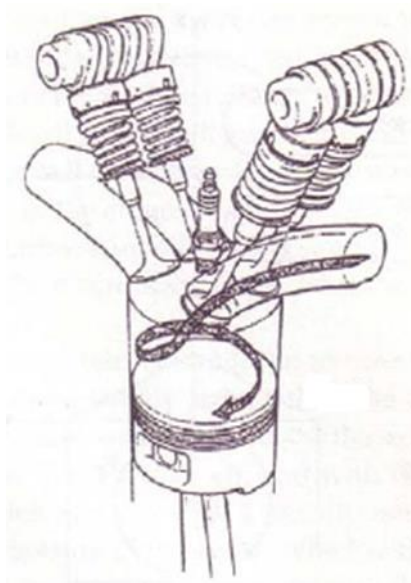
Chuyển động rối cao gần điểm chết trên thì sẽ rất có lợi cho việc cháy khi có sự đánh lửa xảy ra. Nó giúp quá trình lan truyền màn lửa nhanh hơn rất nhiều lần.

Những chuyển động rối chính trong động cơ đốt trong là chuyển động xoay quanh trục mà song song với trục xy lanh (xoáy dọc (Swirl ratio: S_r)) và chuyển động xoay quanh trục mà vuông góc với trục xy lanh (xoáy ngang (Tumble: T_r)). Trong thực tế, không thể sinh ra xoáy dọc mà không bao gồm việc tạo nên xoáy ngang được, nhưng ngược lại dòng lưu chất có thể tạo nên những chuyển động xoáy ngang mà không tạo ra xoáy dọc. Xoáy dọc và xoáy ngang hay sự kết hợp giữa hai chuyển động xoáy này là đại diện cho những chuyển động chính của dòng lưu chất trong xy lanh, ngoài ra còn có những chuyển động phức tạp có thể sinh ra ở tỉ lệ nhỏ hơn.

a. Hệ số xoáy dọc (Swirl ratio: S_r)

Chuyển động quay của dòng khí bên trong xy lanh quanh trục dọc được gọi là hệ số xoáy theo phương dọc (S_r). Hệ số xoáy này giúp tăng cường sự hòa trộn của không khí và nhiên liệu thành một hỗn hợp đồng nhất trong một thời gian ngắn. Nó cũng là cơ chế chính để ngọn lửa lây lan nhanh chóng trong quá trình cháy.

Hệ số xoáy dọc (S_r) có thể tạo ra bằng cách xây dựng cấu trúc họng nạp cung cấp một thành phần tiếp tuyến với dòng khí nạp đi vào xylanh. Điều này được thực hiện bằng cách tạo hình dáng và đường vòng quanh họng nạp, rãnh hút và mặt piston.



Hình 2.3: Hệ số xoáy theo phương dọc [24].

Ảnh hưởng của xoáy theo phương dọc đối với quá trình hòa trộn không khí – nhiên liệu: trong động cơ Diesel, thời gian hòa trộn giữa không khí – nhiên liệu diễn ra trong thời gian rất ngắn. Gia tăng swirl (hay tăng S_r) trong buồng cháy sẽ làm đẩy nhanh quá trình hòa trộn không khí – nhiên liệu trong xylanh. Qua đó, làm giảm lượng SOOT sinh ra trong quá trình giãn nở, giảm tiêu hao nhiên liệu. Tuy nhiên, tăng swirl cũng làm tăng sự phân bố đồng đều của nhiên liệu trong buồng cháy, làm tăng nhiệt độ buồng cháy. Sự tăng nhiệt độ này là điều kiện thuận lợi để tăng lượng NO_x sinh ra do quá trình cháy.

Tỷ số xoáy: là một thông số không có thứ nguyên, dùng để xác định số lượng chuyển động quay trong xylanh, và được xác định theo hai cách khác nhau:

$$S_r = \frac{C_u}{C_A} \quad [25] \quad (2.7)$$

C_u là vận tốc tiếp tuyến của dòng khí trong xylanh

C_A là vận tốc hướng trục của dòng khí trong xylanh

$$C_A = \frac{V_u}{D^2 \cdot \frac{\pi}{4}} \quad (2.8)$$

Trong đó:

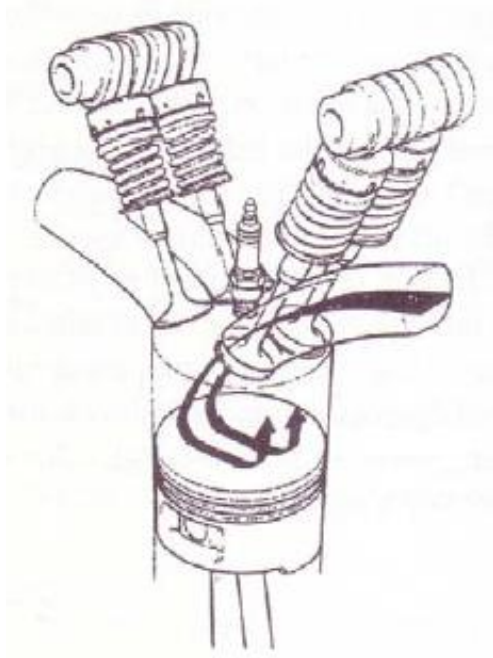
V_u : Vận tốc dòng không khí thực tế vào trong xylanh

D : đường kính của xylanh

b. Hệ số xoáy ngang (Tumble ratio: T_{ratio})

Xoáy ngang là chuyển động xoáy với trục xoay vuông góc với trục xylanh. Chuyển động xoáy này thường xảy ra ở biên dạng đỉnh lõm của piston.

Chuyển động xoáy ngang trong xylanh phụ thuộc rất nhiều từ hình dạng của đỉnh piston, vị trí của độ lõm đỉnh piston, biên dạng họng nạp, tỉ số nén, tốc độ động cơ, ...



Hình 2.4: Hệ số xoáy theo phương ngang [24].

2.1.4 Tính toán quá trình nạp động cơ VIKYNO RV165-2

Quá trình nạp của động cơ VIKYNO RV165-2 được tính toán chi tiết trong phụ lục 1

2.2 Cơ sở lý thuyết về động lực học lưu chất và tính toán mô phỏng trong Ansys – Fluent

2.2.1 Các phương trình bảo toàn

Mô phỏng động lực học lưu chất (CFD) là phương pháp số để giải các bài toán của dòng lưu chất không ổn định và chuyển động rối. Các bài toán với dòng chuyển động đa chiều luôn được giải dựa trên hệ phương trình vi phân của các phương trình bảo toàn khối lượng, động lượng và năng lượng theo thời gian và không gian. Để đơn giản hóa, trong phần này ta chỉ xét dòng chuyển động một pha, một thành phần.

2.2.1.1 Phương trình bảo toàn khối lượng

Xét phần tử có thể tích $dV = dx_1 dx_2 dx_3$ như hình 2.5

Trong đó: x_1, x_2, x_3 : là chiều dài, rộng, cao của khối không khí hình lập phương.

Giả định phần tử này cố định trong không gian, còn dòng lưu chất đi chuyển vào và ra khỏi phần tử. Khối lượng trong phần tử được xem xét sẽ tăng nếu khối lượng vào lớn hơn khối lượng ra và ngược lại.

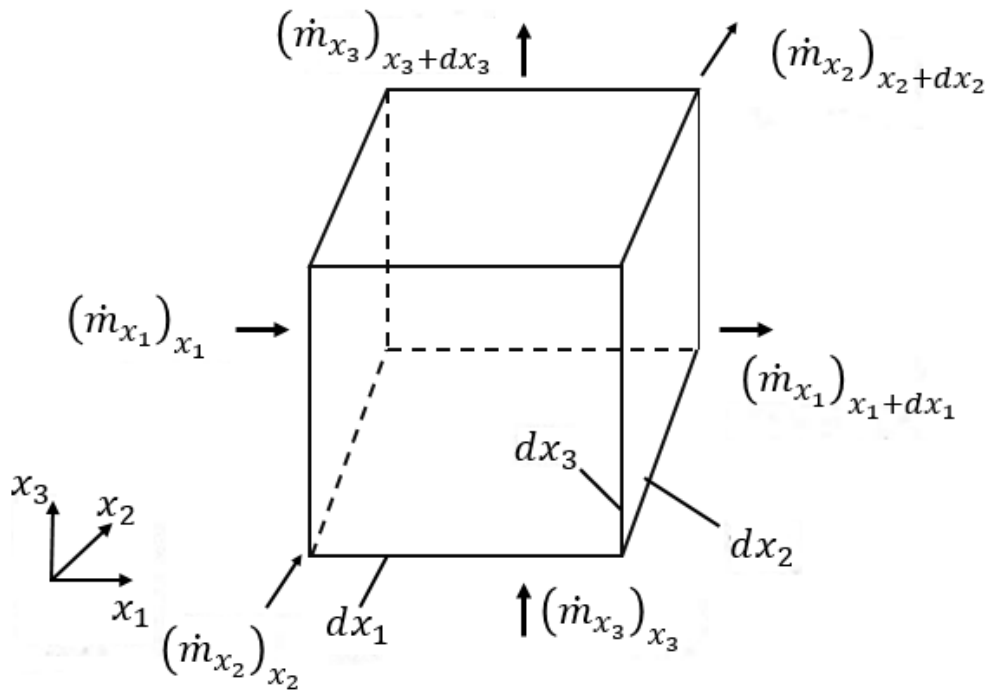
Cân bằng khối lượng:

$$\frac{\partial}{\partial t}(dx_1 dx_2 dx_3 \rho) = dm_{x_1} + dm_{x_2} + dm_{x_3} \quad (2.9)$$

Trong đó:

$$dm_{x_1} = m_{x_1} - m_{x_1+dx_1} = dx_2 dx_3 (\rho \mathcal{G}_1)_{x_1} - dx_2 dx_3 (\rho \mathcal{G}_1)_{x_1+dx_1} \quad (2.10)$$

Và tương tự với các số hạng còn lại.



Hình 2.5: Phần tử không khí

Khai triển chuỗi Taylor cho số hạng trong phương trình (2.9):

$$(\rho g_1)_{x_1+dx_1} = (\rho g_1)_{x_1} + \frac{\partial}{\partial x_1}(\rho g_1)_{x_1} dx_1 \quad (2.11)$$

Thay phương trình (2.10) vào phương trình (2.9)

$$dm_{x_1} = -dx_2 dx_3 \frac{\partial}{\partial x_1}(\rho g_1)_{x_1} dx_1 \quad (2.12)$$

Và tương tự cho các số hạng còn lại.

Kết hợp (2.9) và (2.12), dạng tổng quát của phương trình bảo toàn khối lượng là:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho g_i) = 0 \quad (2.13)$$

Theo quy tắc Einstein:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho g_i) = \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_1}(\rho g_1) + \frac{\partial}{\partial x_2}(\rho g_2) + \frac{\partial}{\partial x_3}(\rho g_3) \quad (2.14)$$

Biến đổi phương trình (2.13) thành:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + g_i \frac{\partial p}{\partial x_i} + \rho \frac{\partial g_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2.15)$$

Với lưu chất không bị nén, ta có $\rho = const$:

$$\text{div}(\vec{g}) = \frac{\partial g_i}{\partial x_i} = 0 \quad (2.16)$$

2.2.1.2 Phương trình bảo toàn động lượng

Phương trình bảo toàn động lượng được xây dựng cho từng phương x_1 , x_2 và x_3 , theo nguyên tắc: sự thay đổi động lượng theo thời gian sẽ bằng tổng ngoại lực tác động lên phần tử đang khảo sát. Phương trình có dạng:

$$\frac{\partial(\rho g_j)}{\partial t} + g_i \frac{\partial(\rho g_j)}{\partial x_i} = -\frac{\partial \rho}{\partial x_j} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} + \rho F_j, j=1,2,3 \quad (2.17)$$

Trong đó τ_{ij} là tensor ứng suất: $\overline{\tau}_{ij} = \begin{pmatrix} \tau_{x_1 x_1} & \tau_{x_1 x_2} & \tau_{x_1 x_3} \\ \tau_{x_2 x_1} & \tau_{x_2 x_2} & \tau_{x_2 x_3} \\ \tau_{x_3 x_1} & \tau_{x_3 x_2} & \tau_{x_3 x_3} \end{pmatrix}$ (2.18)

F_j là ngoại lực: $F_1 = F_2 = 0, F_3 = -g$ (2.19)

Theo Stokes (1845): $\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial g_i}{\partial x_j} + \frac{\partial g_j}{\partial x_i} \right) - \delta_{ij} \frac{2}{3} \mu \frac{\partial g_i}{\partial x_i}$ (2.20)

Trong đó d_{ij} là hàm delta Kronecker, $d_{ij} = 0$ khi $i \neq j$, $d_{ij} = 1$ khi $i = j$

Với lưu chất không nén được $\frac{\partial g_i}{\partial x_j} = 0$, phương trình (2.16) trở thành:

$$\rho \left(\frac{\partial \mathcal{G}_j}{\partial t} + \mathcal{G}_i \frac{\partial \mathcal{G}_j}{\partial x_i} \right) = -\frac{\partial \rho}{\partial x_j} + \mu \frac{\partial^2 \mathcal{G}_j}{\partial x_i^2} + \rho F_j, j=1,2,3 \quad (2.21)$$

2.2.1.3 Phương trình bảo toàn năng lượng

Cùng với phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng, phương trình bảo toàn năng lượng giúp mô tả sự phân bố vận tốc, nhiệt độ và áp suất trong dòng lưu chất. Dạng tổng quát của phương trình năng lượng cho thể tích kiểm soát cố định trong không gian:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = E_{in} - E_{out} + W_g + W_p + W_\tau + Q_{in} - Q_{out} \quad (2.22)$$

Bỏ qua thế năng, sử dụng quan hệ $h = u + p / \rho$, phương trình nhiệt năng viết lại dưới dạng:

$$\rho dx_1 dx_2 dx_3 \left(\frac{\partial h}{\partial t} + \mathcal{G}_i \frac{\partial h}{\partial x_i} \right) = Q_{in} - Q_{out} + W_{diss} \quad (2.23)$$

W_{diss} công thêm vào thể tích kiểm soát do tiêu tán, thường bỏ qua trong phần lớn bài toán.

Giả thiết nhiệt truyền chỉ do tiếp xúc, bỏ qua truyền nhiệt bức xạ, thì nhiệt truyền theo hướng x sẽ là:

$$\dot{Q}_{x_1, in} - \dot{Q}_{x_1, out} = -dx_1 dx_3 \frac{\partial \dot{q}_{x_1}}{\partial x_1} dx_1 \quad (2.24)$$

$$q_1 = -k \frac{\partial T}{\partial x_1} \quad (2.25)$$

k : hệ số dẫn nhiệt, là hằng số

Thay vào (2.21), phương trình nhiệt năng trở thành:

$$\rho \left(\frac{\partial h}{\partial t} + \mathcal{G}_i \frac{\partial h}{\partial x_i} \right) = k \frac{\partial^2 T}{\partial x_i^2} \quad (2.26)$$

Nếu lưu chất có thể mô tả bằng phương trình trạng thái khí lý tưởng:

$$\rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + g_i \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) = k \frac{\partial^2 T}{\partial x_i^2} \quad (2.27)$$

2.2.1.4 Phương trình Navier-Stokes

Phương trình Navier – Stockes [26÷44] là hệ của các phương trình bảo toàn lưu lượng khối lượng, động lượng và năng lượng. Phương trình Navier-Stokes viết cho trường hợp dòng chuyển động ba chiều, có nhớt, không trao đổi nhiệt và không có ngoại lực khối tác dụng có thể viết dưới dạng sau:

a. Trong hệ tọa độ Descartes

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial E(U)}{\partial x} + \frac{\partial F(U)}{\partial y} + \frac{\partial G(U)}{\partial z} = 0 \quad (2.28)$$

Trong đó U , E , F , G được xác định như sau:

$$U = [\rho \quad \rho u \quad \rho v \quad \rho w \quad \rho E]^T \quad (2.29a)$$

$$E = \begin{bmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p - \tau_{xx} \\ \rho uv - \tau_{xy} \\ \rho uw - \tau_{xz} \\ \rho uH - u\tau_{xx} - v\tau_{xy} - w\tau_{xz} + q_x \end{bmatrix} \quad (2.29b)$$

$$F = \begin{bmatrix} \rho v \\ \rho uv - \tau_{xy} \\ \rho v^2 + p - \tau_{yy} \\ \rho vw - \tau_{yz} \\ \rho vH - u\tau_{xy} - v\tau_{yy} - w\tau_{yz} + q_y \end{bmatrix} \quad (2.29c)$$

$$G = \begin{bmatrix} \rho w \\ \rho uw - \tau_{xz} \\ \rho vw - \tau_{yz} \\ \rho w^2 + p - \tau_{zz} \\ \rho wH - u\tau_{xz} - v\tau_{yz} - w\tau_{zz} + q_z \end{bmatrix} \quad (2.29d)$$

Dòng thứ nhất của phương trình (2.28) tương ứng với phương trình liên tục; dòng thứ 2 đến thứ 4 tương ứng với phương trình động lượng chiều lần lượt trên ba phương x, y, z ; dòng thứ 5 là phương trình năng lượng. Trong đó u, v, w là các thành phần vector vận tốc của vận tốc V . Các thành phần q_x, q_y, q_z là thông lượng dẫn nhiệt chiều trên ba phương x, y, z của hệ quy chiếu Descartes; $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yx}, \tau_{yy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}, \tau_{zy}, \tau_{zz}$ là thành phần của tensor ứng suất nhớt:

$$\overline{\tau}_{ij} = \begin{pmatrix} \tau_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \tau_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \tau_{zz} \end{pmatrix} \quad (2.30)$$

Kí hiệu τ_{ij} được quy ước là thành phần ứng suất vuông góc với trục i theo hướng của trục j . Các thành phần $\tau_{xx}, \tau_{yy}, \tau_{zz}$ là ứng suất pháp tuyến và các thành phần còn lại của tensor ứng suất là ứng suất trượt. Giá trị ứng suất nhớt phụ thuộc vào tính chất khí động học của môi trường. Đối với chất lỏng, không khí hay nước, Newton cho rằng chúng phụ thuộc vào gradient vận tốc do đó những lưu chất như vậy gọi là lưu chất Newton. Tuy nhiên cũng có vài chất lỏng cư xử ngoại lệ như máu hay nhựa nóng chảy gọi là chất lỏng phi Newton.

b. Trong hệ tọa độ trụ:

Phương trình Navier-Stokes theo phương r :

$$\rho \left(\frac{\partial u_r}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} + u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u_r}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_r}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} \right) + \rho f_r \quad (2.31)$$

Phương trình Navier-Stokes theo phương θ :

$$\rho \left(\frac{\partial u_\theta}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_\theta}{\partial r} + u_\theta \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + u_z \frac{\partial u_\theta}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial \theta} + \mu \left(\frac{\partial^2 u_\theta}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial z^2} \right) + \rho f_\theta \quad (2.32)$$

Phương trình Navier-Stokes theo phương z:

$$\rho \left(\frac{\partial u_z}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right) + \rho f_z \quad (2.33)$$

2.2.2 Mô hình Cold Flow Analysis trong module IC Engine của Ansys

Phân tích “Cold Flow” liên quan đến mô hình dòng không khí và có thể phun nhiên liệu trong chu kỳ động cơ liên tục mà không có phản ứng xảy ra [27]. Mục đích là để nắm bắt quá trình hình thành hỗn hợp bằng cách tính toán chính xác sự tương tác của chuyển động hình học với động lực học chất lỏng của quá trình hoạt động. Các đặc tính thay đổi của dòng khí vào trong xylanh với sự xoáy lốc qua các van nạp và van thải đóng có thể được xác định. Thông tin này rất hữu ích để đảm bảo rằng các điều kiện trong xylanh ở cuối quá trình nén là phù hợp cho quá trình đốt cháy và lan truyền ngọn lửa. Độ xoáy lốc cao tạo điều kiện thuận lợi cho việc lan truyền ngọn lửa nhanh chóng và quá trình cháy hoàn toàn trong kỳ sinh công. Một hỗn hợp và độ xoáy lốc tốt là rất quan trọng để đảm bảo tỷ lệ không khí - nhiên liệu phù hợp trong suốt quá trình đốt cháy.

Thiết lập mô hình CFD để phân tích Cold Flow liên quan đến việc phân bố các thông tin cần thiết để tính toán chuyển động của xúpáp và piston ngoài các điều kiện biên, mô hình rôi và các thông số khác. Điều này bao gồm việc xác định hình dạng xúpáp và piston, cùng với độ nâng xúpáp và các đặc tính hình học động cơ để tính toán vị trí của chúng như là một hàm của góc quay trục khuỷu. Bởi vì khối lượng khí trong xi lanh thay đổi hình dạng trong suốt các quá trình cho nên lưới phải thay đổi cho phù hợp. Các phương pháp khác nhau để tự động sửa đổi lưới trong quá trình chuyển động cũng cần được xác định

Việc xử lý hình học cũng rất quan trọng bao gồm việc khai báo thành phần di động và thành phần di chuyển cũng như là áp dụng từng loại lưới cho từng bộ phận để thích hợp với phương pháp giải. Bất kỳ lỗi nào trong bước này cũng đều có thể dẫn đến thất bại trong việc bắt đầu tính toán.

2.2.3 Mô hình dòng chảy rối

Giải pháp dựa trên phương pháp thể tích hữu hạn. Các giải pháp thuật toán cho phép sử dụng linh hoạt trong bất kỳ lưới phi cấu trúc bao gồm lưới khối đa diện. Các mã lệnh code giải quyết dòng chảy không nén và dòng chảy nén, bao gồm cả dòng chảy siêu âm. Mô hình chảy rối hiện đại được thực hiện để tính toán chính xác các dòng chảy rối. Mô hình chảy rối là nền tảng trong công nghiệp mô phỏng dòng chảy chính xác. Hầu hết các vấn đề trong mô phỏng dòng chảy chất lưu gặp phải là dòng chảy rối. Do đó, mô phỏng chính xác chuyển động chảy rối là vô cùng quan trọng, và làm cơ sở để có thể mô phỏng chính xác dòng chảy thực. Điều này là đặc biệt cần thiết, chuyển động rối không chỉ xác định chi tiết của dòng chảy, mà còn ảnh hưởng đến nhiều quá trình vật lý và hóa học có thể diễn ra [28].

Các mô hình chảy rối:

- Mô hình Spalart Allmaras
- Mô hình $k - \varepsilon$
- Mô hình ứng suất Reynolds
- Mô hình chảy rối Hybrid
- Mô hình $k - \zeta - f$

Trong đó mô hình $k - \varepsilon$ đang được ứng dụng nhiều hơn. Mô hình chảy rối $k - \varepsilon$ gồm phương trình xác định năng lượng rối k và phương trình xác định độ phân tán động năng rối ε để đóng kín hệ phương trình trung bình thời gian của dòng gồm phương trình liên tục và phương trình Navier-Stokes Reynolds.

* Phương trình liên tục dòng chuyển động chịu nén:

$$\frac{\partial(\rho g_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho g_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho g_z)}{\partial z} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (2.34)$$

* Phương trình Navier-Stokes Reynolds:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \rho u_j) = -\frac{\partial \rho}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \right] + \frac{\partial \rho}{\partial x_i} (-\overline{\rho u_i u_j}) \quad (2.35)$$

* Phương trình xác định năng lượng rối k:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial \rho}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - \rho \varepsilon \quad (2.36)$$

* Phương trình xác định độ phân tán động năng rối ε :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial \rho}{\partial x_j} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - \rho \varepsilon - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2.37)$$

Trong đó:

u_i : vận tốc theo các phương

ρ : khối lượng riêng

$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$: độ nhớt

E_{ij} : biến dạng trung bình của phần tử lưu chất

Các hằng số hiệu chỉnh: $C_\mu = 0,09$; $C_{1\varepsilon} = 1,44$; $C_{2\varepsilon} = 1,92$; $\sigma_k = 1,00$; $\sigma_\varepsilon = 1,30$.

2.3 Cơ sở lý thuyết mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)

Mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) là một phương pháp máy học, có khả năng tính toán và dự báo giá trị của biến đầu ra khi biết thông tin của các biến đầu vào [29]. Một mạng nơ-ron nhân tạo thường được cấu thành bởi các thành phần: nút (nơ-ron), các lớp (layers), các trọng số và các hàm kích hoạt.

2.3.1 Nút

Trong mạng nơ-ron, các nút chứa các giá trị đầu vào, các giá trị trong quá trình tính toán và kết quả đầu ra. Cụ thể hơn, các nút đầu vào nhận các giá trị của

biến độc lập (biến thiết kế), qua quá trình xử lý, các giá trị này được biến đổi và được chuyển đến các nút trong lớp ẩn. Các nút ẩn nhận đầu ra từ các nơ-ron đầu vào, tính toán các đầu ra mới và chuyển chúng sang các lớp kế tiếp nhau hoặc lớp đầu ra.

2.3.2 Lớp

Lớp chứa các nút, giúp truyền thông tin trong mạng nơ-ron. Các nút thường được chia thành nhiều lớp khác nhau, với mỗi lớp ứng với một hàm kích hoạt nhất định. Có tối thiểu hai lớp trong mạng thần kinh: Lớp đầu vào và đầu ra. Các lớp khác ngoài lớp đầu vào và đầu ra gọi là lớp ẩn.

2.3.3 Trọng số

Trọng số là một thành phần quan trọng trong mạng nơ-ron, các trọng số được ứng dụng để tính giá trị đầu ra tại một nơ-ron từ các giá trị đầu vào của nó. Cụ thể hơn, các giá trị tại lớp đầu vào sẽ tác động đến các nơ-ron khác trong các lớp ẩn

thông qua tổ hợp tuyến tính $\sum_{i=1}^{n_0} w_{ij} x_i + b_j$, với $i = \overline{1, n_0}$, $j = \overline{1, n_1}$, trong đó n_0, n_1 lần

lượt là số biến đầu vào và số nơ-ron tại lớp ẩn thứ nhất. Tại các lớp ẩn, tín hiệu của lớp vào sẽ được xử lý bằng một hàm kích hoạt và truyền đến các lớp ẩn khác thông

qua tổ hợp tuyến tính $\sum_{i'=1}^{n_k} w_{i'j} x_{i'} + b_j$, với $i' = \overline{1, n_k}$, $j = \overline{1, n_{k+1}}$, trong đó n_k, n_{k+1} lần

lượt là số nút tại lớp ẩn thứ k và $k+1$. Cuối cùng, thông tin từ lớp ẩn sẽ được tổng

hợp truyền qua lớp đầu ra thông qua tổ hợp tuyến tính $\sum_{i''=1}^{n_l} w_{i''j} x_{i''} + b_j$, với $i'' = \overline{1, n_l}$,

$j = \overline{1, n_{l+1}}$, trong đó n_l, n_{l+1} lần lượt là số nút tại lớp ẩn thứ l và lớp ẩn cuối cùng.

2.3.4 Hàm kích hoạt

Tại mỗi lớp thứ k , hàm kích hoạt có nhiệm vụ làm trơn tru hoặc chuẩn hóa các giá trị của tổ hợp tuyến tính $\sum_{i=1}^{n_k} w_{ij} x_i + b_j$ tại một nút trước khi nó được truyền đến các nút khác trong lớp tiếp theo. Một số hàm kích hoạt thông dụng gồm:

Hàm tuyến tính:

$$x_{j'} = c \left(\sum_{i=1}^{n_k} w_{i,j'} x_i + b_{j'} \right) \quad (2.38)$$

với c là hằng số.

Hàm sigmoid:

$$x_{j'} = \frac{1}{1 + e^{-\left(\sum_{i=1}^{n_k} w_{i,j'} x_i + b_{j'} \right)}} \quad (2.39)$$

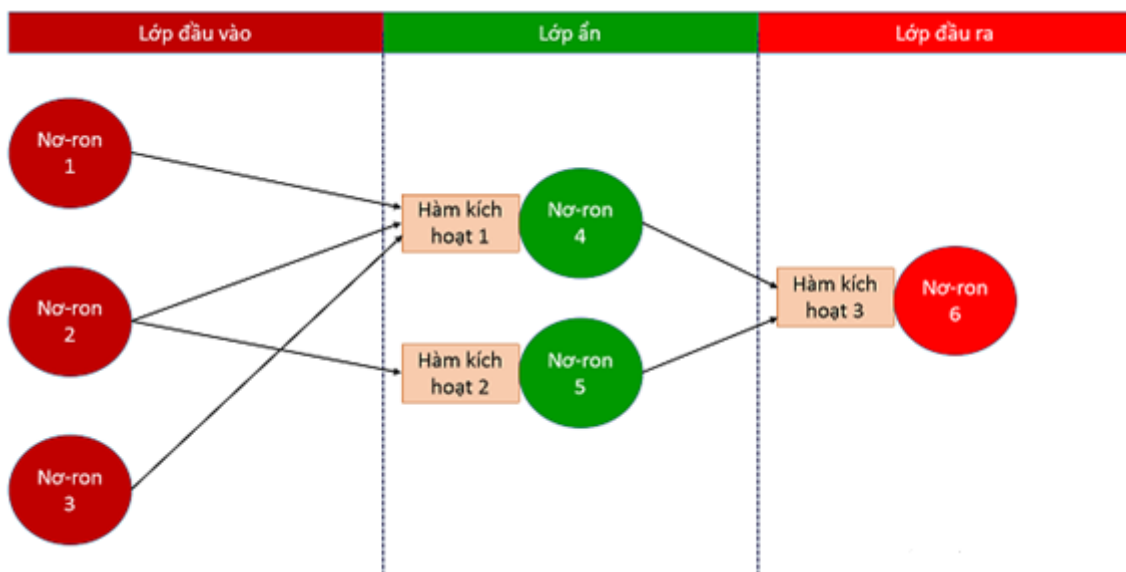
Hàm Tanh:

$$x_{j'} = \frac{2}{1 + e^{-2 \left(\sum_{i=1}^{n_k} w_{i,j'} x_i + b_{j'} \right)}} - 1 \quad (2.40)$$

Một số hàm kích hoạt thông dụng khác gồm hàm Relu và Softmax

2.3.5 Quá trình lan truyền thẳng của mạng nơ-ron

Như vậy, với việc thiết lập các nút, các lớp, các bộ trọng số và các hàm kích hoạt tương ứng, ta có thể tính được giá trị đầu ra khi đưa vào bộ giá trị đầu vào bất kỳ. Quá trình trên gọi là quá trình lan truyền thẳng và được tóm tắt bởi Hình 2.6.



Hình 2.6: Quá trình lan truyền thẳng của mạng nơ-ron [30].

2.3.6 Quá trình lan truyền ngược của mạng nơ-ron

Thông qua quá trình lan truyền thẳng, từ một bộ giá trị đầu vào \mathbf{x} , chúng ta có thể dự đoán một giá trị đầu ra $ypred$ bất kỳ. Nhiệm vụ còn lại là điều chỉnh bộ trọng số \mathbf{w} và lệch (bias) \mathbf{b} sao cho các giá trị dự báo $ypred$ gần với giá trị thực tế nhất y có thể. Việc đánh giá mức độ gần xa của các giá trị dự báo so với giá trị thực tế được thực hiện thông qua sai số bình phương (MSE) trên tập huấn luyện. Hay nói cách khác, ta cần tối thiểu hóa sai số bình phương MSE trên tập huấn luyện, với MSE được tính bằng:

$$MSE(\mathbf{w}, \mathbf{b}) = \frac{\sum_{i=1}^N (ypred_i - y_i)^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N (f(\mathbf{x}_i, \mathbf{w}, \mathbf{b}) - y_i)^2}{N} = MSE(\mathbf{z}) \quad (2.41)$$

Trong công thức trên, N là số phần tử trong tập huấn luyện; \mathbf{z} là véc-tơ chứa các trọng số \mathbf{w} và \mathbf{b} . Ở mỗi lần lan truyền ngược, quá trình điều chỉnh \mathbf{z} nhằm tối thiểu hóa MSE được thực hiện thông qua thuật toán Gradient Descent với:

$\mathbf{z}_{k+1} = \mathbf{z}_k - \gamma \nabla MSE(\mathbf{z}_k)$, trong đó, $\mathbf{z}_k, \mathbf{z}_{k+1}$ lần lượt là giá trị của bộ tham số tại vòng lặp k và $k+1$; γ là một số thực dương đủ nhỏ và $\nabla MSE(\mathbf{z}_k)$ là véc-tơ gradient của MSE được tính tại \mathbf{z}_k .

2.4 Giải thuật tiến hóa vi phân

Giải thuật toán tiến hóa vi phân DE [31] là một phương pháp tối ưu toàn cục được thiết kế dành cho cả dữ liệu liên tục lẫn rời rạc. Đây là một thuật toán tối ưu phổ biến, hiệu quả, được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực [32÷33]. Gọi $f(\mathbf{x})$ là hàm mục tiêu cần tối ưu, trong đó \mathbf{x} là một véc-tơ N chiều. Giải thuật DE tìm kiếm các giải pháp tối ưu qua các thế hệ (vòng lặp). Trong mỗi thế hệ, DE tìm cách phát triển bộ dân số gồm NP cá thể, trong đó mỗi cá thể, tương ứng với mỗi lời giải khả thi là một véc-tơ \mathbf{x} N chiều, mỗi chiều được gọi là một gene, chứa thông tin của một biến thiết kế cụ thể. Thuật toán DE, bao gồm các bước khởi tạo, đột biến, lai tạo và chọn lọc, được tóm tắt ngắn gọn như sau:

2.4.1 Quá trình khởi tạo

NP cá thể được khởi tạo ngẫu nhiên, trong đó, mỗi cá thể được tạo bởi công thức sau:

$$x_{i,j} = x_j^l + \text{rand}[0,1] \times (x_j^u - x_j^l) \quad i=1,2,\dots, NP; \quad j=1,2,\dots, N \quad (2.42)$$

Với x_j^l and x_j^u là giới hạn dưới và giới hạn trên của biến thiết kế x_j ; $\text{rand}[0,1]$ là một số thực có phân phối đều trên $[0,1]$ và NP là số cá thể cần khởi tạo.

2.4.2 Quá trình đột biến

Trong giai đoạn này, mỗi cá thể \mathbf{x}_i trong bộ dân số ban đầu sẽ tạo thêm một véc-tơ đột biến \mathbf{v}_i thông qua toán tử đột biến. Một vài toán tử đột biến thông dụng được trình bày như sau:

- $\text{rand}/1$:
$$\mathbf{v}_i = \mathbf{x}_{r_1} + F \times (\mathbf{x}_{r_2} - \mathbf{x}_{r_3}) \quad (2.43)$$

$$\text{- rand/2:} \quad \mathbf{v}_i = \mathbf{x}_{r_1} + F \times (\mathbf{x}_{r_2} - \mathbf{x}_{r_3}) + F \times (\mathbf{x}_{r_4} - \mathbf{x}_{r_5}) \quad (2.44)$$

$$\text{- best/1:} \quad \mathbf{v}_i = \mathbf{x}_{best} + F \times (\mathbf{x}_{r_1} - \mathbf{x}_{r_2}) \quad (2.45)$$

$$\text{- best/2:} \quad \mathbf{v}_i = \mathbf{x}_{best} + F \times (\mathbf{x}_{r_1} - \mathbf{x}_{r_2}) + F \times (\mathbf{x}_{r_3} - \mathbf{x}_{r_4}) \quad (2.46)$$

$$\text{- current-to-best/1:} \quad \mathbf{v}_i = \mathbf{x}_i + F \times (\mathbf{x}_{best} - \mathbf{x}_i) + F \times (\mathbf{x}_{r_1} - \mathbf{x}_{r_2}) \quad (2.47)$$

Với r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 là những số nguyên dương được lựa chọn ngẫu nhiên từ tập $\{1, 2, \dots, NP\}$; \mathbf{x}_{best} là cá thể tốt nhất trong bộ dân số hiện tại; và F là một số thực được chọn ngẫu nhiên trong đoạn $[0, 2]$ đóng vai trò kiểm soát “độ dài bước đột biến”. Trong luận án này, toán tử đột biến rand/1 được sử dụng. Từ công thức của toán tử rand/1, ta có thể thấy rằng khi $F = 0$ thì véc-tơ đột biến \mathbf{v}_i sẽ bằng một véc-tơ khác được chọn ngẫu nhiên trong dân số, ngược lại \mathbf{v}_i sẽ bằng một tổ hợp tuyến tính của 3 véc-tơ trong dân số. Việc lựa chọn giá trị của F phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người sử dụng và vấn đề cần nghiên cứu. Tuy nhiên, thông thường, khi F nhỏ, DE sẽ không thể khám phá không gian tìm kiếm một cách có hiệu quả, do đó, không thể đạt được giải pháp tối ưu khi thuật toán kết thúc. Ngược lại, khi F lớn, các giá trị đột biến được tạo ra thường có sự biến đổi mạnh so với giá trị gốc, điều này dẫn đến hiện tượng các giá trị tìm kiếm chỉ dao động xung quanh giá trị tối ưu chứ không hội tụ về giá trị tối ưu khi thuật toán gần hội tụ. Theo các khảo sát của [32÷33], giá trị $\mathbf{v}_i \in [0.7, 1]$ thường cho các kết quả mang tính ổn định cao hơn.

2.4.3 Quá trình lai tạo

Trong giai đoạn này, các cá thể \mathbf{x}_i tiếp tục tạo thêm các véc-tơ thử \mathbf{u}_i bằng cách thay thế ngẫu nhiên một số thành phần (gen) của \mathbf{x}_i bởi các thành phần tương ứng của \mathbf{v}_i thông qua toán tử lai tạo:

$$u_{ij} = \begin{cases} v_{ij} & \text{if rand}[0, 1] \leq CR \\ x_{ij} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.48)$$

với $i \in \{1, 2, \dots, NP\}$; $j \in \{1, 2, \dots, N\}$ và CR là tham số điều khiển được chọn ngẫu nhiên trong đoạn $[0, 1]$. Đối với tham số điều khiển chéo CR , các véc-tơ thử \mathbf{u}_i sẽ có xu hướng giống với véc-tơ đột biến \mathbf{v}_i khi $CR \rightarrow 1$ và gần giống với véc-tơ gốc \mathbf{x}_i khi $CR \rightarrow 0$. Theo [32], CR tốt nhất trong rơi vào khoảng $[0, 3; 0, 7]$.

2.4.4 Quá trình chọn lọc

Trong giai đoạn này, ta so sánh các véc-tơ thử \mathbf{u}_i với các véc-tơ \mathbf{x}_i tương ứng và chọn véc-tơ có hàm mục tiêu tốt hơn vào thế hệ kế tiếp.

2.4.5 Điều kiện dừng của giải thuật DE

Thông thường điều kiện để giải thuật DE dừng khi thỏa một trong hai điều kiện sau:

- $g = Iterm$ (2.49)

- $\Delta = |f_{mean,g} - f_{best,g}|$ (2.50)

Trong đó, g là số vòng lặp hiện tại và $Iterm$ là số vòng lặp tối đa được người dùng thiết lập, $\Delta \in [10^{-8}, 0]$ là một số dương rất nhỏ được chọn làm giá trị ngưỡng; $f_{mean,g}$ là giá trị trung bình của các hàm mục tiêu ứng với lời giải khả thi tại vòng lặp thứ g ; $f_{best,g}$ là giá trị hàm mục tiêu tốt nhất tại vòng lặp thứ g .

Chương 3

NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN CỤM HỘNG NẠP

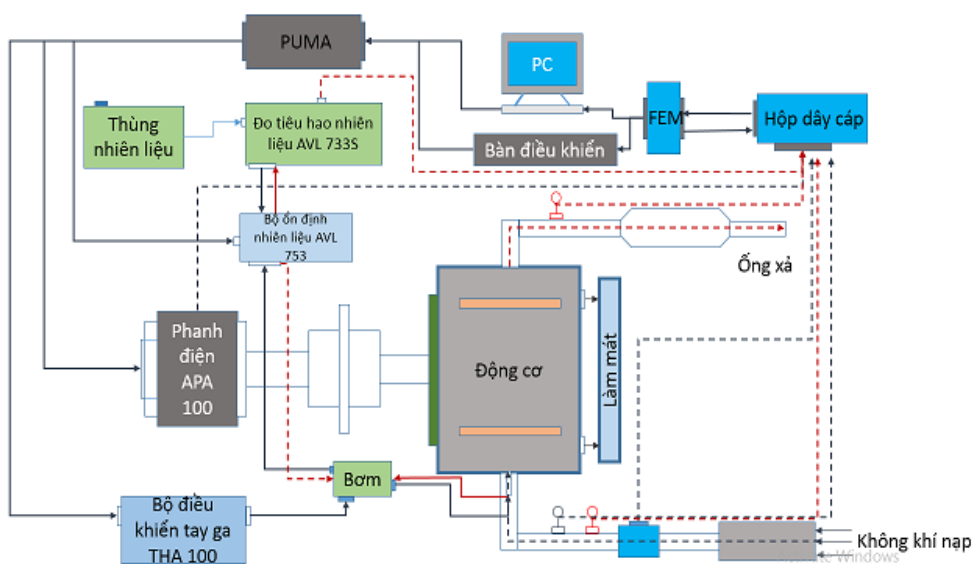
3.1. Đo đạc, đánh giá tính năng hoạt động của động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu.

Nhằm tăng tính chính xác và kiểm chứng nên quá trình đo đạc, đánh giá các thông số kỹ thuật của động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu được thực hiện đồng thời ở hai nơi: tại phòng thử nghiệm trung tâm R&D của SVEAM và Viện Cơ Khí Động Lực tại Đại Học Bách Khoa Hà Nội. Mục đích của việc đánh giá này là xác định các tính năng hoạt động của động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu để làm cơ sở so sánh cho quá trình cải tiến sau này.

3.1.1 Thực nghiệm đánh giá

3.1.1.1 Sơ đồ thực nghiệm

Sơ đồ bố trí thực nghiệm:



Hình 3.1: Sơ đồ bố trí thực nghiệm đo tính năng kỹ thuật của động cơ.



Hình 3.2: Một số hình ảnh quá trình lắp đặt và chạy thử nghiệm.



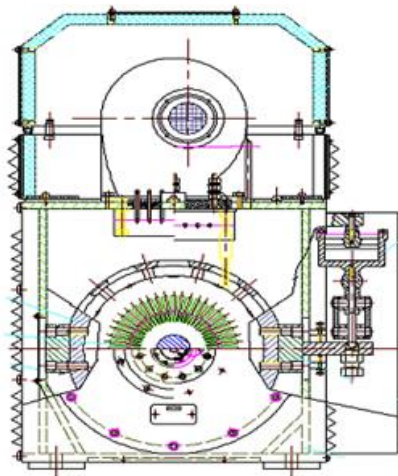
Hình 3.3: Động cơ sau khi lắp đặt xong trên băng thử.

3.1.1.2 Giới thiệu sơ lược các thiết bị dùng trong quá trình thực nghiệm

Trên các hình 3.1, 3.2 và 3.3 thể hiện hệ thống thử nghiệm bao gồm các thiết bị chính sau: Phan điện APA 100; Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu AVL 733S; Bộ ổn định nhiệt độ nhiên liệu AVL 753; Bộ điều khiển tay ga THA 100 và các thiết bị phụ trợ khác.

a. Phanah điện APA 100

Hình 3.4 thể hiện sơ đồ nguyên lý làm việc của phanah điện APA 100 sử dụng trong phòng thử. Phanah này có thể hoạt động được ở chế độ phanah điện và động cơ điện. Tác dụng tương hỗ giữa lực từ của stator và rotor sẽ tạo ra tải trọng cho động cơ hoặc kéo động cơ dốt trong quay. Vỏ stator đo được đặt trên hai gối đỡ nên cũng có xu hướng quay theo. Một cảm biến lực (loadcell) giữ vỏ stator ở vị trí cân bằng và xác định giá trị lực tương hỗ này. Thay đổi giá trị của lực này bằng cách thay đổi cường độ dòng điện vào băng thử. Tốc độ quay của băng thử được xác định bằng cảm biến tốc độ kiểu đĩa quang. Công suất lớn nhất của băng thử ở chế độ động cơ điện là 200kW, ở chế độ phanah điện là 220kW trong dải tốc độ từ 2250 đến 4500 v/ph, tốc độ cực đại 8000 v/ph. Băng thử được trang bị các hệ thống điều khiển, xử lý số liệu tự động và hiển thị kết quả. Mô hình hoá như PUMA, EMCON 300, Concerto và ISAC 300 giúp cho quá trình điều khiển được dễ dàng và bảo đảm kết quả thử nghiệm chính xác.



Hình 3.4: Sơ đồ nguyên lý làm việc của phanah điện APA 100.

Từ trường tương hỗ giữa rotor và stator tạo ra moment cản với rotor và cân bằng với mô men dẫn động từ rotor (rotor là cụm phanah được nối với trục dẫn động từ động cơ). Cường độ từ trường tương hỗ giữa rotor và stator được điều chỉnh để tăng hoặc giảm mô men cản trên trục dẫn động từ động cơ. Khả năng thay đổi moment phanah thích hợp cho việc điều khiển tự động ở các chế độ thử của động cơ.

1. Nhiên liệu cấp vào thùng đo; 2. Nhiên liệu tới động cơ; 3. Nhiên liệu hồi từ động cơ; 4. Ống thông hơi; 5. Các ống nối mềm; 6. Thùng đo; 7. Thanh cân; 8. Lò xo lá; 9. Cân bì; 10. Cảm biến lưu lượng; 11. Thiết bị giảm chấn; 12. Van điện từ đường nạp

Bắt đầu quá trình đo, nhiên liệu được cấp đầy vào thùng đo 6. Lúc này lực từ lên cảm biến lưu lượng là lớn nhất. Van điện từ 12 đóng lại ngăn không cho dòng nhiên liệu vào thùng đo trong khi đường cấp vào động cơ vẫn mở. Đồng thời với quá trình đó bộ phận đếm thời gian hoạt động. Khi nhiên liệu trong thùng chảy hết đồng nghĩa với lực từ lên cảm biến lưu lượng bằng 0 tức là quá trình đo đã kết thúc. Dựa vào các kết quả thu được, ECU sẽ tính ra lượng nhiên liệu tiêu thụ của động cơ.

c. Bộ ổn định nhiệt độ nhiên liệu AVL 753

Nhiệt độ nhiên liệu trong hệ thống không giống như nhiệt độ nhiên liệu trên đường cung cấp do có đường nhiên liệu hồi mang nhiệt từ động cơ. Do đó mật độ nhiên liệu thay đổi làm sai lệch kết quả đo. Thiết bị AVL 753 có nhiệm vụ điều hoà nhiệt độ nhiên liệu đồng thời đảm bảo cung cấp ổn định lưu lượng nhiên liệu cho động cơ.

Thiết bị AVL 753 dùng nước vòng ngoài làm mát lượng nhiên liệu đã được định sẵn từ cân nhiên liệu. Lưu lượng nhiên liệu được đảm bảo bằng một bơm trên đường nhiên liệu cung cấp cho động cơ.

3.1.1.3 Nguyên lý đo và quy trình thực hiện quá trình thực nghiệm

a. Lắp đặt và hiệu chỉnh động cơ trên băng thử

Động cơ VIKYNO RV165-2 được lắp đặt trên băng thử đồng thời hệ thống nhiên liệu của động cơ được hiệu chỉnh theo các thông số kỹ thuật của nhà sản xuất. Hệ thống làm mát và bôi trơn được giữ nguyên để thể hiện nguyên trạng động cơ. Hình 3.2 thể hiện quá trình lắp đặt động cơ VIKINO RV165-2 lên băng thử. Sau khi hoàn thành các công việc lắp đặt và hiệu chỉnh, động cơ được chạy rà nguội ở tốc độ 1000 v/ph; chạy rà nóng ở các chế độ không tải, 50% tải/1400 v/ph, 75% tải/1800v/ph. Thời gian chạy ở mỗi chế độ là 30 phút. Sau khi kết thúc thời gian chạy rà, thực hiện đo các thông số vận hành của động cơ.

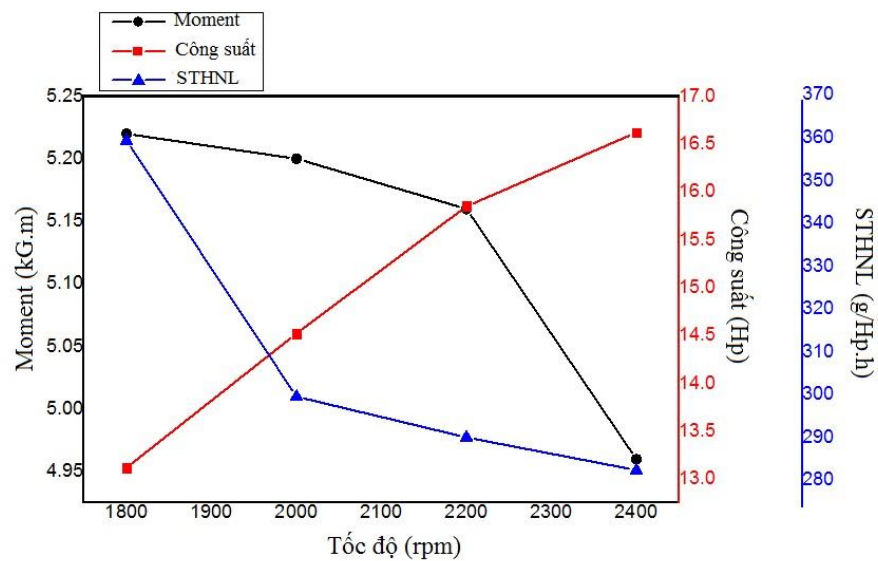
b. Đo đặc tính động cơ

Các đường đặc tính thể hiện tính năng kinh tế kỹ thuật của động cơ biểu thị qua các giá trị công suất, suất tiêu hao nhiên liệu ở các chế độ hoạt động khác nhau. Các giá trị Moment, công suất, suất tiêu hao nhiên liệu và các thông số khác của động cơ được đo trên băng thử, bao gồm các bước sau:

- Thử nghiệm xây dựng đặc tính ngoài (moment, tốc độ và tiêu hao nhiên liệu) ứng với 5 giá trị tốc độ từ 1800 đến 2400 (v/ph) với bước thay đổi tốc độ là 200 (v/ph)
- Thử nghiệm đo suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ RV165-2 tại công suất định mức : $N_e = 14 \text{ Hp}$ tại số vòng quay 2200 (v/p)

3.1.1.4 Kết quả thực nghiệm đo các thông số vận hành của động cơ

Thử nghiệm xây dựng đặc tính ngoài, gồm: moment (M_e), công suất (N_e) và tiêu hao nhiên liệu (g_e) ứng với 4 giá trị tốc độ từ 1800 đến 2400 (v/ph)



Hình 3.6: Đặc tính M_e , N_e và g_e theo tốc độ động cơ.

Kết quả dưới dạng bảng:

Bảng 3.1: Kết quả đo các thông số đặc tính ngoài của động cơ.


n (rpm)	N_e (Hp)	M_e (KG.m)	g_e (g/HP.h)
1800	13,12	5,22	365,38
2000	14,52	5,2	305,60
2200	15,85	5,16	296,09
2400	16,5	4,98	288,40
Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức	206 (g/HP.h)		

Thực nghiệm cho thấy công suất max, moment max và suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức do động cơ sinh ra đúng như nhà sản xuất công bố. Thấp hơn 26 g/HP.h (gần 15 %) so với động cơ có công suất tương đương của KUBOTA (là một nhà sản xuất máy kéo và thiết bị nặng có trụ sở tại Osaka, Nhật Bản).

3.2 Cải tiến họng nạp bên ngoài nắp xylanh (cổ nối bộ lọc gió)

Có khá nhiều các phương án họng nạp bên ngoài nắp xylanh của động cơ VIKYNO RV165-2 (30 phương án) được xây dựng để mô phỏng trên AVL-Boot. Các phương án có kết quả hệ số nạp, cũng như các thông số vận hành của động cơ (công suất max, mô-men max,...) cao được công bố trong tạp chí Phát triển KH&KT tập 16, số K3-2015: “Mô phỏng và nâng cao tính năng làm việc cho động cơ Diesel 1 xylanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp” [7]. Hai trong bảy phương án (Phương án 02 và Phương án 04 trong bài báo) được lựa chọn chế tạo thực nghiệm dựa trên các tiêu chí sau: kết quả mô phỏng tốt, ý kiến đóng góp của các chuyên gia trong ngành, và khả năng công nghệ để ứng dụng cho việc sản xuất hàng loạt. Đồng thời để nâng cao tính so sánh và đối chứng thì hai phương án thay đổi thiết kế họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 đơn giản (ngẫu nhiên) và chưa qua mô phỏng cùng lúc được chế tạo để làm thí nghiệm và thực nghiệm so sánh với họng nạp của động cơ hiện hữu. Như vậy, có 5 phương án được chế tạo để tiến hành quá trình thực nghiệm như trong bảng sau:

Bảng 3.2: Các phương án thử nghiệm cải tiến biên dạng họng / xúpap nạp bên ngoài nắp xy lanh động cơ.

Phương án	Hình ảnh
<p><i>Hình 3.7: Phương án họng nạp hiện hữu theo động cơ</i></p>	 <p>Hình 3.7: Mô hình 3D phương án hiện hữu [7].</p>
<p><i>Hình 3.8: Phương án ngẫu nhiên</i></p> <p>Phương án ngẫu nhiên 1: Thẳng 180⁰</p>	 <p>Hình 3.8: Phương án ngẫu nhiên 01.</p>

Hình 3.9: Phương án ngẫu nhiên 2:

Cong 90⁰



Hình 3.9: Phương án ngẫu nhiên 02.

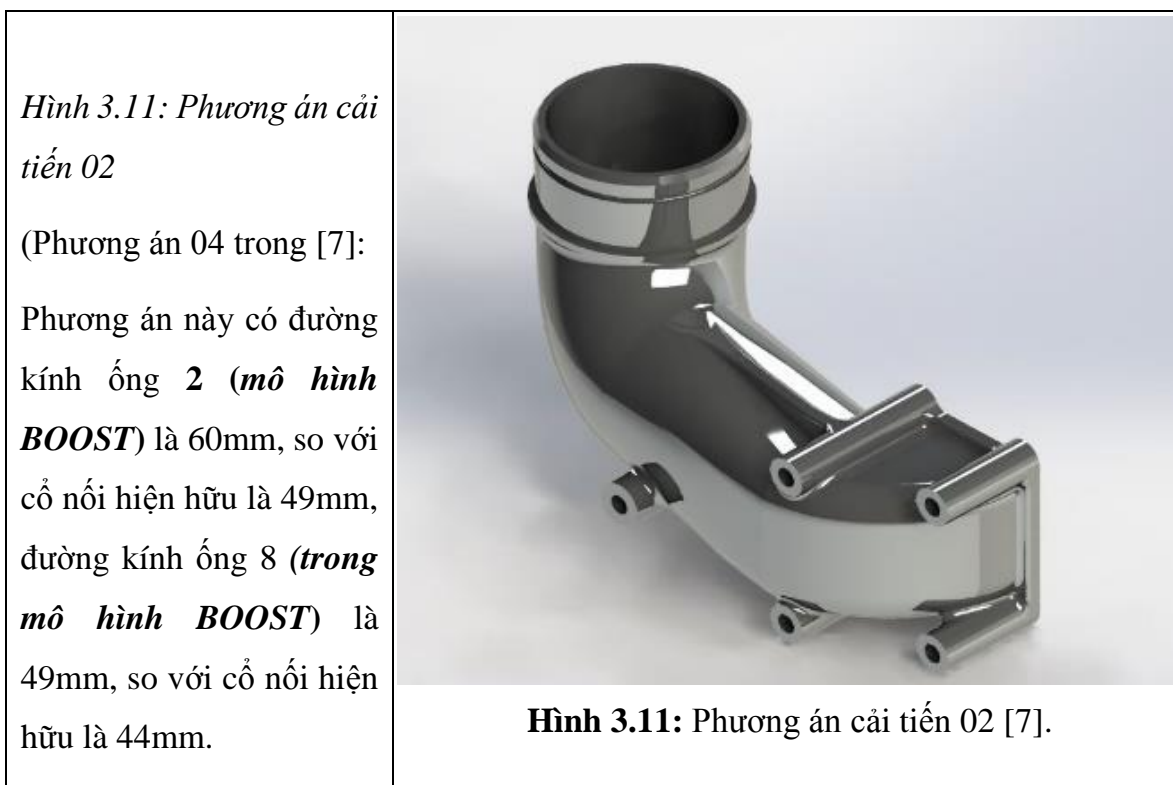
Hình 3.10: Phương án cải tiến 01:

Phương án 02 trong [7]:

Phương án này có độ cong theo ống số 8 (**trong mô hình BOOST**) là 90mm, so với cổ nối hiện hữu là 40mm.



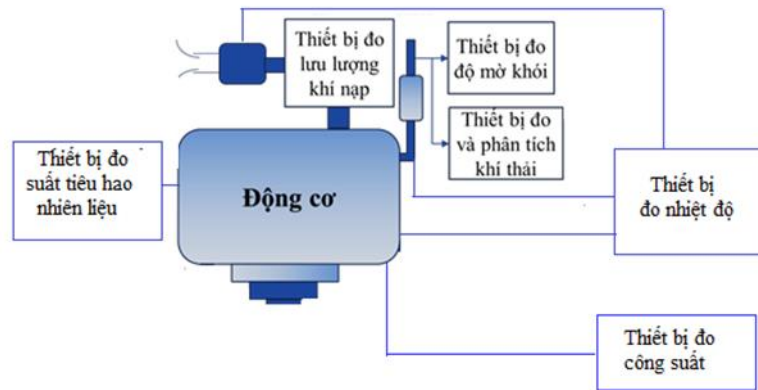
Hình 3.10: Phương án cải tiến 01 [7].



Bài toán mô phỏng dòng khí nạp trong cả hòng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 (bao gồm phần hòng nạp bên trong lẫn bên ngoài nắp xylanh) là bài toán lớn. Đòi hỏi rất nhiều tài nguyên máy tính cũng như thời gian mô phỏng cho một trường hợp. Vì vậy, tác giả chia nghiên cứu này làm hai giai đoạn nghiên cứu: phần một là cải tiến phần hòng nạp bên ngoài nắp xylanh, phần hai là nghiên cứu cải tiến phần hòng nạp bên trong nắp xylanh. Kết quả nghiên cứu của phần một sẽ là điều kiện đầu vào cũng phần hai.

3.2.1 Sơ đồ thực nghiệm và nguyên lý vận hành

Động cơ được bố trí và lắp đặt trên băng thử tải thực tế tại công ty SVEAM. Các cảm biến và thiết bị đo nhiệt độ, áp suất, và khối lượng không khí nạp được bố trí như hình 3.12 Các phương án hòng nạp lần lượt được thay thế vào động cơ để chạy thực nghiệm và đánh giá các thông số kỹ thuật: công suất, moment, suất tiêu hao nhiên liệu).



Hình 3.12: Sơ đồ bố trí thí nghiệm.



Hình 3.13: Thực nghiệm đánh giá tính năng hoạt động và hệ số nạp của động cơ VIKYNO RV165-2.

3.2.2 Các thiết bị thí nghiệm tại công ty SVEAM

Các thiết bị đo đặc tại công ty SVEAM: thiết bị tạo tải bằng thủy lực (Hydraulic dynamometer. Model: PTB – 100 RH – B) và bộ hiển thị tín hiệu (Model: FLA – 102RV DIGIAL LOAD INDICATOR), cảm biến đo số vòng quay, thiết bị đo suất tiêu hao nhiên liệu đã được tổng cục tiêu chuẩn và đo lường chất lượng TRUNG

TÂM KỸ THUẬT VÀ ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 đo kiểm và chứng nhận (*phụ lục 2*)

3.2.3 Phương pháp đo và xử lý số liệu

3.2.3.1 Phương pháp đo

Đối với từng phương án thiết kế hòng nạp. Ta thực hiện phép đo tuần tự như sau:

- Chạy rà không tải động cơ 15 phút.
- Chạy đánh giá đường đặc tính ngoài:
 - Kéo cần ga max để động cơ đạt số vòng quay cực đại 2550v/ph
 - Bắt đầu đặt tải vào động cơ (moment) để số vòng quay của động cơ giảm dần tới các điểm đo là: 2400, 2200, 2000, 1800, 1600v/ph
 - Ở mỗi điểm đo ta ghi nhận lại các thông số: nhiệt độ và áp suất dòng không khí nạp, nhiệt độ và áp suất khí quyển, khối lượng dòng không khí nạp, mô men, suất tiêu hao nhiên liệu.
- Chạy đánh giá điểm công suất định mức (công suất = 14 Hp (10,29kW) tại số vòng quay = 2200 v/ph). Điểm công suất nhà cung cấp khuyến cáo người tiêu dùng sử dụng):
 - Cài đặt động cơ hoạt động ở số vòng quay 2200 v/ph và moment kéo của động cơ là 44,6 (N.m) tương ứng với công suất là 14Hp (10,29 kW).
 - Ở điểm đo này ta cũng thu thập những số liệu nhiệt độ và áp suất dòng không khí nạp, nhiệt độ và áp suất khí quyển, khối lượng dòng không khí nạp, suất tiêu hao nhiên liệu.
 - Mỗi điểm đo được thực hiện 03 lần để lấy giá trị trung bình.

3.2.3.2 Phương pháp xử lý số liệu

Các thông số nhiệt độ, áp suất của dòng khí nạp và khối lượng của dòng không khí nạp được đo nhằm mục đích tính toán hệ số nạp của từng phương án theo công thức:

$$\eta_v = \frac{\dot{V}_{att}}{\dot{V}_{alt}} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{V}_{alt} \rho_k} \quad (3.1)$$

Với:

η_v : hệ số nạp (%)

\dot{V}_{att} : là thể tích nạp lý thuyết (m^3)

\dot{m}_a : khối lượng không khí nạp thực tế (kg/h)

ρ_k : là khối lượng riêng của không khí trên đường nạp (kg/m^3)

Đồng thời khi ta phân tích ρ_k , ta được phương trình như sau:

$$\rho_k = \rho_0 \frac{p_k}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_k} \quad (3.2)$$

Trong đó:

ρ_0 : là khối lượng riêng của không khí ở điều kiện bình thường (kg/cm^3)

p_k, p_0 : lần lượt là áp suất của không khí ở ống nạp và của khí trời (bar)

T_k, T_0 : lần lượt là nhiệt độ của không khí trên đường nạp và của điều kiện bình thường (K)

Thể tích không khí nạp lý thuyết theo thời gian, khi phân tích ta được:

$$V_{alt} = \frac{V_h}{t} = \frac{V_h}{\frac{30\tau}{n}} = \frac{V_h \cdot n}{120} \quad (3.3)$$

Trong đó:

V_h : là thể tích công tác của động cơ VIKYNO RV165-2 (m³)

τ : là số kỳ của động cơ ($\tau = 4$ do sử dụng động cơ diesel 4 kỳ)

n : là số vòng quay của động cơ (vòng/phút)

Để khai triển phương trình (3.1), thay đồng thời cả 2 phương trình (3.2) và (3.3) vào (3.1), ta được:

$$\eta_v = \frac{120 \cdot m_a}{\left(\rho_0 \frac{p_k}{p_0} \cdot \frac{T_k}{T_0} \right) \cdot V_h \cdot n} \quad (3.4)$$

Với: $V_h = 839 \text{ (cm}^3\text{)} = 839 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$

η_v : là hệ số nạp

ρ_0 : là hằng số, $\rho_0 = 1,29 \text{ (kg/m}^3\text{)}$.

p_k, p_0 : được đo thông qua thí nghiệm nhờ thiết bị đo áp suất (bar).

m_a được đo thông qua thiết bị đo khối lượng không khí nạp (kg/h).

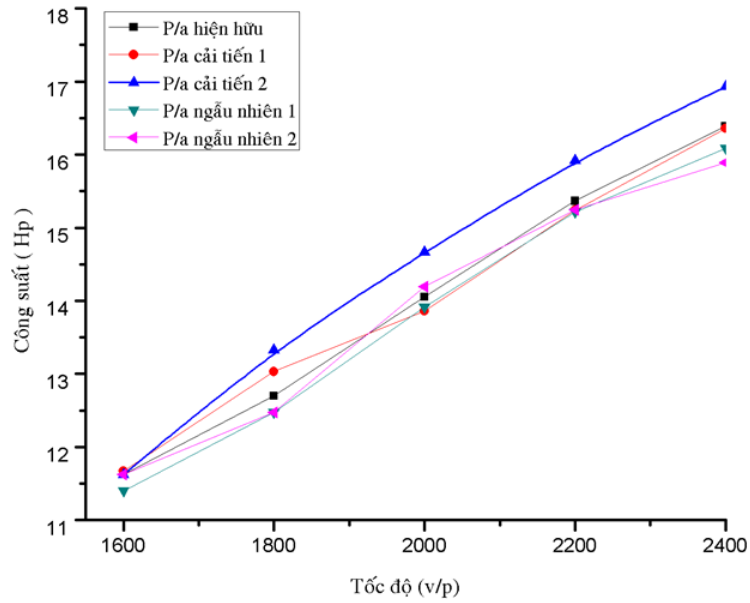
T_k, T_0 được đo thông qua các cảm biến nhiệt độ (K).

3.2.4 Kết quả cải tiến hòng nạp bên ngoài nắp xy lanh (cổ nối bộ lọc gió)

(Phụ lục 3)

3.2.4.1. Đặc tính làm việc của động cơ

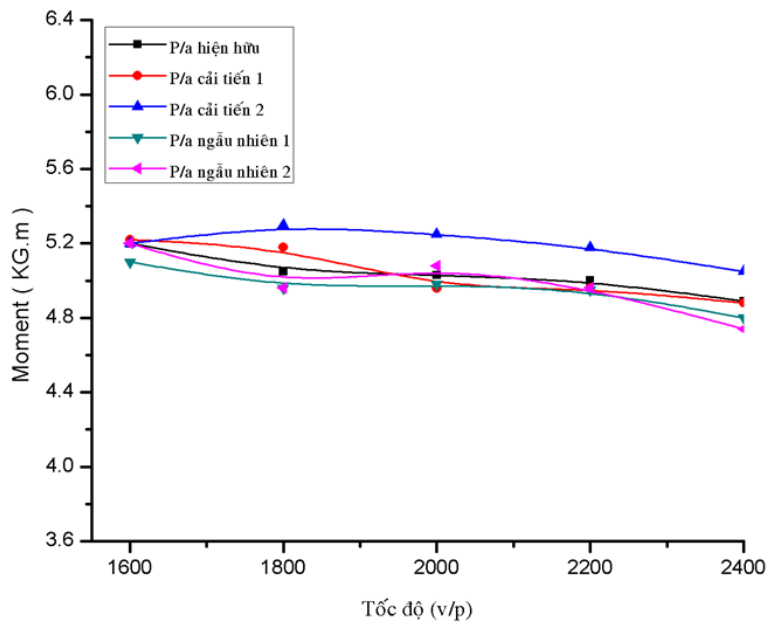
a. Công suất



Hình 3.14: Đồ thị so sánh công suất các phương án thực nghiệm.

Hình 3.14 cho thấy phương án cải tiến họng nạp (cổ nổi bộ lọc gió) số 2 cho kết quả tốt hơn các phương án còn lại. Dãy công suất tăng từ trải đều từ vận tốc 1600 ÷ 2400 vòng/phút. Công suất max tăng 2,61% từ 16,5 Hp lên 16,93 Hp so với phương án hiện hữu.

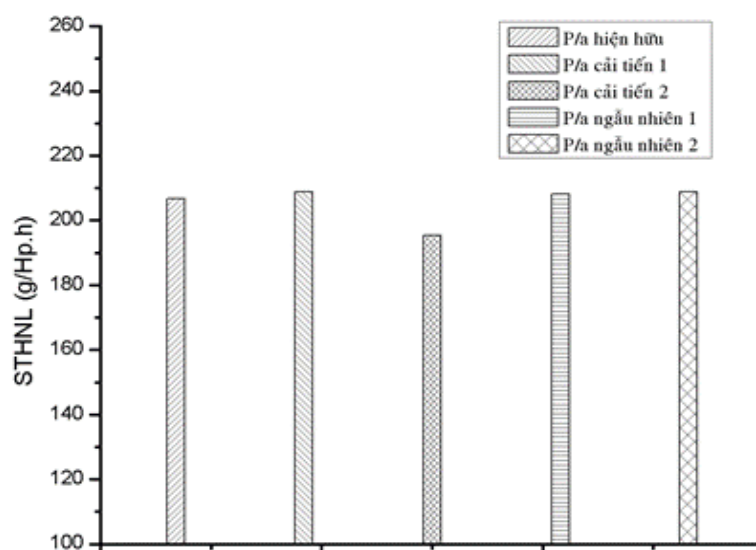
b. Moment



Hình 3.15: Đồ thị so sánh moment các phương án thực nghiệm.

Hình 3.15 cho thấy phương án cải tiến họng nạp (cổ nối bộ lọc gió) số 2 cũng cho kết quả tốt hơn các phương án còn lại. Dãy moment tăng từ trải đều từ vận tốc 1600 ÷ 2400 vòng/phút. Moment max tăng 2,32% từ 5,22 Kg.m lên 5,3 Kg.m so với phương án hiện hữu.

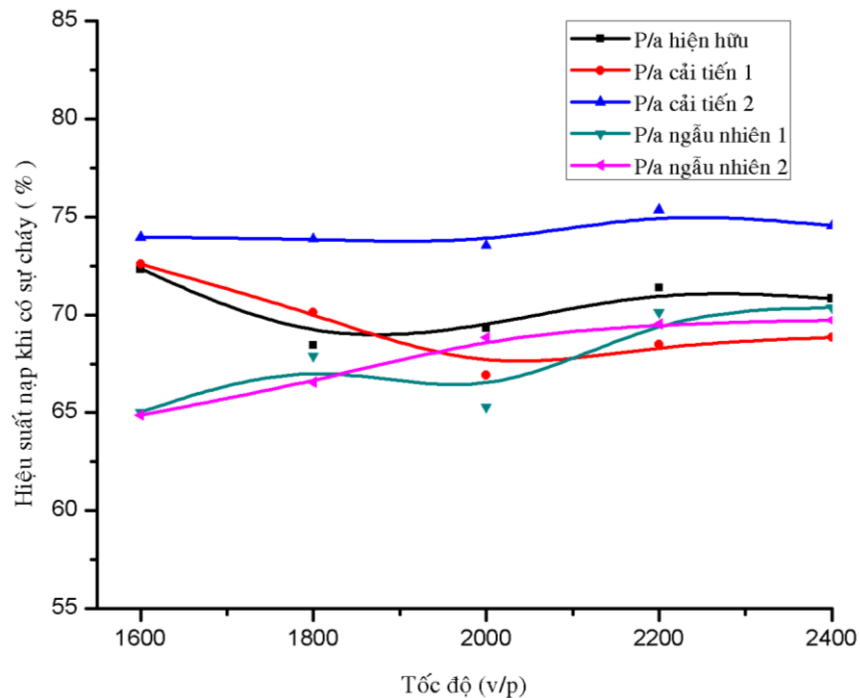
c. Suất tiêu hao nhiên liệu tại công suất định mức (Công suất = 14,5Hp tại số vòng quay 2200 vòng/phút)



Hình 3.16: So sánh suất tiêu hao nhiên liệu tại công suất định mức các phương án thực nghiệm.

Hình 3.16 cho thấy phương án cải tiến họng nạp số 2 cho kết quả suất tiêu nhiên liệu ở công suất định mức thấp nhất. Kết quả giảm 10,56 g/HP.h so với phương án hiện hữu theo động cơ.

3.2.4.2 Hệ số nạp



Hình 3.17: So sánh hệ số nạp các phương án thực nghiệm.

Hình 3.17 cho thấy sự vượt trội về giá trị của hệ số nạp của phương án cải tiến họng nạp số 2 so với các phương án còn lại. Hệ số nạp tăng trải dài trên các vùng vận tốc 1600 ÷ 2400 vòng/phút. Hệ số nạp tăng trung bình 5,42% so với phương án họng nạp hiện hữu tại các điểm đo.

3.2.5 Nhận xét kết quả cải tiến hình dạng họng nạp bên ngoài nắp xylanh (Cổ nối bộ lọc gió)

Các đặc tính làm việc quan trọng của động cơ như: công suất, moment, suất tiêu hao nhiên liệu và hệ số nạp của 05 phương án họng nạp (bên ngoài nắp xylanh) khác nhau đã được tiến hành đánh giá thực nghiệm. Kết quả nghiên cứu có được như sau:

- Các họng nạp (bên ngoài nắp xylanh) với biên dạng hình học khác nhau có ảnh hưởng đáng kể đến đặc tính năng làm việc (công suất, moment, suất tiêu hao nhiên liệu) và khí thải động cơ Diesel 1 xylanh, phun trực tiếp. Sự thay đổi các biên dạng hình học từ việc tăng đường kính cho

tới việc kéo dài hòng nạp cho ta có cái nhìn tổng quan về biên dạng hòng nạp phù hợp cho động cơ VIKYNO RV165-2 nhằm mục đích nâng cao hệ số nạp, cải thiện đặc tính làm việc của động cơ VIKYNO RV165-2.

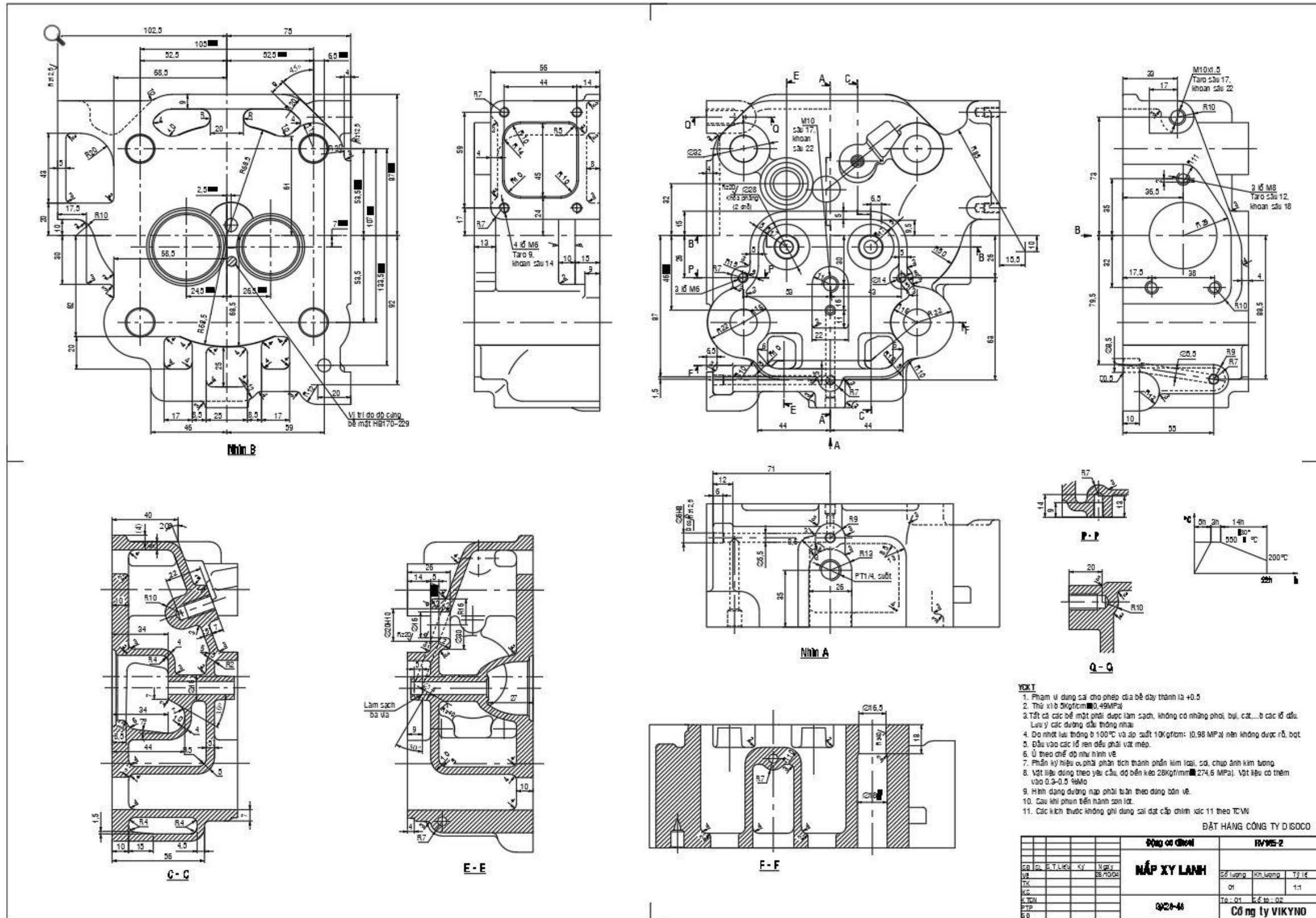
- Kết quả thực nghiệm cho thấy phương án cải tiến 02 cho các giá trị về: hệ số nạp, công suất, moment, suất tiêu hao nhiên liệu tại các thời điểm được nâng cao hơn đáng kể so với phương án hiện hữu. Hệ số nạp tăng trung bình tăng 5,42% ở tất cả các điểm đo thực nghiệm, So với phương án hiện hữu theo động cơ thì công suất max tăng 2,61%, moment max sinh ra tăng 2,32% và suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức giảm 5,13% (từ 206 g/ Hp.h xuống còn 195,44 g/ Hp.h). Có nghĩa là: nếu để động cơ hoạt động ở công suất định mức mỗi ngày 08 giờ trong 01 năm thì lượng nhiên liệu ít tiêu tốn là 520 lít (chi phí vận hành giảm gần 9.063.00 triệu đồng nếu giá dầu Diesel là 16.940 nghìn đồng 01 lít, giá dầu Diesel tại thời điểm tháng 07 năm 2019).

3.3 Cải tiến biên dạng họng nạp bên trong nắp xylanh

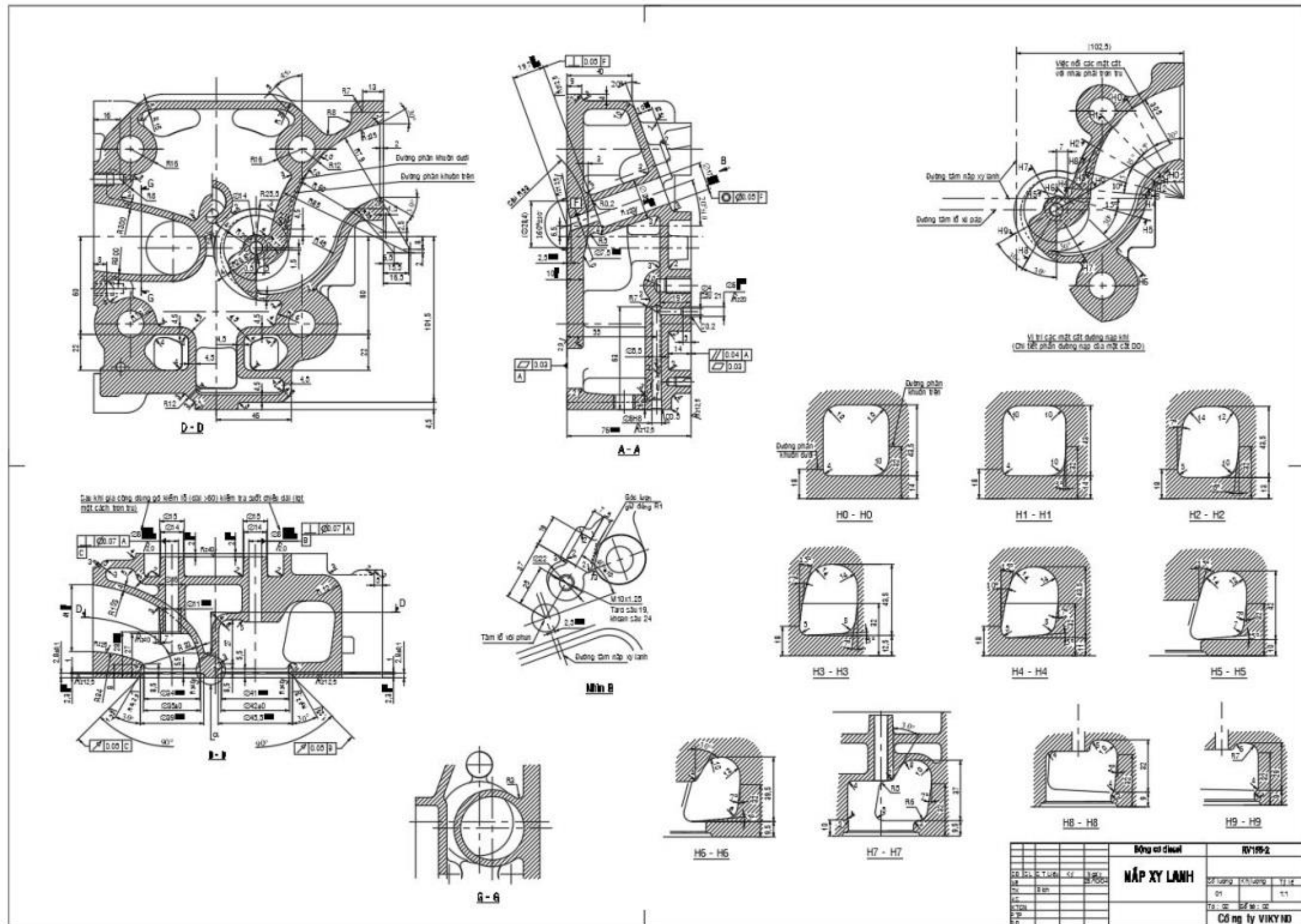
3.3.1 Tham số hóa cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2

3.3.1.1 Xác định tham số

Trong động cơ Diesel nói chung và động cơ VIKYNO RV165-2 nói riêng thì họng nạp là một trong những chi tiết có biên dạng hình học phức tạp nhất. Vì thế cho nên để diễn tả được nó bằng bản vẽ kỹ thuật là điều không đơn giản.

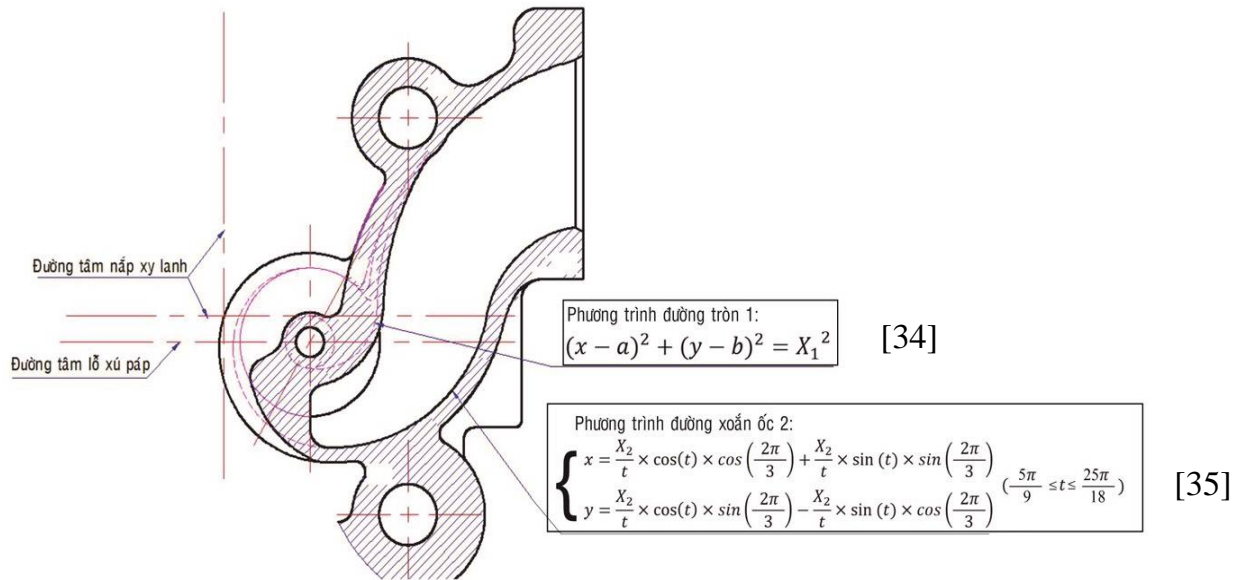


Hình 3.18: Bản vẽ chế tạo nắp xy lanh động cơ VIKYNO RV165-2 của SVEAM/1

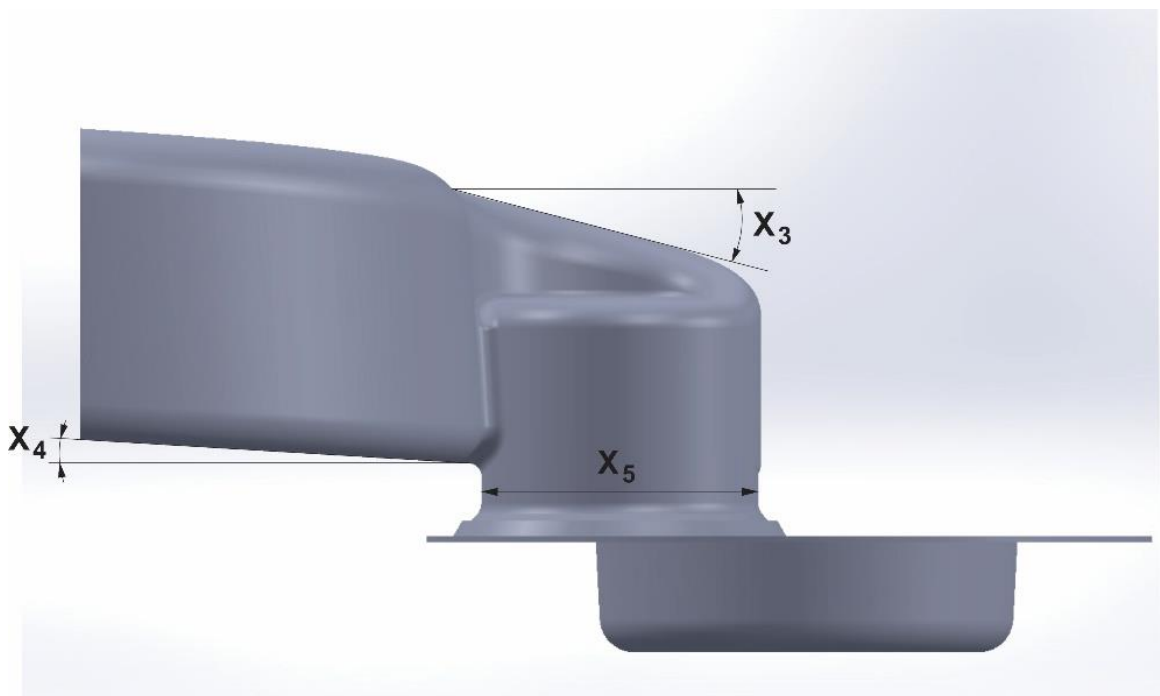


Hình 3.19: Bản vẽ chế tạo nắp xy lanh động cơ VIKYNO RV165-2 của SVEAM/2

Có gần 120 kích thước thiết kế cụm hộp nạp động cơ VIKYNO RV165-2 phục vụ cho việc gia công chế tạo. Để thuận lợi cho việc tính toán mô phỏng và cải tiến hóa thì cụm hộp nạp động cơ VIKYNO RV165-2 thì các kích thước trọng yếu được tham số hóa bằng hàm số và các biến như sau:



Hình 3.20: Hàm số thể hiện các đường sinh của hộp nạp



Hình 3.21: Các kích thước hình học quan trọng.

Các tham số và điều kiện biên của các tham số được thống kê trong bảng sau bên dưới:

Bảng 3.3: Các tham số thiết kế cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2.

STT	Các tham số (biến thiết kế)	Giá trị hiện hữu	Điều ràng buộc (Điều kiện không phá vỡ kết cấu đường nạp)	Diễn giải
1	X_1	17	$15 \leq X_1 \leq 18$	Bán kính phương trình đường tròn 01: Giá trị cận dưới và cận trên đảm bảo rằng khi hình dạng hình học của họng nạp thay đổi theo tham số thì kết cấu ban đầu của nắp xylanh vẫn không thay đổi. Bán kính phương trình đường tròn 01: Giá trị cận dưới và cận trên đảm bảo rằng khi hình dạng hình học của họng nạp thay đổi theo tham số thì kết cấu ban đầu của nắp xylanh vẫn không thay đổi. (các hệ số a ,b trong phương trình đường tròn 1 là tọa độ tâm của đường tròn này và có thể thay đổi khi X_1 thay đổi nhưng phải đảm bảo điều kiện tiếp tuyến ở vị trí giao nhau của các cung tròn).
2	X_2	103	$102 \leq X_2 \leq 105$	Hệ số phương trình đường xoắn ốc 2: Giá trị cận dưới và cận trên đảm bảo rằng khi hình dạng hình học của họng nạp thay đổi theo tham số thì

				kết cấu ban đầu của nắp xy lanh vẫn không thay đổi.
3	X ₃	12,5 độ	11 ; 12 ; 13	Góc nghiêng trên: Giá trị cận dưới và cận trên đảm bảo rằng khi hình dạng hình học của họng nạp thay đổi theo tham số thì kết cấu ban đầu của nắp xy lanh vẫn không thay đổi.
4	X ₄	3,5 (độ)	2 ; 3 ; 4	Góc nghiêng dưới: Góc nghiêng thoát khuôn trong quá trình đúc, thường là các giá trị nguyên dương, và ảnh hưởng không lớn tới quá trình nạp
5	X ₅	40 (mm)	40 ; 41 ; 42	Đường kính lỗ xúpáp: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Phải là giá trị nguyên dương để đảm bảo về mặt công nghệ gia công ▪ Giá trị cận dưới đảm bảo lưu lượng không khí tối thiểu để đảm bảo công suất tối đa của động cơ là 16,5Hp ▪ Giá trị cận trên đảm bảo không phá vỡ kết cấu của nắp xy lanh hiện hữu

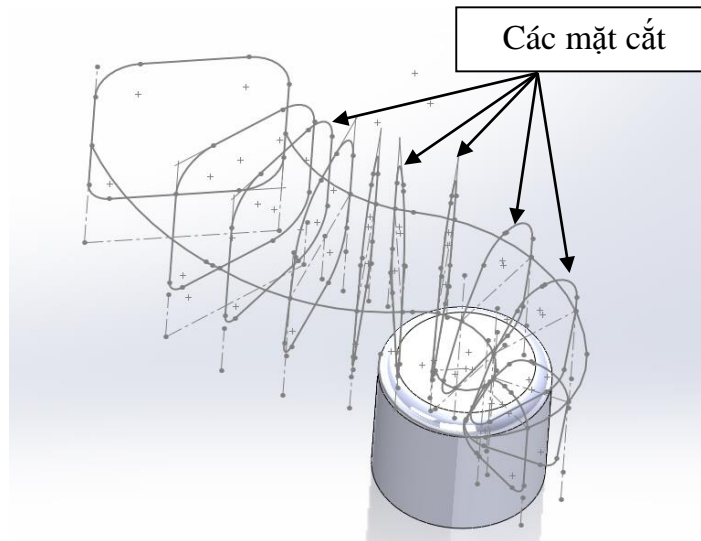
3.3.1.2 So sánh mô hình 3D cụm họng nạp dựng bằng phương pháp hiện hữu và phương pháp tham số

a. Mô hình 3D dựng bằng phương pháp hiện hữu

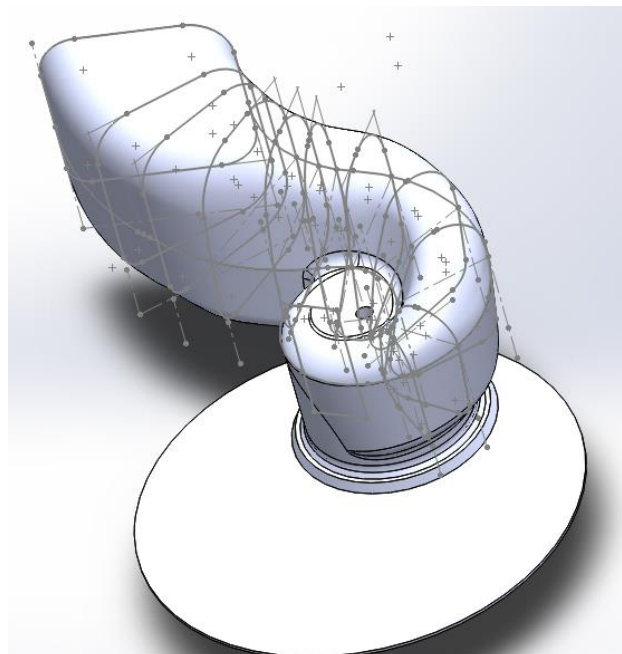
Với phương pháp hiện hữu mà Công Ty SVEAM đang sử dụng:

- Khâu thiết kế 2D: Đường nạp xoắn ốc được mô tả bằng nhiều mặt cắt tại các vị trí khác nhau và các mặt cắt này nối với nhau bởi các đường cong nằm trên mặt phân khuôn trên và mặt phân khuôn dưới.

- Khâu mô hình hóa 3D bằng Solidworks: Với cách thiết kế 2D như trên. Chúng ta chỉ có một phương pháp dựng hình 3D duy nhất là sử dụng lệnh LOFT để nối các mặt cắt lại với nhau. Hạn chế của việc dựng hình này là phụ thuộc rất nhiều vào cách nội suy của phần mềm khi tạo khối các mặt cắt lại với nhau.



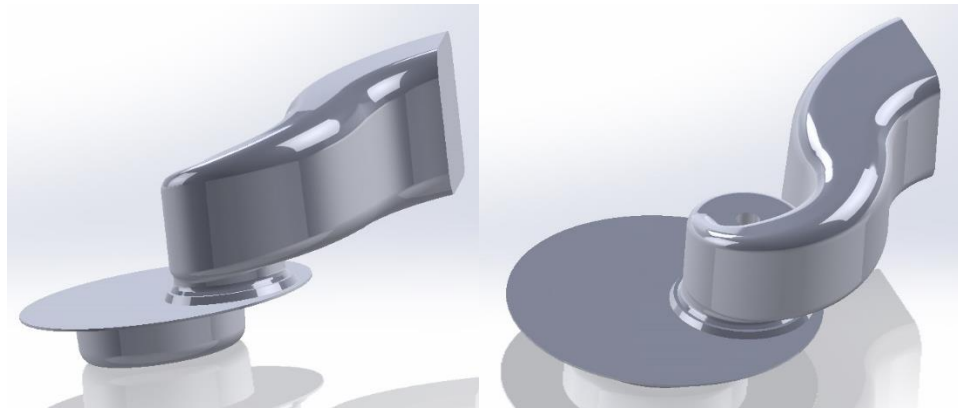
Hình 3.23: Các mặt cắt dựng trong Solidworks.



Hình 3.24: Đường nạp xoắn ốc dựng bằng phương pháp cũ (phương pháp nối các mặt cắt lại với nhau).

b. Mô hình 3D dựng bằng phương pháp tham số

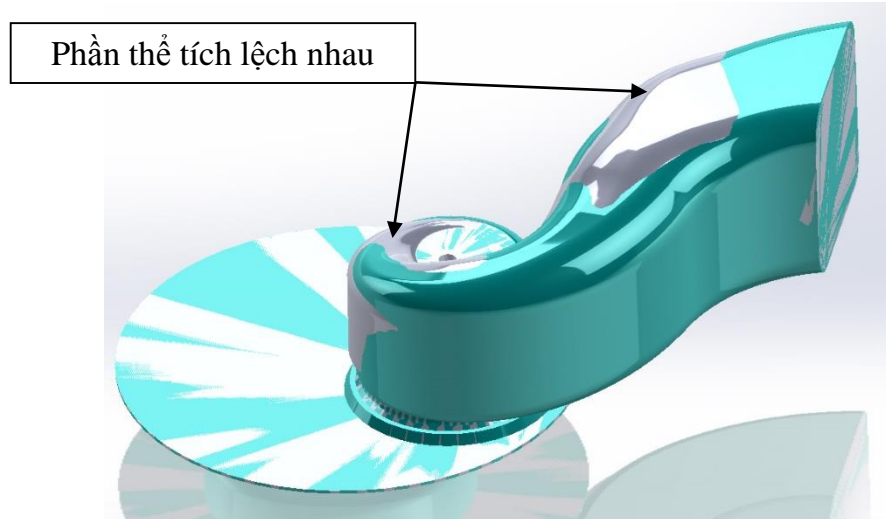
- Khâu thiết kế 2D: Giữ nguyên kích thước phủ bì và các kích thước không được tham số hóa. Thay thế biên dạng các mặt cắt bằng các biên đã được tham số.
- Khâu thiết kế 3D: Biên dạng của đường nạp xoắn ốc hoàn toàn được kiểm soát bằng các biên thiết kế bằng cách kết hợp các lệnh: Extruded, Extruded–Cut và VarFillet trong Solidworks. Hạn chế tối đa sử dụng lệnh Loft từ đó giảm đi rất nhiều việc nội suy từ phần mềm.



Hình 3.25: Đường nạp xoắn ốc dựng bằng phương pháp tham số.

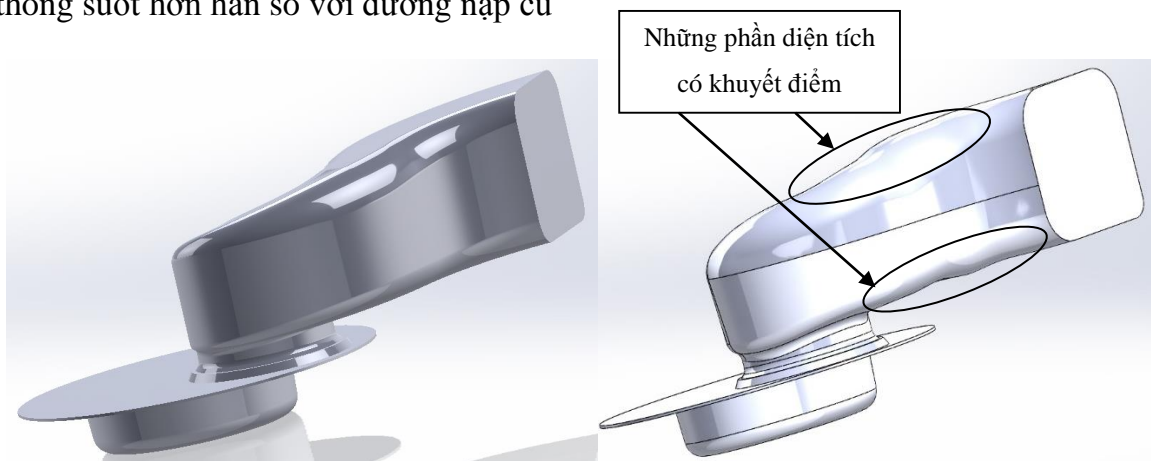
c. Đánh giá kết quả

Sự khác biệt về thể tích của đường nạp xoắn ốc dựng bằng phương pháp tham số không quá 1,5 % so với đường nạp nguyên thủy. Hơn nữa, việc đồng bộ các tham số thiết kế với lệnh “Design Table” trong phần mềm Solidworks giúp cho việc thay đổi hình dạng của các mô hình hống nạp tương ứng với từng bộ tham số diễn ra liên tục và gần như ngay lập tức mà không cần vẽ lại mô hình 3D trong Solidworks. Từ đó, thúc đẩy quá trình cải tiến hình dạng hống nạp diễn ra liên tục, và có thể thực hiện nhiều phép thử bằng phương pháp mô phỏng, làm cơ sở dữ liệu cho việc xây dựng giải thuật tối ưu hóa biên dạng hống nạp hình xoắn ốc của động cơ này trong tương lai.



Hình 3.26: So sánh mô hình 3D của hai phương án.

Đường nạp xoắn ốc dựng bằng phương pháp tham số tròn mượt, nhẵn và thông suốt hơn hẳn so với đường nạp cũ



Hình 3.27: Hình ảnh so sánh hai phương pháp dựng đường nạp bằng phương pháp tham số và phương pháp hiện hữu.

3.3.2 Xây dựng - hiện thực quy trình tự động tính toán mô phỏng kỳ nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2 và thực nghiệm đối chứng

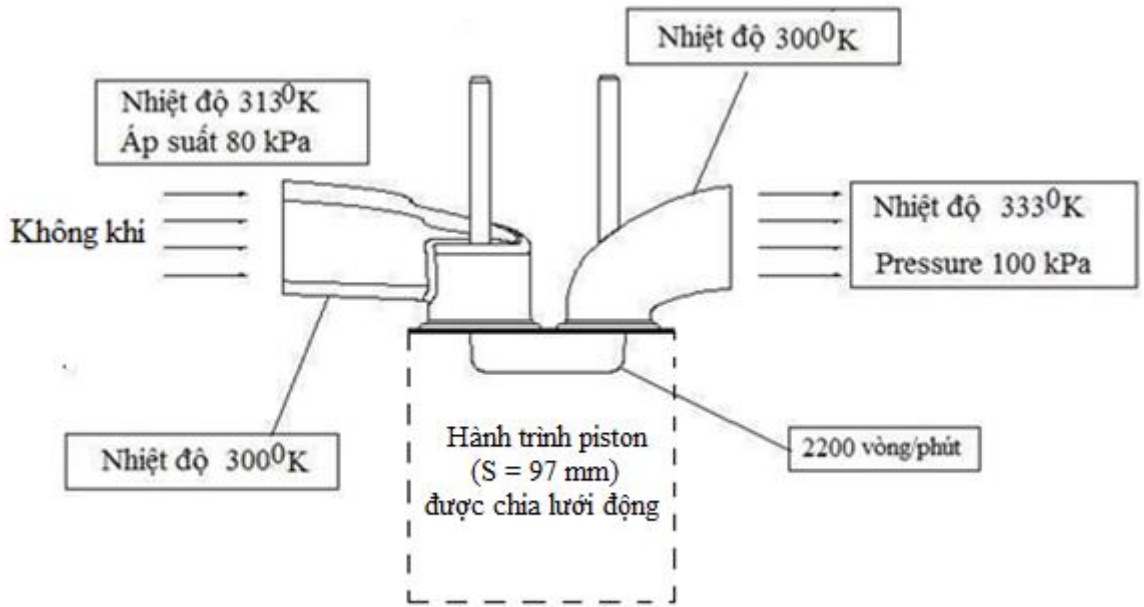
3.3.2.1 Xây dựng – thực hiện quy trình tự động tính toán mô phỏng kỳ nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2

a. Điều kiện biên và các thông số thiết lập mô hình mô phỏng số trong Ansys-Fluent

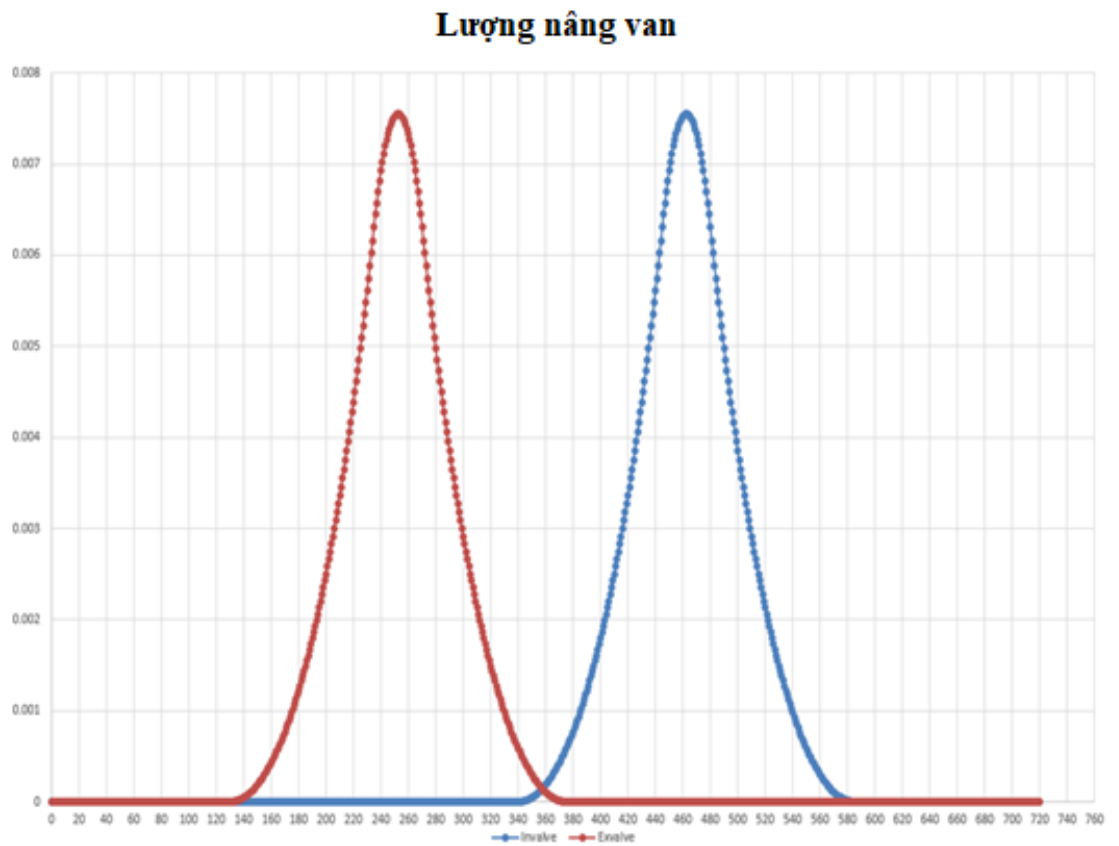
Điều kiện biên và các thông số thiết lập mô hình mô phỏng kỳ nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2 được trình bày trong bảng bên dưới:

Bảng 3.4: Điều kiện biên và thông số thiết lập mô hình trong Ansys-Fluent

STT	Thông số	Giá trị/Lựa chọn
1	Loại mô phỏng	Mô phỏng lưu chất (Cold Flow Simulation)
2	Chiều dài thanh truyền	158 mm
3	Bán kính quay trục khuỷu	48,5 mm
4	Hành của piston	97 mm
5	Cơ cấu trục khuỷu thanh truyền giao tâm	0 mm
6	Độ nâng van tối thiểu	0,2 mm
7	Kích thước lưới nhỏ nhất	0,334 mm
8	Kích thước lưới lớn nhất	1,5 mm
9	Tốc độ quay của động cơ	2200 vòng/phút
10	Nhiệt độ ở đầu vào họng nạp	313 °K
11	Áp suất ở đầu vào họng nạp	80 kPa
12	Nhiệt độ ở đầu đường thải	333 °K
13	Áp suất ở đầu đường thải	100 kPa
14	Nhiệt độ ở piston	480 °K

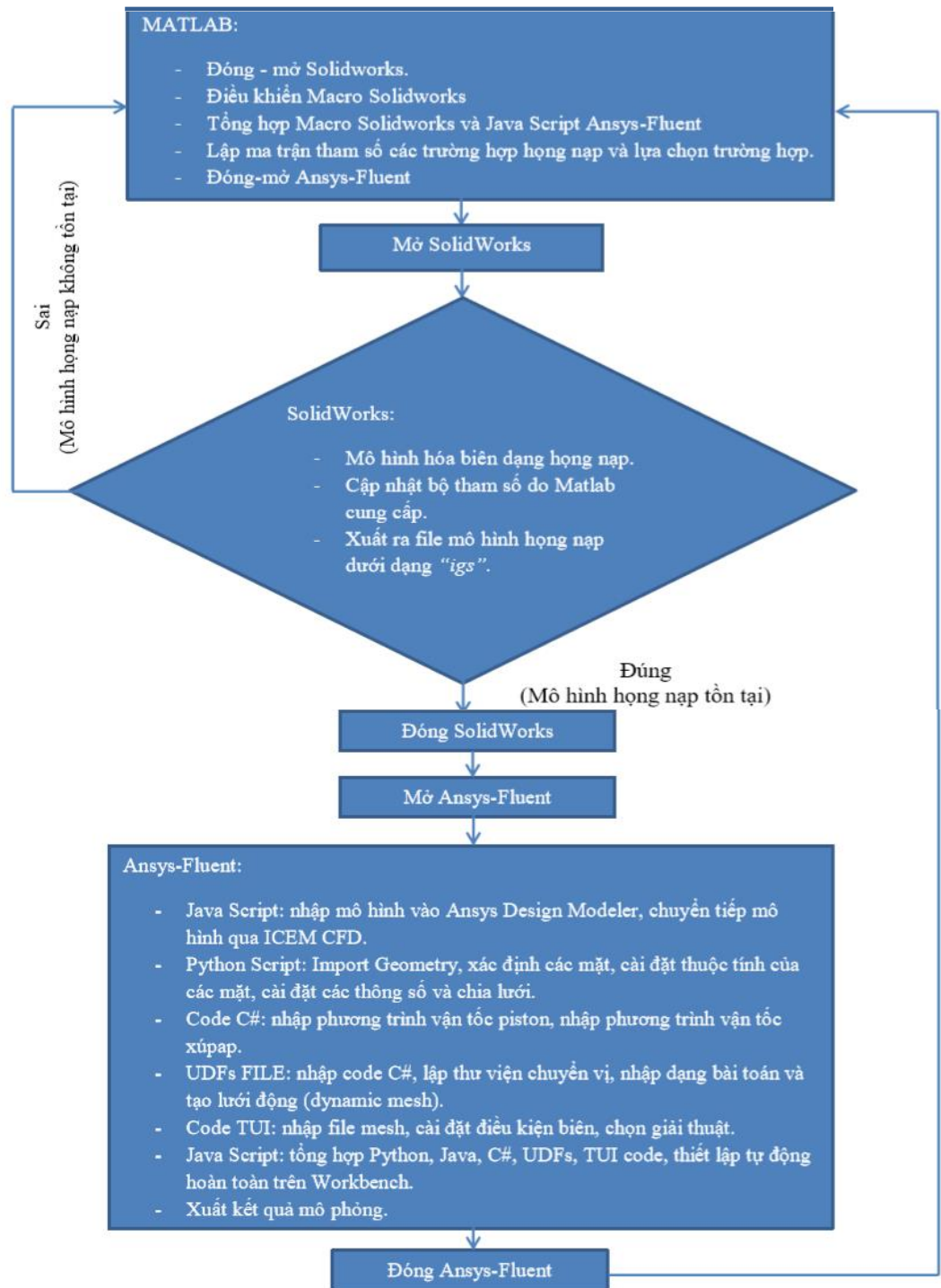


Hình 3.28: Điều kiện biên cho mô hình mô phỏng kỳ nạp-nén của động cơ VIKYNO RV165-2 trong Ansys-Fluent.



Hình 3.29: Độ năng xúp nạp và thải theo góc quay trục khuỷu.

b. Quá trình thực hiện quy trình tự động tính toán mô phỏng kỳ nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2 (Matlab giữ vai trò là phần mềm nền).



Hình 3.30: Lưu đồ thực hiện quy trình tính toán kỳ nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2.

- *Sử dụng Solidworks:*
 - Xây dựng mô hình 3D cụm hộp nạp động cơ VIKYNO RV165-2 bằng các tham số đã xây dựng. Đảm bảo rằng khi tùy chỉnh các tham số trong giới hạn biên trên và biên dưới thì mô hình vẫn tồn tại (không báo lỗi).
 - Viết file Macro để tùy chỉnh các tham số
 - Lập ma trận tham số để lựa chọn các trường hợp
- *Sử dụng Code Java Script (Phụ lục 4)*
 - Để nhập (import) mô hình hộp nạp “.igs” vào trong Ansys Design Modeler.
 - Để chuyển tiếp mô hình vào mô – đun ICEM CFD trong Ansys làm tiền đề cho việc chia lưới và đặt điều kiện biên.
- *Sử dụng Code Python Script (Phụ lục 5)*
 - Nhập mô hình hình học hộp nạp vào trong Fluent (import geometry).
 - Xác định và đặt tên các mặt trong mô hình.
 - Cài đặt các thuộc tính của các mặt.
 - Cài đặt các thuộc tính lưới và thực hiện quá trình chia lưới tự động.
- *Sử dụng Code C# (Phụ lục 6)*
 - Viết phương trình vận tốc của Piston
 - Viết phương trình vận tốc của xúpap
- *Sử dụng UDFs File (Phụ lục 7)*
 - Nhập code C# vào chương trình Fluent.
 - Lập thư viện chuyển vị của Piston và xúpap
 - Nhận diện bài toán và tự động chia lưới động (Dynamic Mesh) cho mô hình. Đến đây mô hình cụm hộp nạp đã được chia lưới thành công. Hay nói cách khác file hình học có định dạng “X₁ - X₂ - X₃ - X₄ - X₅ - . igs ” đã chuyển thành file có định dạng “X₁ - X₂ - X₃ - X₄ - X₅ - . mesh ”

- *Sử dụng Code Text User Interface (TUI) (Phụ lục 8)*
 - Nhập file “X₁ - X₂ - X₃ - X₄ - X₅ - . mesh” Ansys – Fluent
 - Cài đặt điều kiện biên cho bài toán.
 - Chọn giải thuật để giải quyết bài toán.
- *Sử dụng Code Java Script (Phụ lục 9)*
 - Tổng hợp các code Python, Java, C#, UDFs, TUI.
 - Thiết lập chương trình hoàn toàn tự động trên Ansys Workbench
- *Sử dụng Matlab (Phụ lục 10)*
 - Thực hiện việc đóng mở phần mềm Solidworks
 - Điều khiển Macro Solidworks. Ứng với từng trường hợp hạng nạp của một bộ tham số nhất định, Matlab sẽ lưu lại thành một file có định dạng “X₁ - X₂ - X₃ - X₄ - X₅ - . igs ” trong một folder được định sẵn.
 - Thực hiện việc đóng mở phần mềm Ansys – Fluent
 - Đảm bảo các vòng lặp diễn ra liên tục.

c. Kết quả quá trình tự động tính toán mô phỏng bằng Ansy-Fluent

Trong phạm vi nghiên cứu này, ban đầu tác giả chọn 100 bộ tham số để tiến hành mô phỏng. Các bộ tham số này được chọn trên nguyên tắc: lựa chọn các điểm nằm ở góc và chọn theo phân phối đều ở bên trong nhằm đảm bảo bộ dữ liệu có thể phủ được hầu hết các điểm dữ liệu khác cần nội suy.

Bảng 3.5: Kết quả chạy mô phỏng tự động bằng Ansys – Fluent.

Số thứ tự	Tham số					Hệ số nạp	Vai trò 1: mẫu huấn luyện. 2: mẫu đánh giá chéo. 3: mẫu kiểm tra.
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅		
1	15,75	102,75	11,50	2,50	40,00	76,800	1
2	17,25	102,75	11,50	2,50	40,00	79,418	1
3	15,75	104,25	11,50	2,50	40,00	78,150	1
4	17,25	104,25	11,50	2,50	40,00	78,735	1
5	15,75	102,75	12,50	2,50	40,00	77,954	1
6	17,25	102,75	12,50	2,50	40,00	78,864	2

Số thứ tự	Tham số					Hệ số nạp	Vai trò 1: mẫu huấn luyện. 2: mẫu đánh giá chéo. 3: mẫu kiểm tra.
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅		
7	15,75	104,25	12,50	2,50	40,00	78,082	3
8	17,25	104,25	12,50	2,50	40,00	77,830	1
9	15,75	102,75	11,50	3,50	40,00	77,847	3
10	17,25	102,75	11,50	3,50	40,00	78,089	1
11	15,75	104,25	11,50	3,50	40,00	79,273	3
12	17,25	104,25	11,50	3,50	40,00	78,062	2
13	15,75	102,75	12,50	3,50	40,00	74,692	1
14	17,25	102,75	12,50	3,50	40,00	77,562	1
15	15,75	104,25	12,50	3,50	40,00	78,086	2
16	17,25	104,25	12,50	3,50	40,00	77,652	3
17	15,75	102,75	11,50	2,50	42,00	78,120	2
18	17,25	102,75	11,50	2,50	42,00	78,112	3
19	15,75	104,25	11,50	2,50	42,00	77,814	1
20	17,25	104,25	11,50	2,50	42,00	78,141	1
21	15,75	102,75	12,50	2,50	42,00	78,157	1
22	17,25	102,75	12,50	2,50	42,00	78,119	1
23	15,75	104,25	12,50	2,50	42,00	78,265	1
24	17,25	104,25	12,50	2,50	42,00	78,119	3
25	15,75	102,75	11,50	3,50	42,00	78,386	2
26	17,25	102,75	11,50	3,50	42,00	77,996	2
27	15,75	104,25	11,50	3,50	42,00	78,069	2
28	17,25	104,25	11,50	3,50	42,00	78,163	1
29	15,75	102,75	12,50	3,50	42,00	78,122	1
30	17,25	102,75	12,50	3,50	42,00	78,099	2
31	15,75	104,25	12,50	3,50	42,00	78,445	1
32	17,25	104,25	12,50	3,50	42,00	78,143	2
33	16,50	103,50	12,00	3,00	41,00	78,108	2
34	17,80	104,93	12,77	2,02	40,00	78,403	1
35	17,76	104,87	12,98	2,05	40,00	78,023	1
36	17,72	104,54	12,52	3,87	40,00	78,076	1
37	15,00	102,03	12,89	2,00	40,00	77,996	3
38	15,00	102,00	11,00	2,00	40,00	78,239	1
39	18,00	102,00	11,00	2,00	40,00	78,779	1
40	15,00	105,00	11,00	2,00	40,00	80,666	1
41	18,00	105,00	11,00	2,00	40,00	79,076	1
42	15,00	102,00	13,00	2,00	40,00	78,107	1
43	18,00	102,00	13,00	2,00	40,00	78,107	1
44	15,00	105,00	13,00	2,00	40,00	78,061	1

Số thứ tự	Tham số					Hệ số nạp	Vai trò 1: mẫu huấn luyện. 2: mẫu đánh giá chéo. 3: mẫu kiểm tra.
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅		
45	18,00	105,00	13,00	2,00	40,00	78,186	1
46	15,00	102,00	11,00	4,00	40,00	78,073	2
47	18,00	102,00	11,00	4,00	40,00	77,909	3
48	15,00	105,00	11,00	4,00	40,00	78,302	3
49	18,00	105,00	11,00	4,00	40,00	78,121	2
50	15,00	102,00	13,00	4,00	40,00	78,184	1
51	18,00	102,00	13,00	4,00	40,00	77,924	1
52	15,00	105,00	13,00	4,00	40,00	77,935	1
53	18,00	105,00	13,00	4,00	40,00	78,202	1
54	15,00	102,00	11,00	2,00	42,00	78,208	1
55	18,00	102,00	11,00	2,00	42,00	77,918	3
56	15,00	105,00	11,00	2,00	42,00	78,056	2
57	18,00	105,00	11,00	2,00	42,00	78,131	1
58	15,00	102,00	13,00	2,00	42,00	78,120	3
59	18,00	102,00	13,00	2,00	42,00	78,127	1
60	15,00	105,00	13,00	2,00	42,00	78,142	1
61	18,00	105,00	13,00	2,00	42,00	78,199	1
62	15,00	102,00	11,00	4,00	42,00	78,124	1
63	18,00	102,00	11,00	4,00	42,00	78,188	3
64	15,00	105,00	11,00	4,00	42,00	78,133	1
65	18,00	105,00	11,00	4,00	42,00	78,112	2
66	15,00	102,00	13,00	4,00	42,00	77,829	3
67	18,00	102,00	13,00	4,00	42,00	78,010	1
68	15,00	105,00	13,00	4,00	42,00	78,120	2
69	18,00	105,00	13,00	4,00	42,00	78,124	3
70	15,12	104,59	12,38	2,09	41,00	78,120	1
71	15,91	105,00	13,00	4,00	42,00	78,164	2
72	18,00	102,00	11,23	2,00	41,00	78,111	1
73	17,90	102,00	12,59	2,06	42,00	78,106	1
74	18,00	102,10	11,00	4,00	40,00	78,198	3
75	15,00	105,00	11,00	3,88	40,00	78,144	2
76	18,00	102,49	12,80	3,24	40,00	78,103	1
77	17,84	105,00	11,00	3,00	40,00	77,895	1
78	18,00	105,00	12,27	4,00	42,00	77,861	3
79	15,00	102,99	11,00	2,00	41,00	78,621	3
80	15,00	105,00	11,00	3,88	40,00	77,940	3
81	18,00	104,71	12,28	4,00	40,00	78,114	1
82	17,85	105,00	11,00	3,00	40,00	78,188	2

Số thứ tự	Tham số					Hệ số nạp	Vai trò 1: mẫu huấn luyện. 2: mẫu đánh giá chéo. 3: mẫu kiểm tra.
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅		
83	18,00	105,00	12,70	3,92	42,00	78,225	1
84	18,00	105,00	12,29	4,00	42,00	78,118	3
85	15,00	102,01	12,39	2,00	41,00	78,126	1
86	18,00	105,00	12,71	3,93	42,00	78,183	1
87	18,00	105,00	12,70	4,00	42,00	78,099	2
88	18,00	105,00	12,90	4,00	42,00	78,123	1
89	18,00	105,00	12,00	4,00	42,00	79,021	3
90	18,00	105,00	13,00	4,00	42,00	78,124	1
91	18,00	105,00	12,99	4,00	42,00	77,667	1
92	18,00	105,00	12,99	4,00	42,00	78,118	1
93	18,00	105,00	12,95	4,00	42,00	78,117	1
94	18,00	105,00	12,27	4,00	42,00	77,861	2
95	18,00	105,00	12,26	4,00	42,00	78,093	1
96	18,00	105,00	12,287	4,00	42,00	78,018	1
97	18,00	105,00	12,271	4,00	42,00	78,118	1
98	18,00	105,00	12,269	4,00	42,00	78,033	2
99	17,25	104,25	12,50	3,50	40,00	77,652	1
100	18,00	105,00	12,713	3,931	42,00	78,146	1
101	17,00	103,00	12,50	3,50	40,00	78,140	Phương án hiện hữu

3.3.2.2 Thục nghiệm đối kết quả chứng mô phỏng trong Ansys-Fluent

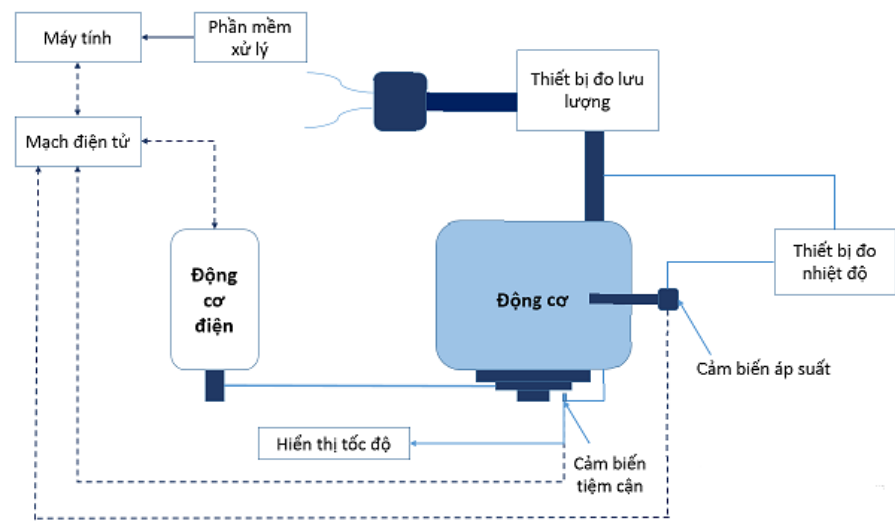
Tác giả lựa chọn mô hình hòng nạp hiện hữu của động cơ VIKYNO RV165-2 để tiến hành đo đạc đối chứng hệ số nạp với kết quả mô phỏng trong Ansys-Fluent nhằm nâng cao độ tin cậy của kết quả mô phỏng.

- a. Tên mẫu: Động cơ VIKYNO – RV165-2.
- b. Số lượng mẫu: 01.
- c. Mô tả mẫu: Động cơ VIKYNO – RV165-2, số máy: 6556, khối lượng: 132,2 kg, nắp xylanh và cổ nối bộ lọc gió theo máy (hòng nạp hiện hữu).
- d. Nơi thử nghiệm: Phòng Thí Nghiệm Trọng điểm Động Cơ Đốt Trong – Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh.
- e. Điều kiện thử nghiệm: $27 \pm 5 \text{ C}^0$
- f. Phương pháp thử nghiệm:



Hình 3.31: Thực nghiệm đo kiểm chứng hệ số nạp.

- Sơ đồ nguyên lý: hình 3.31 trình bày sơ đồ thí nghiệm đo hiệu suất nạp thực tế của động cơ RV165-2. Động cơ diesel 165-2 được dẫn động bằng động cơ điện thông qua cơ cấu truyền động bánh đai và dây đai. Cảm biến tốc độ Rotary encoder lắp vào trục khuỷu thông qua bánh đà động cơ RV165-2 sẽ nhận tín hiệu số vòng quay gửi về cho máy tính và hiển thị rõ ràng trên màn hình. Động cơ điện được điều khiển bằng biến tần. Điều này giúp ta có thể dễ dàng điều khiển số vòng quay của đối tượng nghiên cứu theo ý muốn. Cảm biến tiệm cận được lắp vào bộ thử động cơ để xác định thời điểm cuối kỳ nạp được đánh dấu trên bánh đà của động cơ.



Hình 3.32: Sơ đồ nguyên lý đo thực nghiệm đo hệ số nạp của động cơ VIKYNO RV165-2

- Các thiết bị thực nghiệm:
 - Động cơ RV165-2



Hình 3.33: Động cơ RV165-2 trên băng thử

- Thiết bị đo số vòng quay trực khuỷu (encoder)

Encoder được tiến hành lắp ghép và sử dụng trên trục khuỷu của động cơ diesel, thiết bị này sẽ gửi tín hiệu trở về máy tính từ đó hiển thị được tốc độ quay của động cơ khi ta điều khiển biến tần.

➤ **Biến tần**

Biến tần có thể thay đổi tần số (nhờ cấp điện từ nguồn điện 3 pha) tùy theo bộ điều khiển từ đó có thể điều khiển động cơ điện quay theo số vòng quay yêu cầu.



Hình 3.34 Biến tần

➤ **Thiết bị đo lưu lượng không khí nạp:**

Để xác định sự thay đổi của lưu lượng không khí nạp, thiết bị đo lưu lượng chuyên dùng Flowmeter của hãng AVL và thiết bị hiển thị Sensyflow của ABB. Thiết bị đo lưu lượng không khí nạp được gắn trên đường nạp của động cơ. Đơn vị đo được tính là kg/h.



Thiết bị hiển thị lưu lượng khí



Thiết bị đo lưu lượng không khí nạp

Hình 3.35: Thiết bị đo lưu lượng không khí nạp

➤ Thiết bị đo nhiệt độ và Graphtec

Thiết bị đo nhiệt độ dùng để đo nhiệt độ dòng không khí tại họng nạp và khí trời. Để thu được số liệu chính xác thiết bị này gồm một cảm biến đo nhiệt độ với độ chính xác cao được kết nối với màn hiển thị (Graphtec), cảm biến nhiệt độ được gắn trực tiếp vào không gian cần đo, sau đó tín hiệu sẽ được gửi về Graphtec để người làm thí nghiệm có thể lấy được số liệu cần đo.



Hình 3.36: Graphtec

➤ Thiết bị đo áp suất TOYOTA 89420-20300 và cảm biến áp suất với độ nhạy cao

Áp suất của dòng khí nạp vào xylanh được đo bằng một cảm biến đo áp suất được lắp trực tiếp vào ống nạp của xylanh. Thiết bị này bao gồm một cảm biến đo áp suất và một mạch chuyển đổi tín hiệu để hiển thị số liệu đo được trên màn hình máy tính.

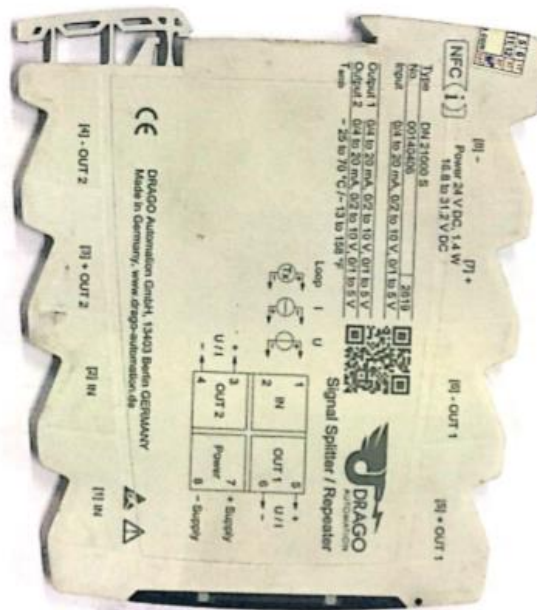


Hình 3.37: Cảm biến đo áp suất TOYOTA 89420-20300.



Hình 3.38: Cảm biến áp suất đáp ứng tốc độ cao

➤ Thiết bị chuyển đổi tín hiệu: Chuyển đổi tín hiệu đầu ra của cảm biến áp suất từ 4-20mA sang 0-5 V



Hình 3.39: Thiết bị chuyển đổi tín hiệu

➤ Cảm biến tiệm cận: Xác định vị trí cuối kỳ nạp được đánh dấu trên bánh đà.



Hình 3.40: Cảm biến tiệm cận

- Nguyên lý đo:

- Thí nghiệm được tiến hành sau khi đã thiết lập được thông số ổn định như tốc độ của động cơ.
- Khởi động động cơ điện
- Quan sát màn hình máy tính hiển thị số vòng quay của động cơ, đồng thời điều chỉnh biến tần để động cơ RV165-2 quay đúng vận tốc 2200 vòng/phút.
- Tiến hành lấy số liệu: Khi cảm biến tiệm cận xác định được thời điểm cuối kỳ nạp được đánh dấu trên bánh đà thì máy tính sẽ điều khiển cảm biến áp suất ghi nhận giá trị: Áp suất dòng không khí nạp (p_a), và áp suất khí quyển (p_0). Các giá trị được quan sát và ghi nhận lại là: Khối lượng thực tế dòng khí nạp vào qua dụng cụ đo lưu lượng Flowmeter (\dot{m}_a). Nhiệt độ: khí nạp (T_a), nhiệt độ khí trời (T_0) bằng các cảm biến nhiệt độ và được hiển thị trên Graphtec.
- Mỗi lần đo được thực hiện trong 10 giây để lấy giá trị trung bình của mỗi giá trị đo và được thực hiện 03 lần.
- Phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm giống như phần 3.2.3.2
- Kết quả thực nghiệm:

Bảng 3.6: Kết quả thực nghiệm đối chứng hệ số nạp.

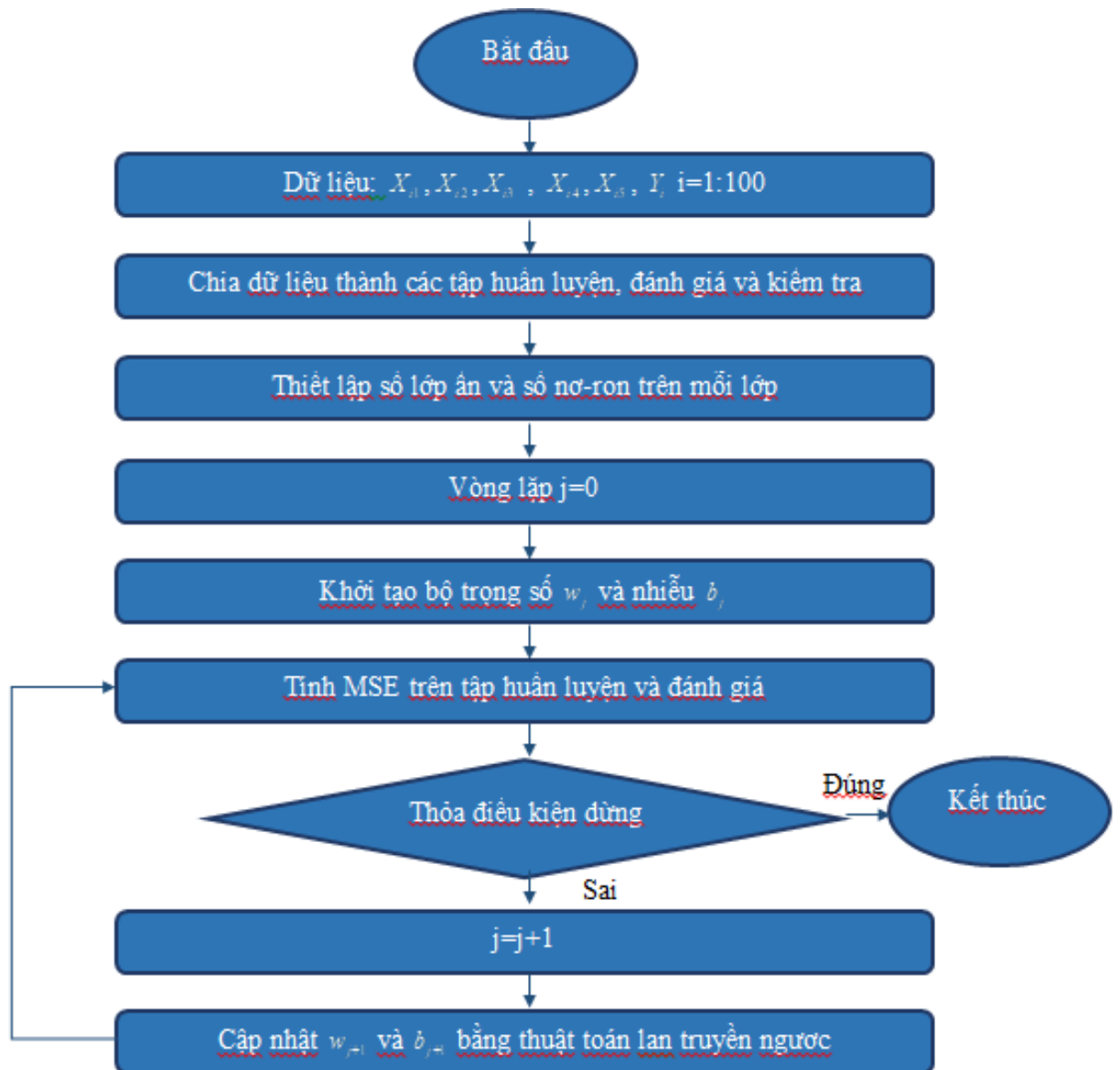
Giá trị	Khối lượng không khí nạp thực tế \dot{m}_a (kg/h)	Áp suất cuối kỳ nạp p_a (bar)	Nhiệt độ không khí cuối kỳ nạp T_a (K ⁰)	Áp suất khí quyển p_0 (bar)	Nhiệt độ khí quyển T_0 (K ⁰)	Hệ số nạp (%)
Lần 01	46,2	0,87626	330	1,1016	303	76,76%
Lần 02	45,7	0,87524	331	1,1016	303	76,25%
Lần 03	45,9	0,87976	333	1,1016	303	76,65%
Kết quả mô phỏng từ Ansys-Fluent						78,14%

Kết quả thực nghiệm đo hệ số nạp so với kết quả mô phỏng từ Ansys-Fluent có sự khác biệt không lớn. Sai lệch lớn nhất là 2,42% và sai lệch nhỏ nhất so với kết quả mô phỏng là 1,77%. Điều này cho thấy kết quả mô phỏng hệ số nạp từ Ansys-Fluent có độ tin cậy cao. Từ đó có thể, chạy mô phỏng tự hàng loạt làm cơ sở dữ liệu cho việc ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) và giải thuật tiến hóa vi phân (DE) để tối ưu hóa hòng nạp động cơ VIKYNO RV165-2.

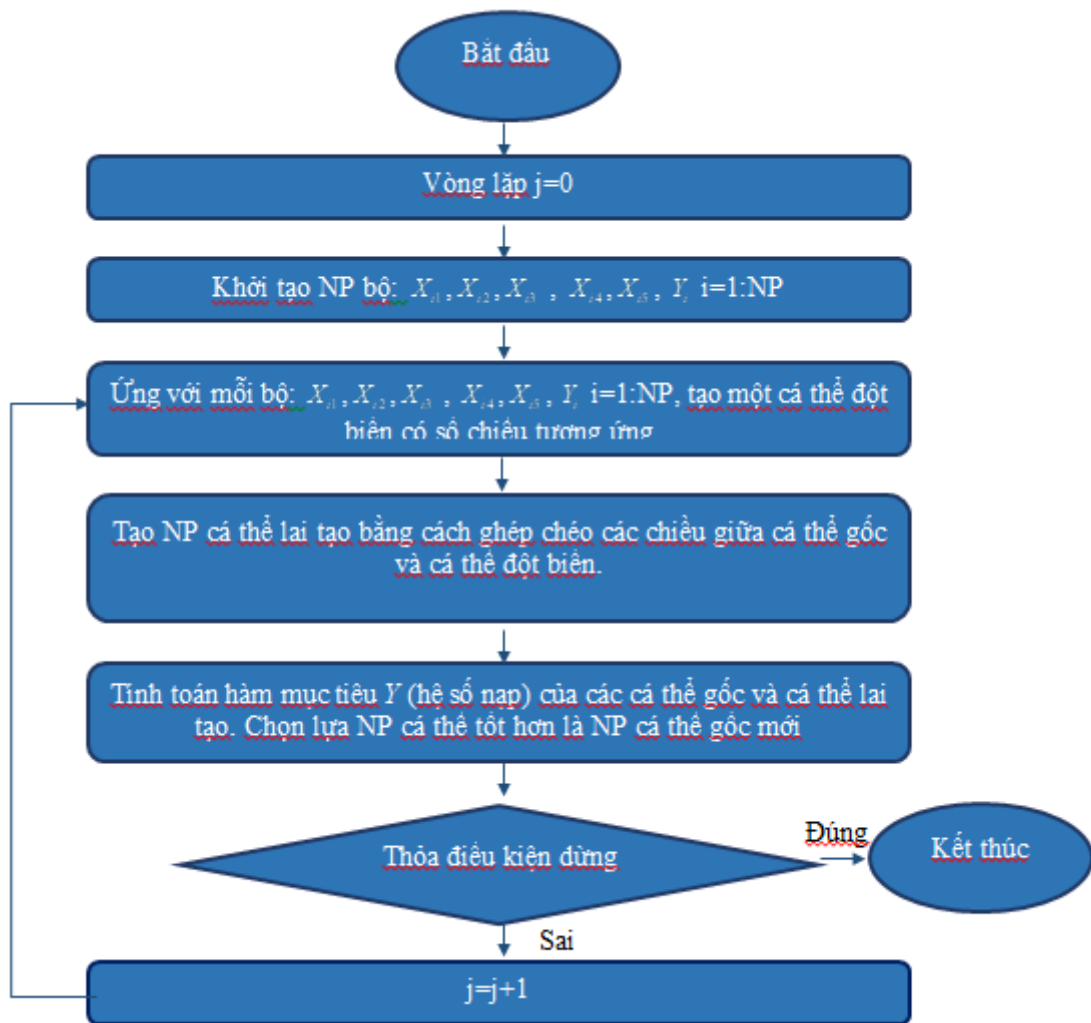
3.3.3 Tối ưu hóa cụm hòng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 bằng phương pháp mạng nơ-ron nhân tạo và phương pháp tối ưu tiến hóa vi phân

3.3.3.1 Quá trình thực hiện

Trong phần này, luận án sẽ xây dựng một hướng tiếp cận nhằm tối ưu hóa hệ số nạp của động cơ bằng phương pháp sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) và giải thuật tiến hóa vi phân (DE). Đầu tiên, ta xây dựng tập dữ liệu huấn luyện cho mô hình ANN bằng cách mô phỏng 100 bộ tham số bằng phần mềm ANSYS-FLUENT. Các bộ tham số này được chọn trên nguyên tắc lựa chọn các điểm nằm ở góc và chọn theo phân phối đều ở bên trong nhằm đảm bảo cho tập huấn luyện có thể phủ được hầu hết các điểm dữ liệu khác cần nội suy. Bộ dữ liệu gồm 100 điểm này được trình bày trong bảng 3.5. Tiếp theo, luận án sẽ sử dụng ANN nhằm xấp xỉ mô hình thể hiện mối quan hệ $y = f(\mathbf{x})$ với y là biến phụ thuộc (hệ số nạp) và \mathbf{x} là một véc-tơ nhiều chiều, chứa thông tin của biến thiết kế. Thao tác trên giúp chúng ta mô hình hóa được mối quan hệ giữa biến độc lập và biến thiết kế. Từ đó giúp cho quá trình tính toán trở nên nhanh hơn, làm giảm đi các chi phí không thực sự cần thiết từ việc mô phỏng và thực nghiệm. Mô hình nhận được từ ANN tiếp tục được sử dụng như là một hàm mục tiêu, thông qua giải thuật tiến hóa vi phân, ta có thể tìm được bộ tham số \mathbf{x} chứa thông tin của các biến thiết kế sao cho y hay hệ số nạp (hàm mục tiêu) là cực đại.



Hình 3.41: Lược đồ giải thuật mạng nơ-ron nhân tạo (ANN).



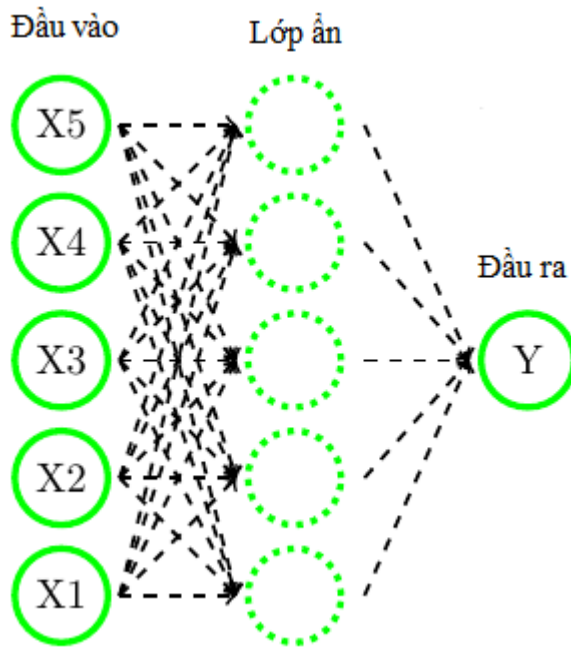
Hình 3.42: Lược đồ giải thuật phương pháp tiến hóa vi phân (DE).

Các kết quả chi tiết được trình bày trong phần sau.

3.3.3.2 Kết quả

a. Mô hình mạng nơ-ron nhân tạo

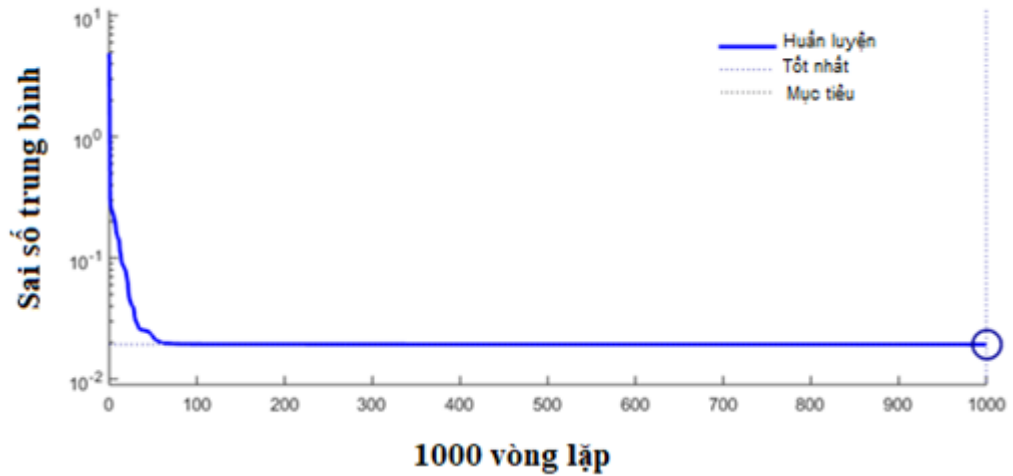
Trước tiên, ta thiết lập mô hình mạng nơ-ron nhân tạo nhằm xấp xỉ mối quan hệ giữa biến đầu ra Y (hệ số nạp) và các biến đầu vào X_1, X_2, X_3, X_4 và X_5 . Cấu trúc của mạng nơ-ron được sử dụng bao gồm 01 lớp đầu vào có 05 nơ-ron chứa thông tin của 05 biến thiết kế, 01 lớp ẩn có 05 nơ-ron và 01 lớp đầu ra có 01 nơ-ron chứa thông tin của hệ số nạp như Hình 3.43.



Hình 3.43: Kết cấu mạng nơ-ron được sử dụng.

Để tìm bộ tham số w , b ta tiến hành huấn luyện mô hình. Thông thường ta huấn luyện mạng nơ-ron bằng thuật toán lan truyền ngược với mục tiêu là sai số bình phương, MSE, thấp hơn một ngưỡng mục tiêu nào đó, chẳng hạn 10^{-4} hoặc 10^{-5} thì dừng quá trình huấn luyện. Tuy nhiên ngưỡng mục tiêu trên không cố định và tùy vào bài toán cụ thể. Chẳng hạn như trong bài toán dự đoán chiều cao của một người (centimet), độ sai lệch $1 \text{ cm} = 10^0$ được xem là tốt, còn trong bài toán dự báo dân số của một quốc gia (người), độ sai lệch từ khoảng 1 triệu người $= 10^6$ đã được xem là tốt. Thông thường để đánh giá mức độ tốt xấu của một dự báo, ngoài việc xem xét MSE, ta còn xem xét chỉ số MAPE (phần trăm sai số tuyệt đối trung bình) để đánh giá sai số trên quy mô đo của cá thể. Do đó bước đầu, luận án tiến hành huấn luyện mô hình ANN trên toàn bộ 100 dữ liệu trên 1000 vòng lặp để đánh giá sai số có thể xảy ra. Quá trình huấn luyện này được mô tả bởi Hình 3.44.

Sai số tốt nhất trên tập huấn luyện là: 0,019363 tại vòng lặp thứ 1000



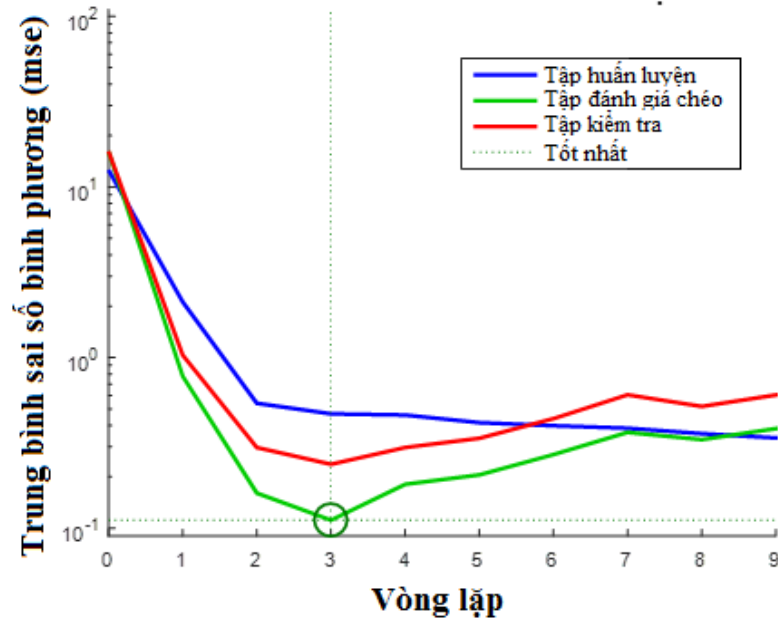
Hình 3.44 Quá trình huấn luyện ANN trên toàn bộ 100 điểm dữ liệu qua 1000 vòng lặp.

Từ hình 3.44 ta thấy MSE của ANN hội tụ về khoảng 10^{-2} qua 1000 vòng lặp. Trong bài toán dự báo hệ số nạp, các quan sát thường có giá trị từ 70 đến 80, việc dự báo với độ sai lệch bình phương khoảng 0.01 là hoàn toàn có thể chấp nhận được. Luận án cũng đã kiểm tra phần trăm sai số tuyệt đối trung bình MAPE của mô hình, kết quả $MAPE=9,7586.10^{-4}$, nghĩa là trung bình một dự báo chỉ lệch 0,09% so với giá trị thực. Do đó, có thể thấy việc sử dụng mạng nơ-ron để xấp xỉ các giá trị mô phỏng từ ANFIS là khả thi.

Ngoài ra, để loại bỏ hiện tượng overfitting, 100 bộ dữ liệu đã thu thập tiếp tục được chia ngẫu nhiên thành các tập huấn luyện, tập đánh giá chéo và tập kiểm tra với tỉ lệ lần lượt là 0,6; 0,2 và 0,2. Cách chia dữ liệu thành 3 tập như đã nêu rất phổ biến và đã được sử dụng trong quá trình huấn luyện mạng nơ-ron trong rất nhiều nghiên cứu: [36÷40]. Các mẫu cụ thể được dùng để huấn luyện đánh giá chéo và kiểm tra được trình bày chi tiết trong cột cuối cùng của Bảng 3.5 với ký hiệu 1, 2, 3 lần lượt là mẫu huấn luyện, mẫu đánh giá chéo và mẫu kiểm tra. Trong đó, tập huấn luyện dùng để huấn luyện mô hình, tập đánh giá chéo nhằm kiểm tra hiệu quả dự đoán các điểm nằm ngoài dữ liệu mẫu và nhằm ngăn chặn hiện tượng học quá mức (overfitting, là hiện tượng mô hình rất đúng trên tập huấn luyện nhưng sai trong thực tế)

trong quá trình huấn luyện (tập kiểm chứng được chạy trong quá trình huấn luyện ANN nhưng không tham gia vào việc xây dựng các bộ hệ số \mathbf{w} , \mathbf{b} mà chỉ dùng để tính sai số nhằm dừng mô hình khi xảy ra hiện tượng học quá mức), tập kiểm tra đóng vai trò như dữ liệu thực tế được dùng để kiểm tra hiệu quả của mô hình lần cuối. Quá trình huấn luyện mô hình được mô tả thông qua hình 3.45

Hiệu suất đánh giá chéo tốt nhất là 0.11145 tại vòng lặp 3



Hình 3.45 Quá trình huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo.

Hình 3.45 mô tả quá trình huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo. Qua đó, ta có thể thấy sai số trên tập huấn luyện (đường màu xanh dương) giảm dần qua các vòng lặp. Cùng với đó, sai số trên tập đánh giá chéo (đường màu xanh lá) giảm dần từ vòng lặp đầu tiên đến vòng lặp thứ 03 và tăng trở lại từ vòng lặp thứ 04. Điều này cho thấy hiện tượng over-fitting bắt đầu xuất hiện ở vòng lặp thứ 04. Do đó, ta sử dụng mô hình ở vòng lặp thứ 03 là mô hình cuối cùng. Kết quả sai số trên tập kiểm tra (đường màu đỏ) cũng cho thấy kết luận trên là thích hợp. Sai số của mô hình trên, tập đánh giá chéo và tập kiểm tra tại vòng lặp thứ 03 được thể hiện bởi bảng 3.7. Kết quả này cũng cho thấy mô hình sử dụng là phù hợp.

Bảng 3.7: Kết quả chạy ANN trên tập đánh giá chéo.

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y (ANSYS-FLUENT)	Y dự đoán (ANN)	Sai số bình phương
17,25	102,75	12,50	2,50	40	78,864	77,91337	0,903704
17,25	104,25	11,50	3,50	40	78,062	78,23337	0,029369
15,75	104,25	12,50	3,50	40	78,086	78,10324	0,000297
15,75	102,75	11,5	2,50	42	78,12	77,83983	0,078496
15,75	102,75	11,5	3,50	42	78,386	78,09497	0,084696
17,25	102,75	11,5	3,50	42	77,996	78,12395	0,016371
15,75	104,25	11,5	3,50	42	78,069	78,13496	0,004351
17,25	102,75	12,5	3,50	42	78,099	78,02691	0,005196
17,25	104,25	12,5	3,50	42	78,143	78,09915	0,001923
16,5	103,50	12,00	3,00	41	78,108	78,19415	0,007422
15,00	102,00	11,00	4,00	40	78,073	77,46657	0,367763
18,00	105,00	11,00	4,00	40	78,121	78,14104	0,000401
15,00	105,00	11,00	2,00	42	78,056	78,04351	0,000156
18,00	105,00	11,00	4,00	42	78,112	78,2305	0,014043
15,00	105,00	13,00	4,00	42	78,12	78,09359	0,000697
15,91	105,00	13,00	4,00	42	78,164	78,00238	0,026121
15,00	105,00	11,00	3,88	40	78,144	78,65991	0,266162
18,00	105,00	12,70	4,00	42	78,099	78,2649	0,027523
18,00	105,00	12,27	4,00	42	77,861	78,39756	0,287899
18,00	105,00	12,269	4,00	42	78,033	78,39774	0,133037

Sử dụng mô hình mạng nơ-ron trên cho toàn bộ 100 điểm dữ liệu, ta nhận được các giá trị trọng số w và lệch b (bias) thể hiện bởi bảng 3.8 và bảng 3.9

Bảng 3.8: Bảng hệ số chuyển tiếp từ lớp đầu vào đến lớp ẩn.

	Nút ẩn 1	Nút ẩn 2	Nút ẩn 3	Nút ẩn 4	Nút ẩn 5
Nút vào 1	$w_{011}=3,160$	$w_{012}=-7,297$	$w_{013}=1,679$	$w_{014}=2,652$	$w_{015}=0,106$
Nút vào 2	$w_{021}=0,084$	$w_{022}=-0,354$	$w_{023}=0,539$	$w_{024}=0,004$	$w_{025}=0,118$
Nút vào 3	$w_{031}=-0,092$	$w_{032}=3,656$	$w_{033}=5,212$	$w_{034}=-2,689$	$w_{035}=-2,115$
Nút vào 4	$w_{041}=3,719$	$w_{041}=-1,464$	$w_{043}=4,935$	$w_{044}=0,395$	$w_{045}=0,016$
Nút vào 5	$w_{051}=0,884$	$w_{052}=-1,185$	$w_{053}=-2,188$	$w_{054}=0,090$	$w_{055}=-3,195$
Lệch	$b_{01}=0,9547$	$b_{02}=0,3521$	$b_{03}=-2,4649$	$b_{04}=1,8758$	$b_{05}=2,2422$

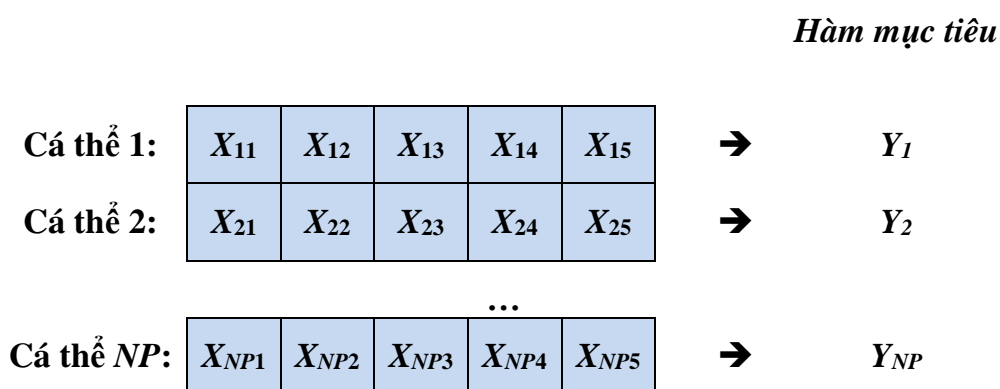
Bảng 3.9: Bảng hệ số chuyển tiếp từ lớp ẩn đến lớp đầu ra.

	Nút ẩn 1	Nút ẩn 2	Nút ẩn 3	Nút ẩn 4	Nút ẩn 5	Lệch
Nút ra	$w_{111}=0,302$	$w_{121}=-1,039$	$w_{131}=0,227$	$w_{141}=0,103$	$w_{151}=-0,182$	$b_{11}=0,1775$

Sử dụng các hệ số thu được cùng các hàm truyền Sigmoid và tuyến tính ở hai giai đoạn, ta có được mô hình xấp xỉ $Y=f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$, với Y là hệ số nạp.

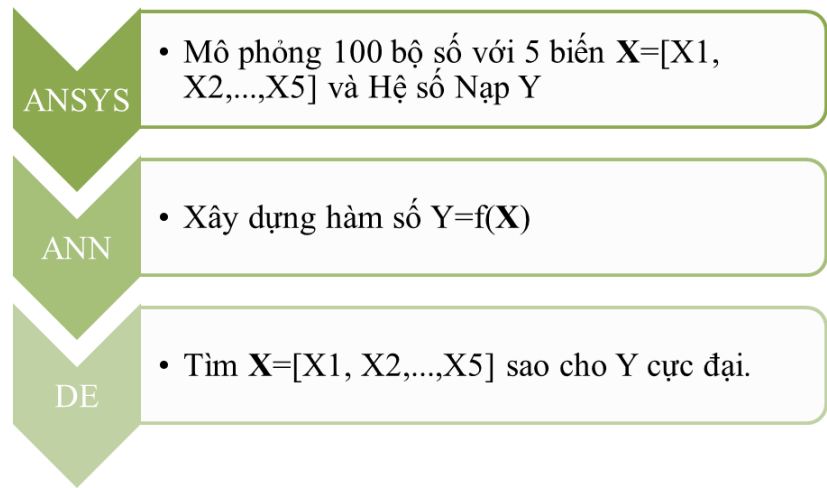
b. Tối ưu hóa hệ số nạp bằng phương pháp tiến hóa vi phân DE

Để tiến hành thuật toán tiến hóa vi phân DE, mỗi bộ tham số $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$ sẽ được mã hóa dưới dạng các cá thể, mỗi cá thể ứng với một giá trị hàm mục tiêu Y . Y là hệ số nạp được xấp xỉ bằng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo. Quá trình mã hóa được thể hiện bởi hình 3.46.

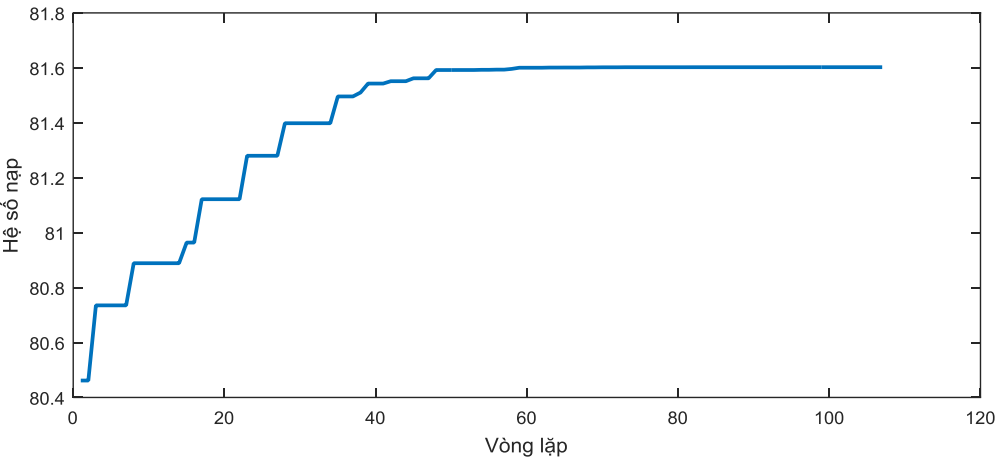


Hình 3.46: Mã hóa các lời giải thành dạng nhiễm sắc thể.

Sau khi mã hóa các lời giải, xác định hàm mục tiêu $Y=f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ (mô hình được xấp xỉ bởi ANN), ta có thể sử dụng thuật toán DE để tối ưu hóa hàm mục tiêu, cụ thể là tìm bộ tham số $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$ nhằm cực đại hệ số Y_{max} . Toàn bộ quá trình kết hợp ANSYS-FLUENT, ANN và DE được thể hiện bởi Hình 3.45. Trong quá trình tối ưu DE, sự biến đổi của các giá trị Y_{max} qua từng vòng lặp được lưu lại và thể hiện ở Hình 3.46. Qua đó, ta thấy giá trị tốt nhất của hàm mục tiêu Y_{best} , tức hệ số nạp, tăng dần đều qua các vòng lặp và gần như hội tụ ở vòng lặp thứ 50. Cuối cùng, khi thuật toán hội tụ, ta nhận được $Y_{max}=81,062$ tương ứng với bộ tham số $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}=\{18,000, 104,707, 12,273, 4,000, 40,000\}$.



Hình 3.47: Quá trình thực hiện kết hợp ANSYS, ANN và DE



Hình 3.48: Quá trình tìm kiếm và hội tụ của giải thuật tiến hóa vi phân.

Cuối cùng, để kiểm tra lại tính chính xác của quá trình tính toán bằng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo và điểm tối ưu tìm thấy bởi DE, ngoài 100 điểm dữ liệu đã mô phỏng, luận án tiến hành mô phỏng lại điểm tối ưu đã tìm thấy và 13 điểm ngẫu nhiên khác bằng phần mềm ANSYS-FLUENT. Kết quả mở rộng này (114 điểm) được thể hiện bởi bảng 3.9.

Bảng 3.10: Kết quả mô phỏng mở rộng.

Số thứ tự	Tham số					Hệ số nạp
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	
101	15,00	102,94	11,00	2,00	41,00	78,119
102	18,00	104,707	12,278	4,00	40,00	78,038

103	18,00	102,00	11,00	4,00	40,00	77,909
104	18,00	105,00	11,00	2,00	40,00	79,076
105	18,00	102,01	11,00	3,99	40,00	77,859
106	18,00	102,01	11,00	3,999	40,00	77,426
107	18,00	104,707	12,273	4,00	40,00	81,073
108	18,00	105,00	12,725	3,94	42,00	77,914
110	15,75	102,75	12,50	2,50	40,00	77,954
111	18,00	104,708	12,274	4,00	40,00	78,138
112	18,00	104,706	12,272	4,00	40,00	78,109
113	17,842	105,00	11,00	2,992	40,00	78,215
114	18,00	104,527	13,00	3,729	41,00	78,054

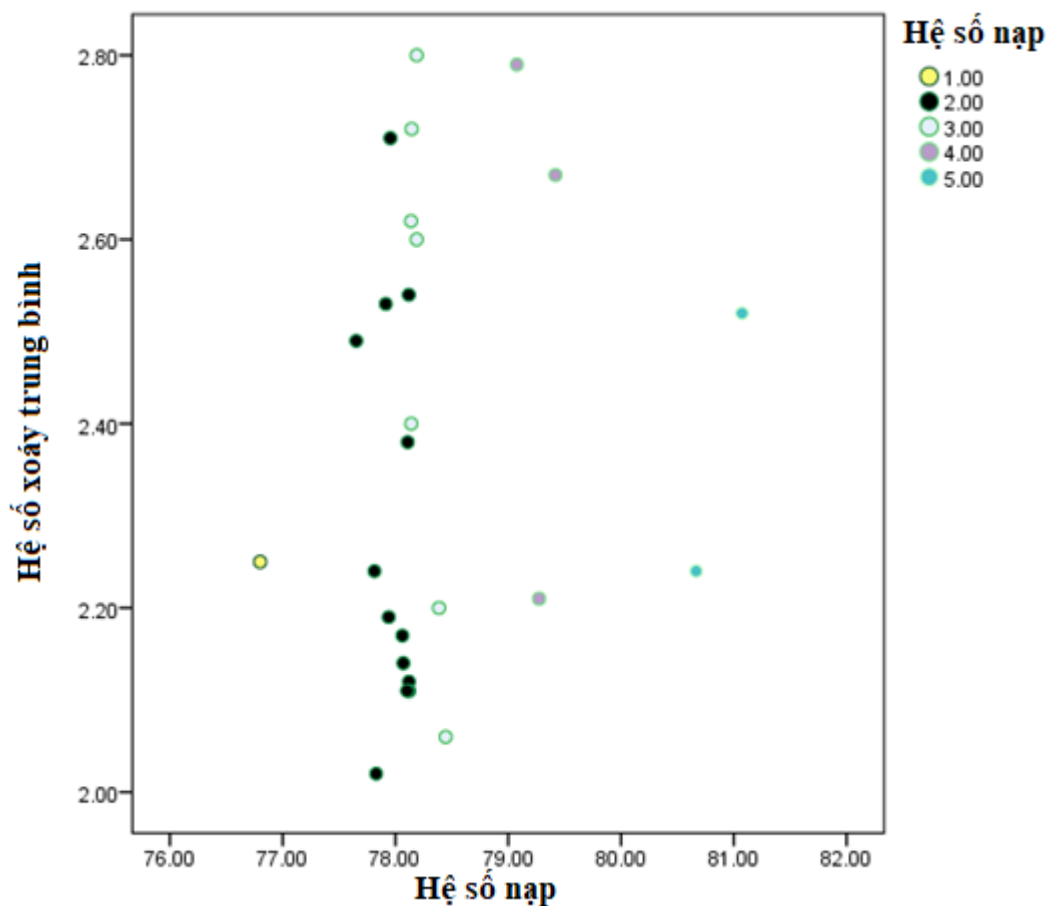
Nhắc lại, hệ số nạp tối ưu được tìm thấy bởi ANN và DE có giá trị $Y_{\max}=81,062$, tương ứng với bộ tham số $\{X_1 X_2 X_3 X_4 X_5\}=\{18,000 104,707 12,273 4,000 40,000\}$. Điểm này khi mô phỏng lại bằng phần mềm ANSYS - Fluent cho kết quả là $Y_{\max}=81,073$, gần như trùng khớp so với kết quả xấp xỉ bằng mạng nơ-ron. Điểm này cũng là điểm tốt nhất trong bộ dữ liệu mở rộng trong bảng 3.9. Do đó, ta có thể tin tưởng thiết kế được tìm thấy là một thiết kế tối ưu, hoặc ít nhất cũng có thể cải thiện hệ số nạp một cách đáng kể.

3.3.4 Xây dựng mối quan hệ giữa hệ số nạp và hệ số xoáy

Phần trước của luận án trình bày phương pháp tìm thiết kế tối ưu cho hệ số nạp của động cơ. Phần tiếp theo, luận án sẽ tiến hành tính các hệ số tương quan của hệ số xoáy đối với hệ số nạp. Nếu tồn tại sự tương quan thuận giữa hai hệ số này, việc tối ưu hệ số nạp sẽ làm cho hệ số xoáy tăng theo. Do giới hạn về thời gian tính toán (mỗi bộ dữ liệu cần thời gian tính toán là 10 ngày để cho kết quả của 1 hệ số xoáy), nên luận án chỉ thực hiện tính toán ở 26 điểm.

Hình 3.49 thể hiện đồ thị phân tán của 26 điểm dữ liệu theo hệ số nạp và hệ số xoáy, qua đó bước đầu ta thấy hệ số xoáy dường như tăng theo hệ số nạp. Nhận định này được kiểm chứng bằng việc tính các hệ số tương quan và kiểm định ở bảng 3.10 cho thấy các hệ số tương quan đều dương, điều này thể hiện mối quan hệ tương quan thuận giữa hệ số nạp và hệ số xoáy, hay nói cách khác, khi hệ số nạp tăng thì hệ số xoáy sẽ tăng theo. Tuy nhiên, các giá trị p cho các kiểm định đều khá lớn, điều này

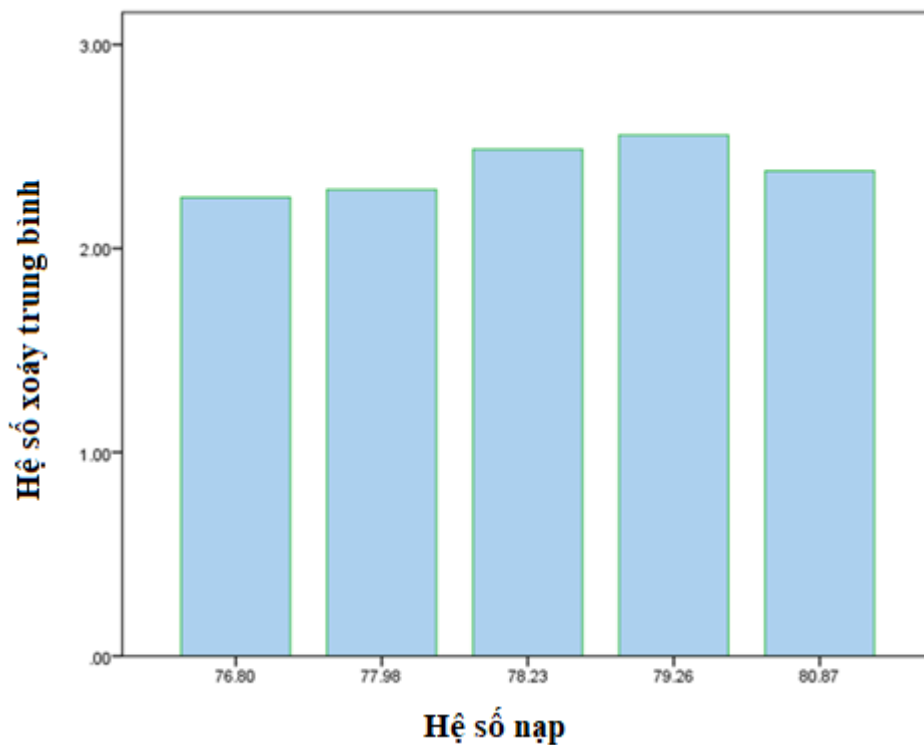
Ở một góc nhìn khác, từ hình 3.49, ta có thể thấy rằng ứng với mỗi giá trị hệ số nạp, có thể tồn tại nhiều giá trị hệ số xoáy khác nhau, do đó việc xác định một mô hình có độ phù hợp cao khi sử dụng dữ liệu gốc đã thu thập được là khá không khả thi. Do đó, thay vì việc xác định mối quan hệ giữa Hệ số xoáy (Y2) theo hệ số nạp (Y1), ta sẽ xác định mối quan hệ giữa trung bình hệ số xoáy theo từng giá trị của Hệ số nạp $E(Y2|Y1)$. Mặt khác, nhằm tinh gọn và làm trơn đồ thị cũng như là loại bỏ nhiễu có thể xảy ra, ta cần tiến hành phân nhóm Hệ số nạp Y1 thành k nhóm khác nhau, xếp theo thứ tự tăng dần. Hình 3.50 thể hiện kết quả phân nhóm dữ liệu thu được theo Hệ số nạp (sử dụng thuật toán k-means với $k=5$). Ta có thể thấy rằng dữ liệu được sắp xếp thành các nhóm theo thứ tự tăng dần của Hệ số nạp. Trọng tâm của các nhóm này được thể hiện bởi bảng 3.11.



Bảng 3.12: Trọng tâm của các nhóm.

Nhóm	Trọng tâm hệ số nạp
1,00	76,8000
2,00	77,9849
3,00	78,2326
4,00	79,2557
5,00	80,8695

Tiếp theo, ta tiến hành tính trung bình của Hệ số xoáy Y_2 theo các nhóm hệ số nạp. Kết quả được thể hiện bởi hình 3.51.



Hình 3.51: Trung bình hệ số xoáy theo các nhóm của hệ số nạp.

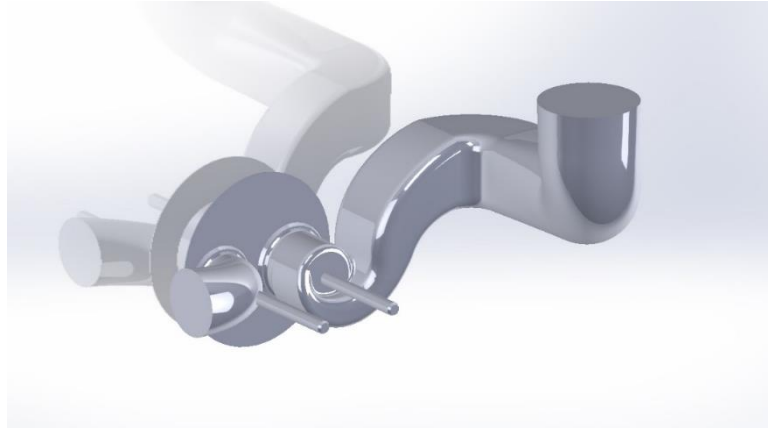
Từ hình 3.51 ta thấy rằng trung bình của Hệ số xoáy có xu hướng tăng theo hệ số nạp ở 04 nhóm đầu tiên, khi hệ số nạp nhỏ hơn 79,26. Tuy nhiên, giá trị hệ số xoáy lại có xu hướng giảm khi hệ số nạp tăng cao hơn 79,26. Hình dạng đồ thị này phù hợp với một mối quan hệ phi tuyến hơn là một mối quan hệ tuyến tính (kết luận này cũng phù hợp với việc kiểm định mối tương quan tuyến tính ở phần trên); và do đó, nghiệm tối ưu của hệ số xoáy sẽ không trùng với nghiệm tối ưu của hệ số nạp. Vấn đề tối ưu cả hệ số nạp và hệ số xoáy cần được giải quyết thông qua bài toán tối ưu đa

mục tiêu, cũng chính là một trong những định hướng nghiên cứu mở rộng của luận án.

Chương 4

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Toàn bộ cụm họng nạp cải tiến mới (bên trong lẫn bên ngoài nắp xylanh) được mô phỏng lại bằng phần mềm Ansys-ICE với mức độ hội tụ là nhỏ hơn 10^{-4} , cũng như được chế tạo và mang đi thực nghiệm để đánh giá so sánh với thiết kế họng / xúpap nạp hiện hữu của động cơ. Các đặc tính làm việc của động cơ như: công suất max, suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức là các tiêu chí được quan tâm trong quá trình thực nghiệm.



Hình 4.1: Thiết kế 3D cụm họng nạp cải tiến mới



Hình 4.2: Chi tiết cụm họng xúpap / nạp sau khi cải tiến mới

4.1. So sánh kết quả mô phỏng bằng phần mềm Ansys–ICE

Việc xây dựng mô hình và cài đặt điều kiện biên cho quá trình mô phỏng kì nạp – nén của động cơ VIKYNO RV165-2 trong Ansys–ICE được trình bày trong phần *phụ lục 11*

4.1.1. Hệ số nạp

4.1.1.1. Phương pháp xử lý số liệu

Trên thực tế, phần mềm mô phỏng Ansys–ICE không xuất ra trực tiếp kết quả hệ số nạp (volumetric efficiency).

Hệ số nạp (volumetric efficiency) được xác định theo công thức:

$$\eta_v = \frac{V_{thực\ tể}}{V_{lý\ thuyết}} * 100\% (\%) \quad [21] \quad (4.1)$$

Trong đó:

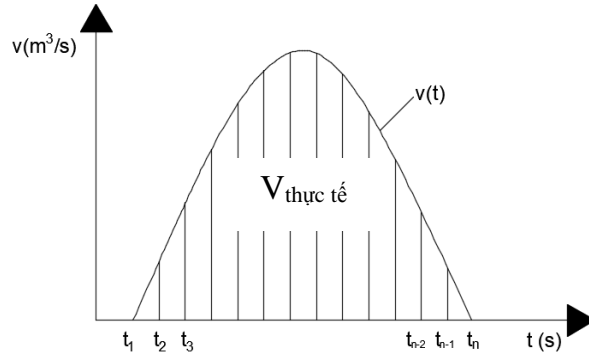
$V_{lý\ thuyết}$: là thể tích mà không khí có thể nạp tối đa vào bên trong xylanh

Đối với động cơ VIKYNO RV165-2 thì $V_{lý\ thuyết} = V_h = 839. 10^{-6} (m^3)$

$V_{thực\ tể}$: là thể tích không khí thực tế được nạp vào bên trong xylanh tại thời điểm cuối kì nạp – đầu kì nén.

Trên thực tế, kết quả mô phỏng Ansys - ICE không xuất ra trực tiếp giá trị của $V_{thực\ tể}$. Nhưng bằng cách, lấy tích phân lưu lượng không khí nạp thực tế vào xylanh động cơ theo thời gian (kết quả có được từ việc mô phỏng Ansys–ICE), chúng ta hoàn toàn có thể xác định được giá trị của $V_{thực\ tể}$

$$V_{thực\ tể} = \int_0^t v(t). dt \quad (4.2)$$



Hình 4.3: Tích phân lưu lượng theo thời gian

Lấy tích phân xấp xỉ phương trình (4.2) bằng phương pháp hình thang [41]. Ta được:

$$V_{thực\ tế} = \int_0^t v(t). dt \approx \sum_{j=1}^p \left[\frac{\Delta t_j}{2} \cdot (v_{j0} + 2 \cdot \sum_{k=1}^{n-1} v_{jk} + v_{jn}) \right] \quad (4.3)$$

Thay phương trình (4.3) vào phương trình (4.2). Ta được công thức xác định hệ số nạp η_v :

$$\eta_v = \frac{\sum_{j=1}^p \left[\frac{\Delta t_j}{2} \cdot (v_{j0} + 2 \cdot \sum_{k=1}^{n-1} v_{jk} + v_{jn}) \right]}{V_h} * 100\% (\%) \quad (4.4)$$

Trong đó:

Δ_t : timestep (s)

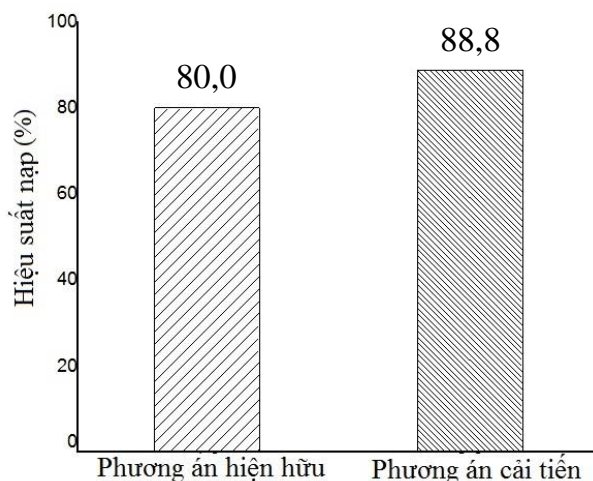
v: lưu lượng thể tích (m³/s) từ kết quả mô phỏng Ansys–ICE (*phụ lục 12*)

p: số khoảng có timestep không bằng nhau

4.1.1.2 Kết quả hệ số nạp

Từ kết quả mô phỏng Ansys–ICE kết hợp với thể tích không khí nạp thực tế vào xy lanh động cơ có được từ phương pháp lấy tích phân xấp xỉ. Ta có kết quả như sau: thiết kế cụm họng nạp cải tiến cho kết quả hiệu suất nạp cao hơn hẳn thiết cũ. Tăng 8,8% từ 80% lên 88,8%. Đạt được kết quả này là do hình dạng hình học của cụm họng nạp cải tiến được thiết kế bằng phương pháp tham số nên trơn, mượt hơn hẳn họng nạp dựng hình bằng phương pháp cũ, cũng như thiết kế mới này đã được

tính toán tối ưu hóa hệ số nạp. Chính sự trơn mượt tại các vị trí chuyển tiếp giữa các mặt cắt khi họng nạp được dựng bằng phương pháp tham số đã làm giảm tổn thất năng lượng cục bộ trong đường ống nạp, từ đó tăng thể tích không khí nạp vào xy lanh động cơ.

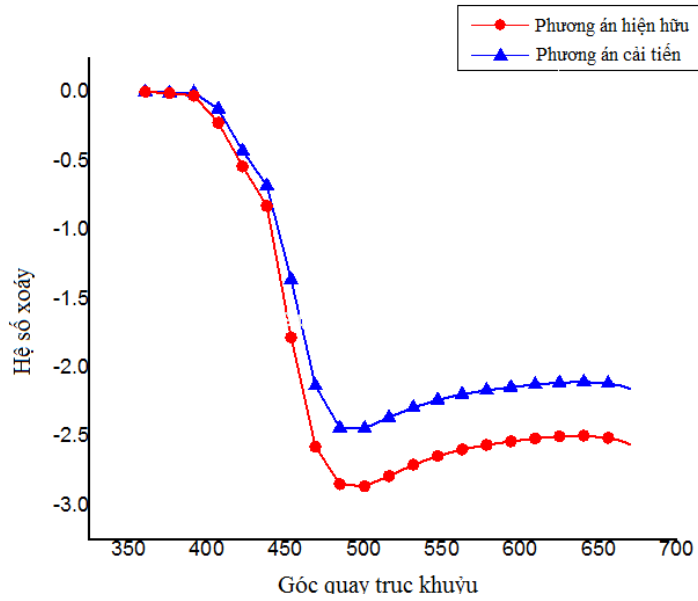


Hình 4.4: Biểu đồ so sánh hệ số nạp của hai phương án

4.1.2 Kết quả hệ số xoáy (swirl ratio)

Đối với hệ số xoáy, cụm họng nạp sau khi cải tiến cũng cho kết quả tích cực hơn thiết kế hiện hữu. Hệ số xoáy trung bình trong toàn bộ kì nạp – nén của phương án cải tiến là 2,11 tăng hơn 17,88% so thiết kế cũ là 1,79. Kết quả này có thể được giải thích là do:

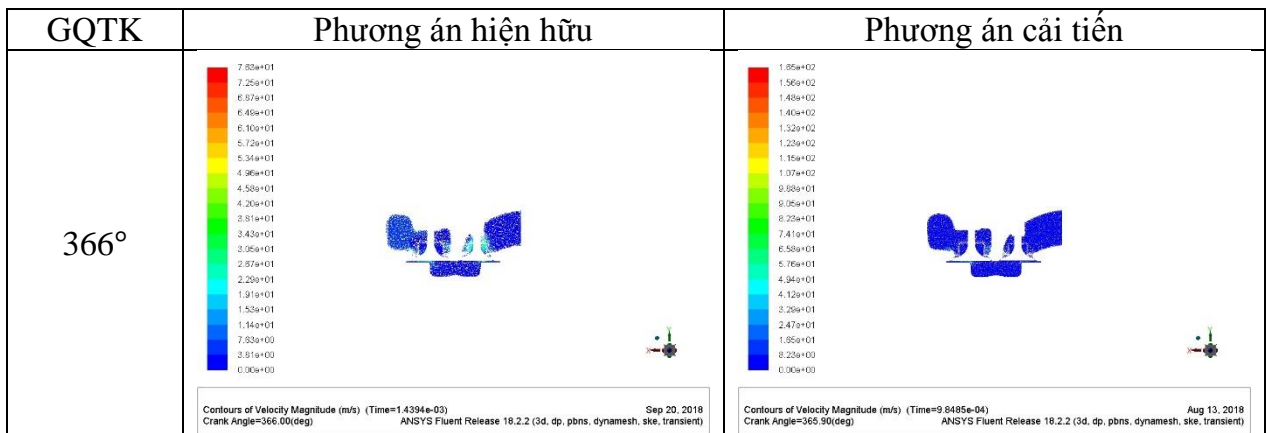
- Bề mặt trơn, mượt của họng nạp xoắn ốc mới đã làm giảm đi tổn thất năng lượng cục bộ trên đường ống nạp.
- Hình dạng họng nạp xoắn ốc mới có biên dạng xoắn ốc hợp lý hơn, phù hợp với thiết kế của xúpap nạp và đỉnh piston của động cơ đang nghiên cứu .

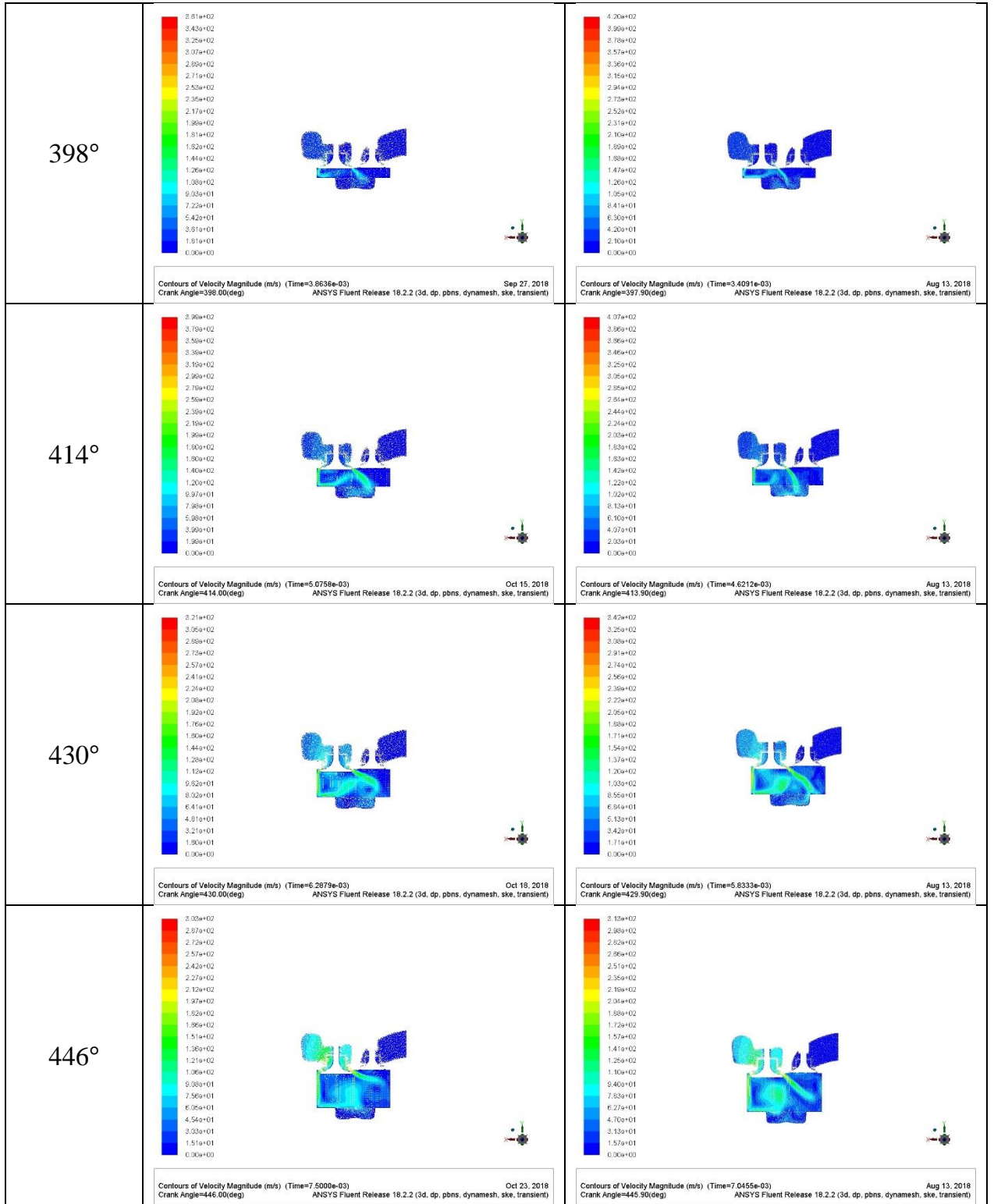


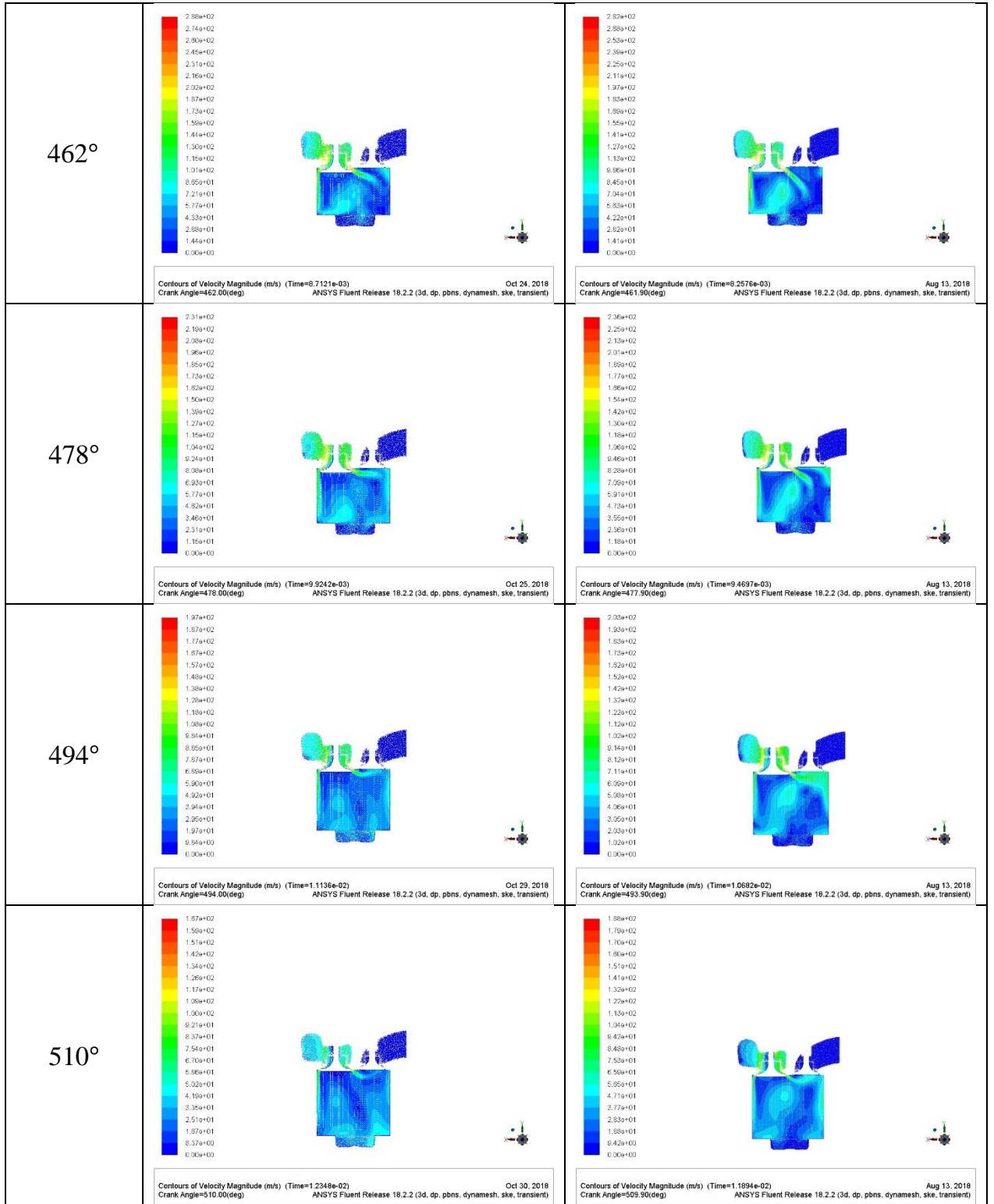
Hình 4.5: Biểu đồ biểu diễn hệ số xoáy trong quá trình nạp – nén của hai phương án

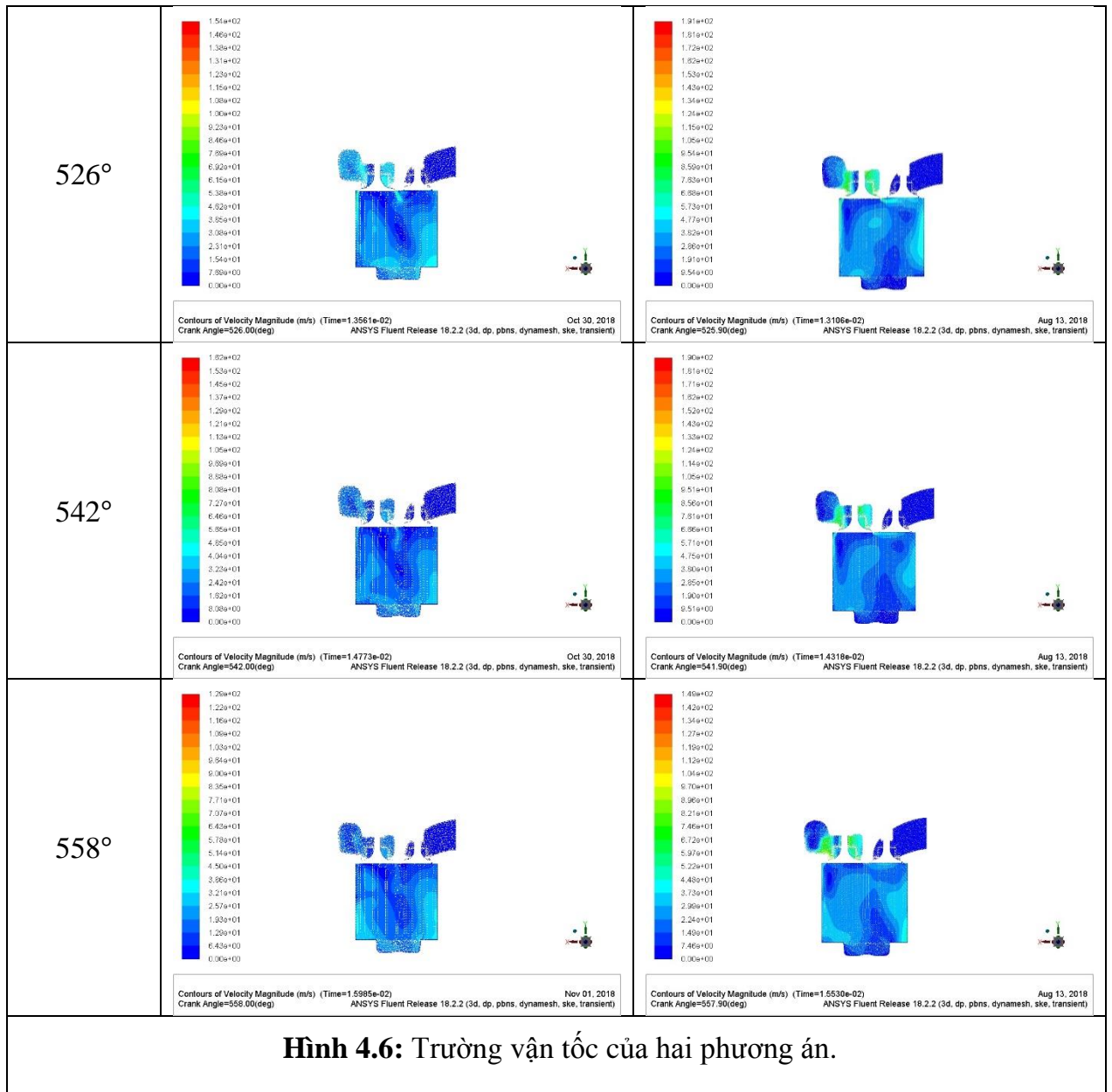
4.1.3 Trường vận tốc, áp suất và nhiệt độ

Trong suốt quá trình nạp, mật độ dòng không khí trong cả hai phương án hòng nạp phân bố khá tương đồng, nhưng phương án hòng nạp cải tiến có vận tốc chuyển động của trường không khí nạp lớn hơn, điều này cũng góp phần lý giải vì sao phương án hòng nạp cải tiến có hệ số xoáy trung bình cao hơn phương án hiện hữu. Trường phân bố áp suất và nhiệt độ của dòng không khí nạp bên trong xy lanh của cả hai phương án mô phỏng được thể hiện ở hình bên dưới:



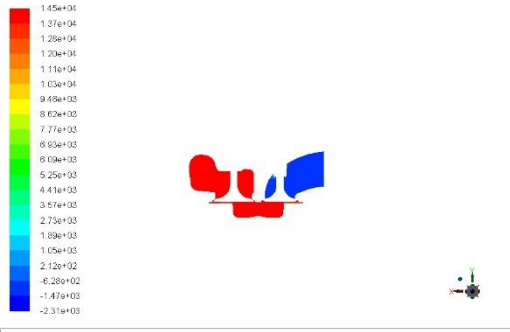
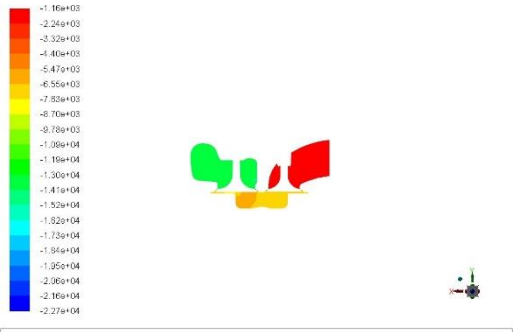
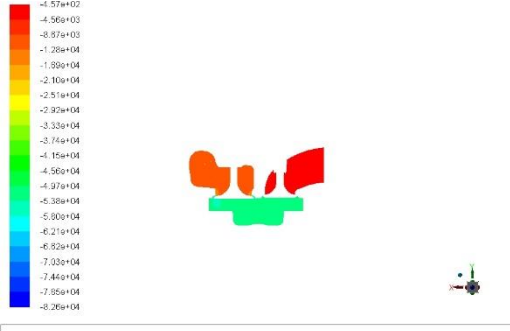
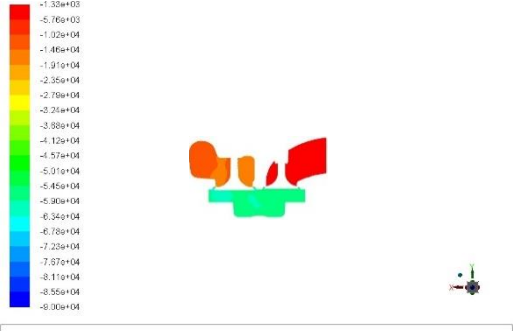
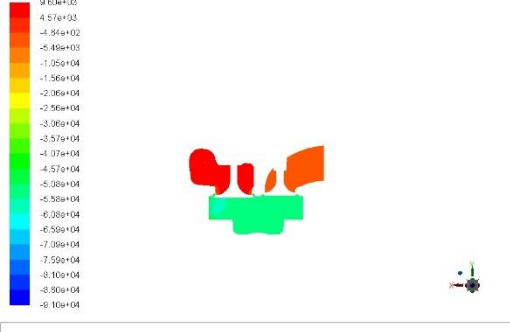
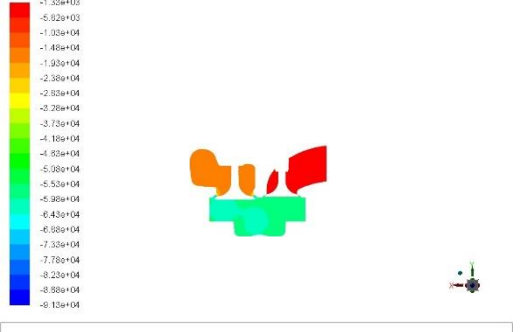
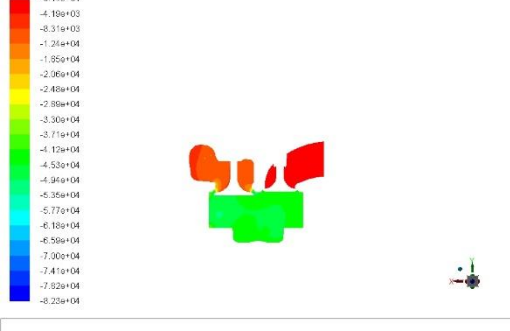
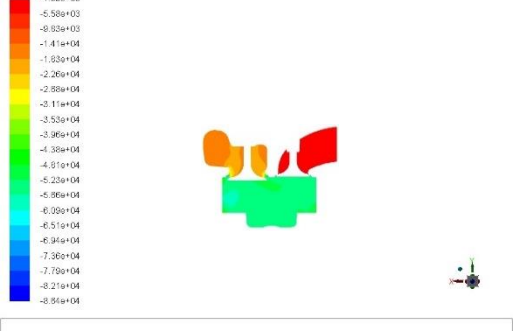


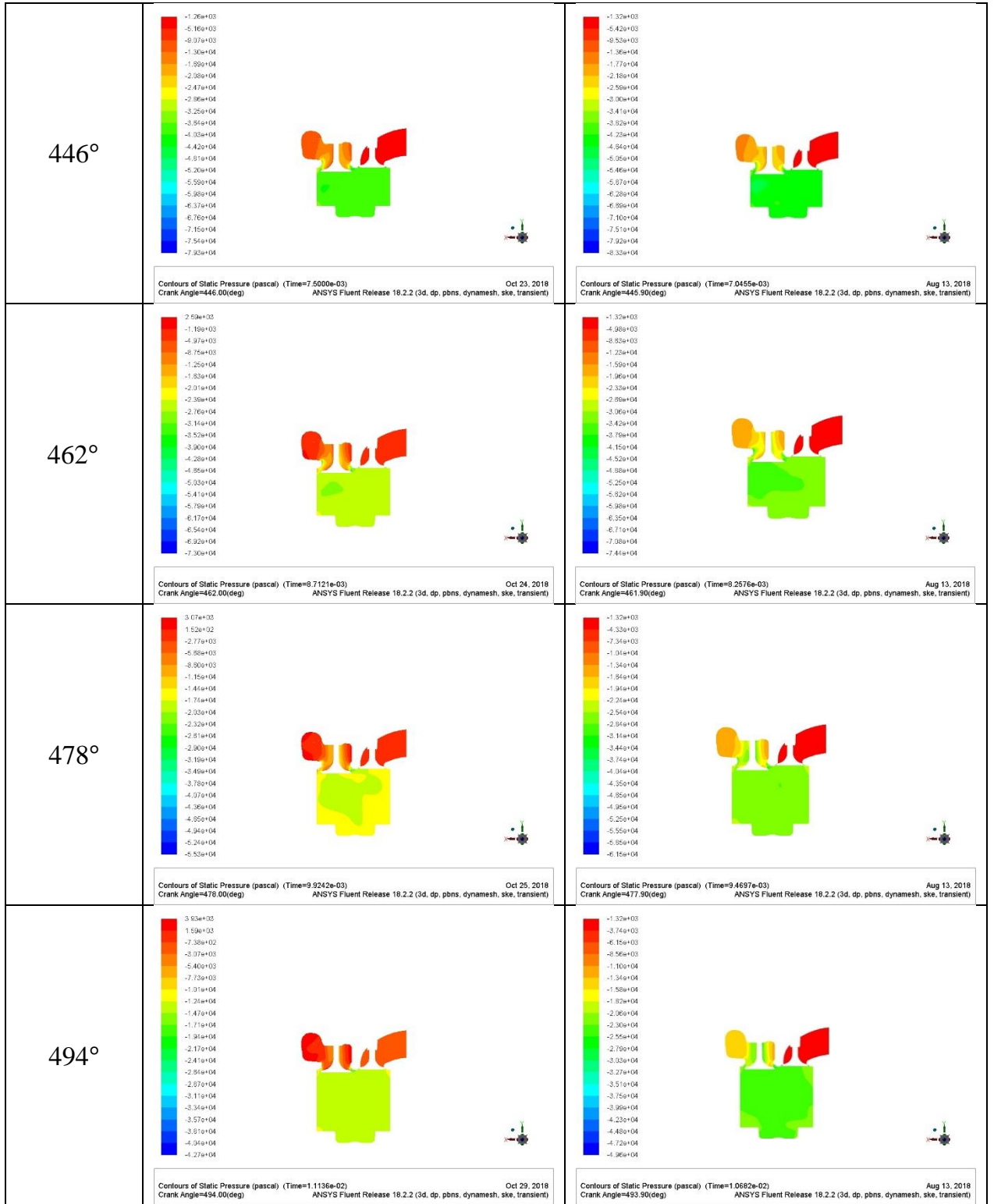


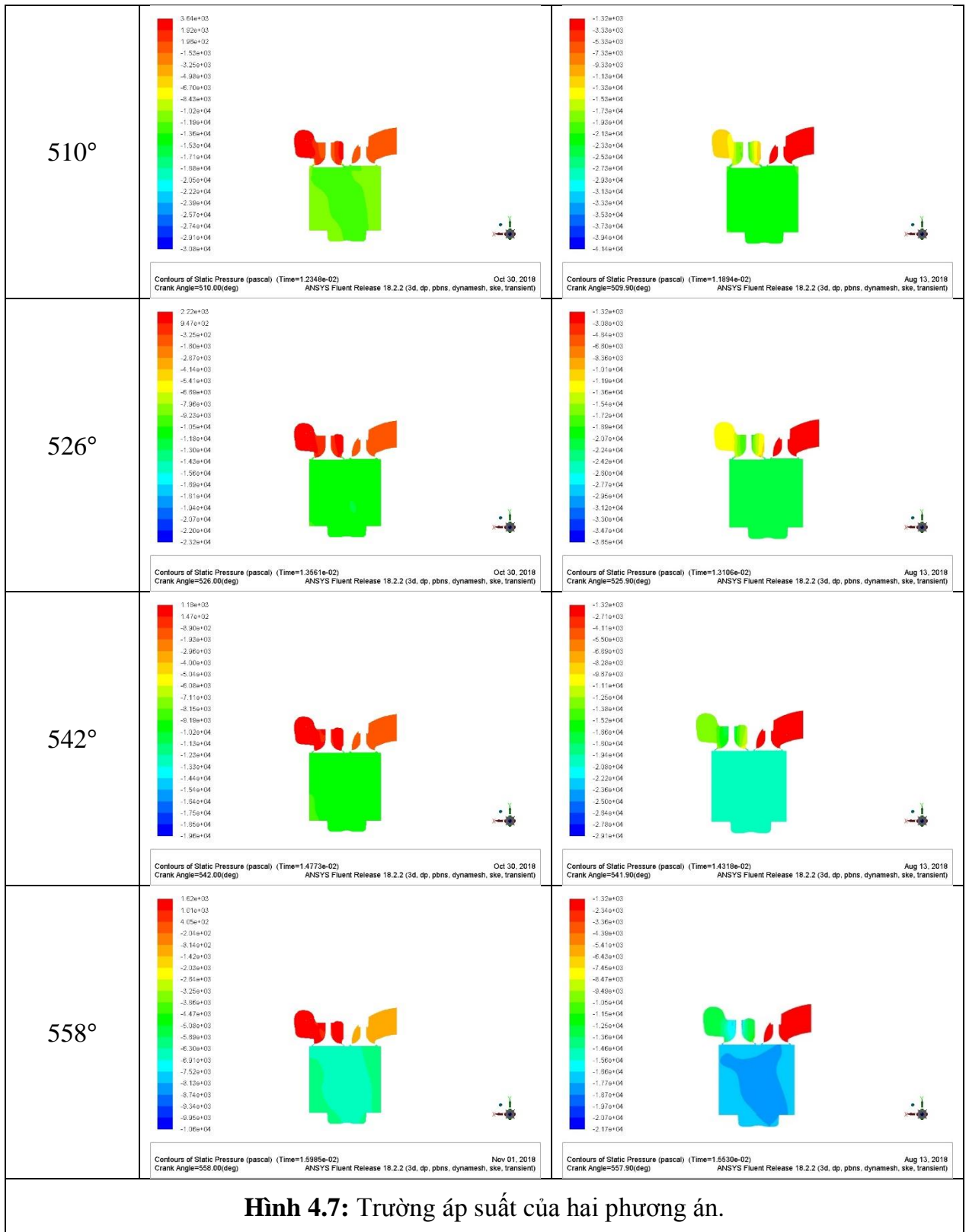


Hình 4.6: Trường vận tốc của hai phương án.

Các kết quả về trường vận tốc ứng với từng góc quay trục khuỷu ở phương án hiện hữu và phương án cải tiến cho thấy rằng ở phương án cải tiến trường vận tốc của dòng không khí tập trung vào vùng trung tâm của xylanh (sự thay đổi dễ nhận thấy nhất là ở góc quay trục khuỷu 462° và 526°) ở cuối quá trình nạp là một tiền đề để hòa trộn lượng hỗn hợp nhiên liệu và không khí tốt hơn.

GQTK	Phương án hiện hữu	Phương án cải tiến
366°	 <p data-bbox="443 694 954 725">Contours of Static Pressure (pascal) (Time=1.4394e-03) Sep 20, 2019 Crank Angle=366.00(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ske, transient)</p>	 <p data-bbox="986 694 1513 725">Contours of Static Pressure (pascal) (Time=9.8485e-04) Aug 13, 2019 Crank Angle=365.90(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ske, transient)</p>
398°	 <p data-bbox="443 1081 954 1113">Contours of Static Pressure (pascal) (Time=3.8636e-03) Sep 27, 2019 Crank Angle=398.00(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ske, transient)</p>	 <p data-bbox="986 1081 1513 1113">Contours of Static Pressure (pascal) (Time=3.4091e-03) Aug 13, 2019 Crank Angle=397.90(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ske, transient)</p>
414°	 <p data-bbox="443 1469 954 1500">Contours of Static Pressure (pascal) (Time=5.0759e-03) Oct 15, 2019 Crank Angle=414.00(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ske, transient)</p>	 <p data-bbox="986 1469 1513 1500">Contours of Static Pressure (pascal) (Time=4.6212e-03) Aug 13, 2019 Crank Angle=413.90(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ske, transient)</p>
430°	 <p data-bbox="443 1856 954 1888">Contours of Static Pressure (pascal) (Time=6.2979e-03) Oct 19, 2019 Crank Angle=430.00(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ske, transient)</p>	 <p data-bbox="986 1856 1513 1888">Contours of Static Pressure (pascal) (Time=5.6333e-03) Aug 13, 2019 Crank Angle=429.90(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ske, transient)</p>



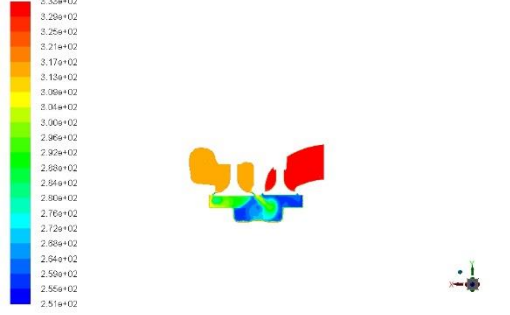

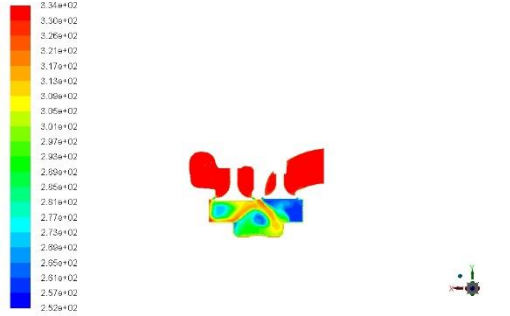
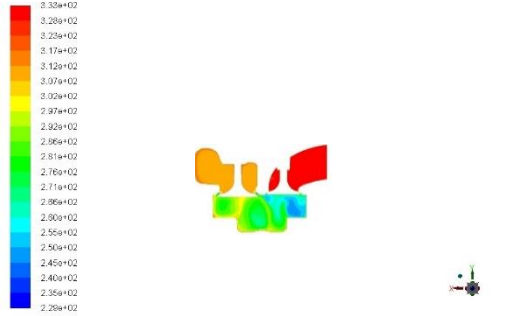


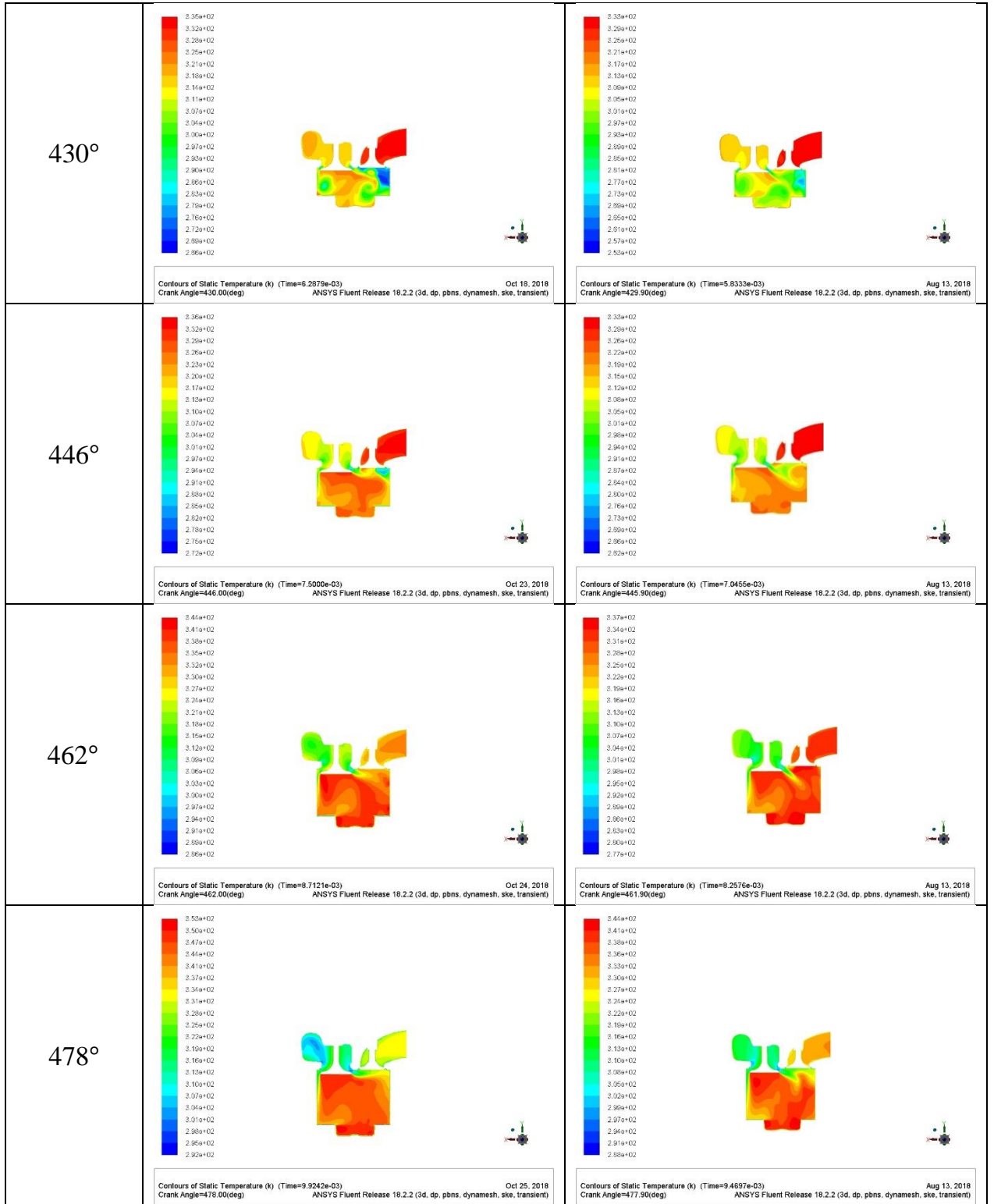


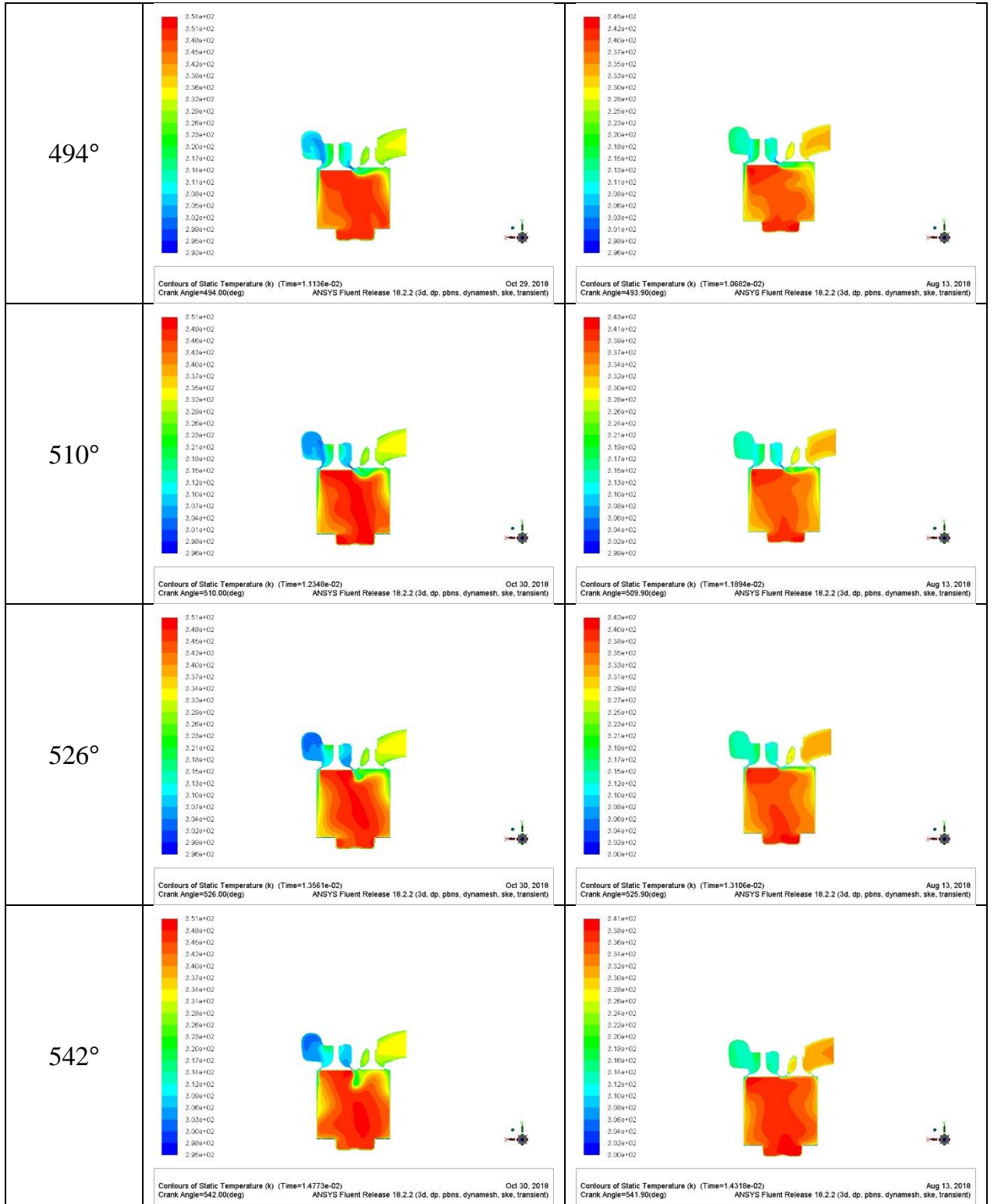
Hình 4.7: Trường áp suất của hai phương án.

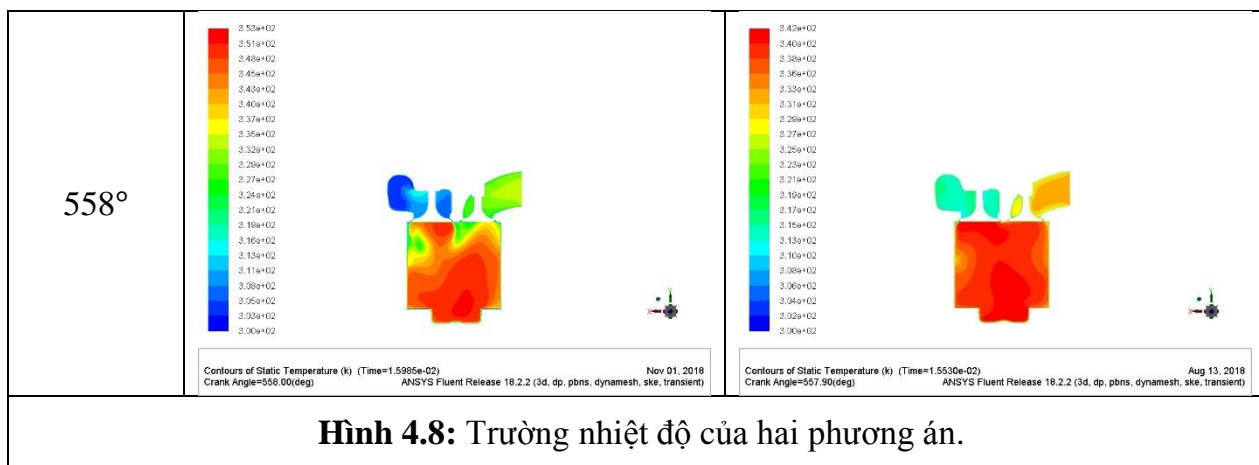
Các kết quả về trường áp suất của hai phương án cho thấy rằng ở phương án hiện hữu trường áp suất ở cuối quá trình nạp (tương ứng 558° góc quay trục khuỷu)

cũng như ở các độ nâng xúpap khác nhau (dễ nhận thấy nhất là ở góc quay trục khuỷu 478° , 510° và 542°) cao hơn so với phương án cải tiến. Từ đó cho thấy, phương án cải tiến có độ chênh áp so với áp suất khí quyển lớn, nên lưu lượng không khí sẽ được hút vào xy lanh nhiều hơn.

GQTK	Phương án hiện hữu	Phương án cải tiến
366°	 <p data-bbox="443 880 954 902">Contours of Static Temperature (K) (Time=1.4334e-03) Sep 20, 2018 Crank Angle=366.00(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ste, transient)</p>	 <p data-bbox="986 880 1497 902">Contours of Static Temperature (K) (Time=9.8435e-04) Aug 13, 2018 Crank Angle=365.50(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ste, transient)</p>
398°	 <p data-bbox="443 1261 954 1283">Contours of Static Temperature (K) (Time=3.8636e-03) Sep 27, 2018 Crank Angle=398.00(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ste, transient)</p>	 <p data-bbox="986 1261 1497 1283">Contours of Static Temperature (K) (Time=3.4091e-03) Aug 13, 2018 Crank Angle=397.50(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ste, transient)</p>
414°	 <p data-bbox="443 1641 954 1664">Contours of Static Temperature (K) (Time=5.0758e-03) Oct 15, 2018 Crank Angle=414.00(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ste, transient)</p>	 <p data-bbox="986 1641 1497 1664">Contours of Static Temperature (K) (Time=4.6212e-03) Aug 13, 2018 Crank Angle=413.50(deg) ANSYS Fluent Release 18.2.2 (3d, dp, pbns, dynamesh, ste, transient)</p>





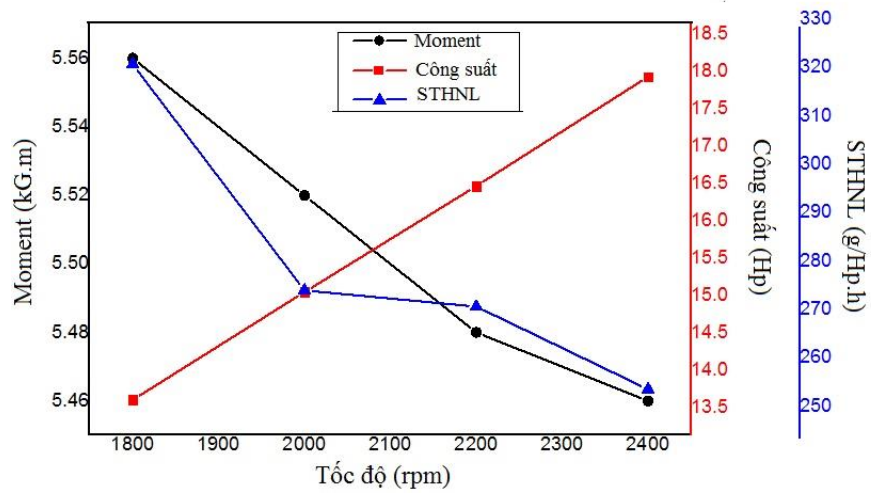


Hình 4.8 là kết quả mô phỏng trường nhiệt độ của 02 phương án. Ở cuối quá trình nạp (tương ứng ở góc quay trục khuỷu 558°) nhiệt độ trong lòng xylanh của phương án cải tiến cao hơn nhiều so với phương án hiện hữu. Đó là cơ sở khẳng định phương án cải tiến có hệ số nạp cao hơn so với phương án hợng nạp hiện hữu. Vì hệ số nào tỷ lệ thuận với nhiệt độ của không khí ở cuối kỳ nạp [21].

4.2 So Sánh kết quả thực nghiệm

4.2.1 Kết quả thực nghiệm đo các thông số vận hành của động cơ VIKYNO RV165-2 sau cải tiến

Vì khả năng đáp ứng tải (hay khả năng giữ tải) của động cơ VIKYNO RV165-2 ở số vòng quay thấp là không ổn định nên trong phạm vi của nghiên cứu này, tác giả chỉ khảo sát đường đặc tính ngoài gồm: moment (M_e), công suất (N_e) và tiêu hao nhiên liệu (g_e) ứng với 4 giá trị tốc độ từ 1800 đến 2400 (v/ph)



Hình 4.9: Đặc tính M_e , N_e và g_e theo tốc độ của động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến.

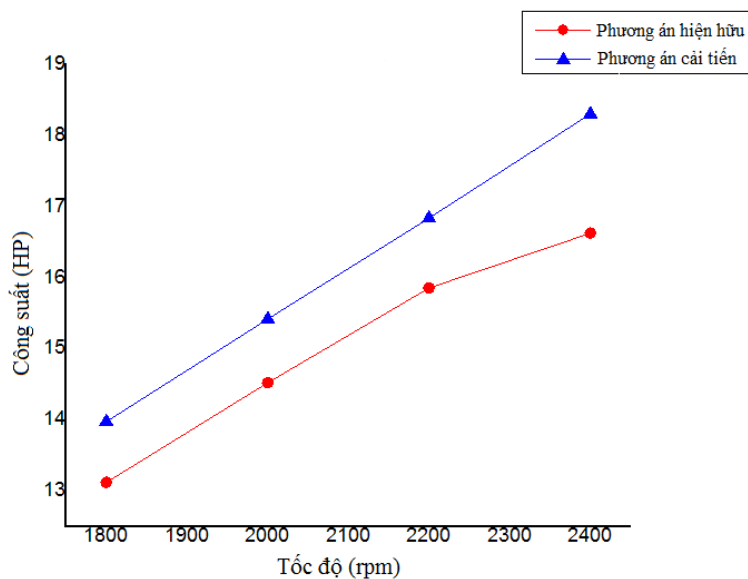
Kết quả dưới dạng bảng:

Bảng 4.1: Kết quả đo các thông số đặc tính ngoài của động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến.

n (rpm)	N_e (Hp)	M_e (KG.m)	g_e (g/HP.h)
1800	13,97	5,56	322,35
2000	15,41	5,52	275,60
2200	16,83	5,48	272,25
2400	18,5	5,54	255,17
Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức	187 (g/HP.h)		

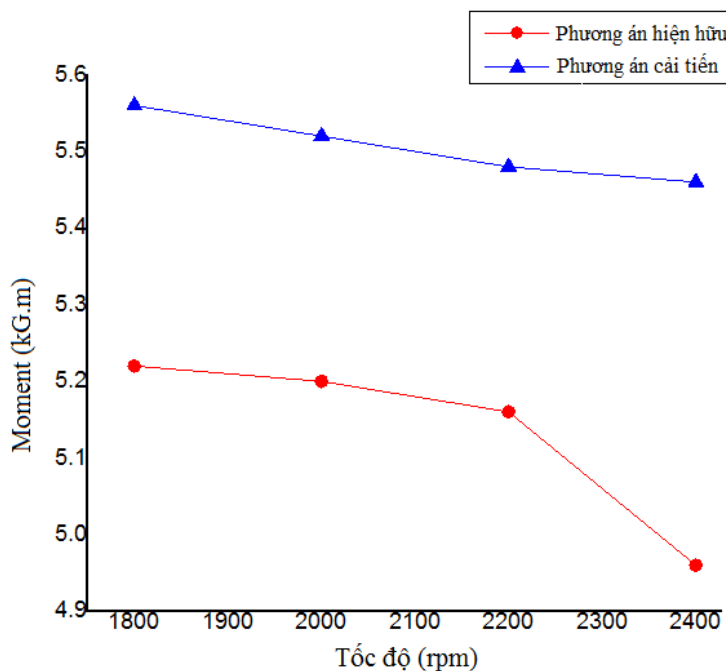
4.2.2 So sánh kết quả thực nghiệm giữa động cơ hiện hữu và động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến

4.2.2.1 Công suất



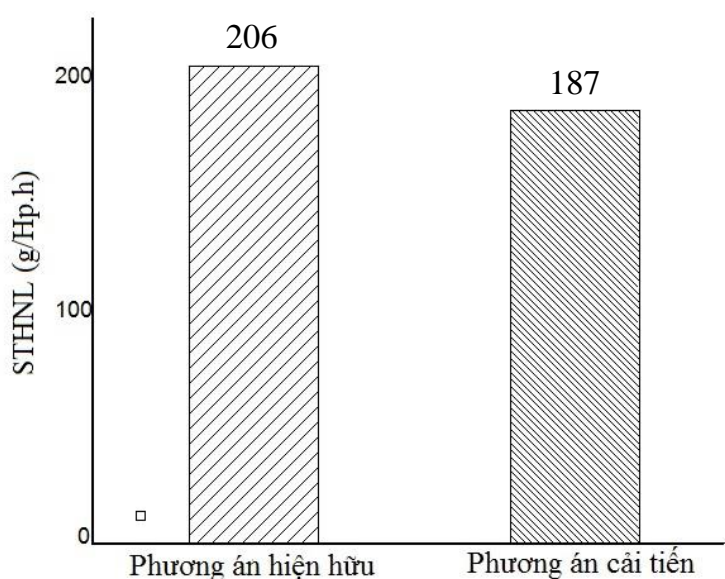
Hình 4.10: Đồ thị so sánh công suất giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến.

4.2.2.2 Moment



Hình 4.11: Đồ thị so sánh moment giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến.

4.2.2.3 Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức (Công suất = 14Hp/2200 vòng/phút)



Hình 4.12: Đồ thị so sánh suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến.

4.2.2.4 Nhận xét kết quả thực nghiệm của động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến toàn bộ hình dạng họng (bên trong lẫn bên ngoài nắp xylanh)

Tương đồng với kết quả mô phỏng số trong Ansys-ICE. Kết quả thực nghiệm cũng thể hiện sự vượt trội của thiết kế cụm họng nạp cải tiến mới ở hầu hết các điểm vận tốc được khảo sát. Công suất max tăng 12,12% từ 16,5 Hp lên 18,5 Hp. Moment max (tại số vòng quay 1800 vòng/phút) tăng 6,5% từ 5,22 KG.m lên 5,56 KG.m (và cao hơn 13,47% với giá trị mà nhà sản xuất công bố trên catalog). Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức giảm 9,23% từ 206 g/Hp.h xuống còn 187 g/Hp.h. Điều này đồng nghĩa nếu động cơ hoạt động liên tục ở công suất định mức (Công suất 14 Hp ở số vòng quay 2200 vòng/phút: công suất mà nhà sản xuất khuyến cáo người tiêu dùng sử dụng), mỗi ngày 8 giờ và liên tục trong 01 năm sẽ tiết kiệm được 936 lít dầu Diesel và thể tích nhiên liệu giảm tiêu thụ giảm đi tương đương với 15.856.000 VNĐ (nếu lấy giá dầu là 16.940 VNĐ/1 lít vào tháng

07 năm 2019). Trong khi đó giá thành của động cơ VIKYNO RV165-2 là 17.000.000 VNĐ/ 1 động cơ.

Các kết quả thực nghiệm này được tổng cục tiêu chuẩn và đo lường chất lượng TRUNG TÂM KỸ THUẬT VÀ ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 đo kiểm và chứng nhận (*phụ lục 13*).

Chương 5

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

5.1 Kết quả đạt được của luận án

Động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến cụm họng nạp dạng xoắn ốc hoạt động hiệu quả hơn: công suất max tăng 11,6% và suất tiêu hao nhiên liệu giảm 10,1% mang lại hiệu quả kinh tế rõ rệt và sẽ được ứng dụng sản xuất hàng loạt tại công ty SVEAM và mang lại lợi ích kinh tế rõ rệt, tăng tính cạnh tranh với các sản phẩm cùng loại của Trung Quốc và Nhật Bản.

5.2 Đóng góp mới của luận án

Hiện nay, nhu cầu sử dụng các động cơ cỡ nhỏ có công suất tương đối dùng trong nông – lâm - ngư nghiệp tại Việt Nam là lớn. Nhiều loại động cơ Trung Quốc, Đài Loan,... xuất hiện hầu như khắp nơi trên thị trường Việt Nam, với nhiều chủng loại thế hệ mới có công suất cao, nhỏ gọn, kiểu dáng đẹp, hiện đại, mức tiêu hao nhiên liệu tương đối thấp và có phần chiếm thế thượng phong trên thị trường so với dòng động cơ sản xuất trong nước. Chính vì thế, việc nâng cao tính năng làm việc và chất lượng các dòng động cơ mang thương hiệu của người Việt là cần thiết. Trong đó, động cơ diesel 1 xylanh, phun trực tiếp VIKYNO RV165-2 với công suất 16,5 mã lực được sản xuất tại SVEAM có thể xem là một trong những sản phẩm đặc trưng của các dòng động cơ Diesel Việt Nam, hoàn toàn do đội ngũ kỹ sư Việt Nam thiết kế và chế tạo.

Tuy nhiên, do ra đời cách đây hơn mười năm, việc ứng dụng khoa học công nghệ vào thiết kế tại thời điểm đó là hạn chế, cùng với đó là sự hạn chế về mặt công nghệ chế tạo nên trong quá trình vận hành động cơ vẫn tồn tại những vấn đề như: độ nhám bề mặt của các chi tiết cơ khí chưa đạt yêu cầu, hệ số nạp chưa cao, dẫn đến chưa đạt được những tính năng tốt nhất, mức tiêu hao nhiên liệu cao...Điều này

được phản ánh cụ thể qua quá trình chạy thực nghiệm: suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức cao hơn 15% so với động cơ tương đồng của KUBOTA, phát thải ô nhiễm thì cách quá xa tiêu chuẩn TIER II. Trong khi, các dòng động cơ của KUBOTA đều đạt được tiêu chuẩn này. Để có thể vươn tầm, thâm nhập vào các thị trường của các nước phát triển như: Thái Lan, Ấn Độ... thì việc cải thiện sự phát thải ô nhiễm của động cơ RV165-2 là một việc làm hết sức quan trọng.

Có nhiều phương pháp có thể nghiên cứu để nâng cao công suất, giảm suất tiêu hao nhiên liệu, giảm phát thải ô nhiễm ra môi trường. Tuy nhiên, phương án cải tiến cụm họng nạp được lựa chọn cho nghiên cứu này vì việc chế tạo và gia công các chi tiết và cụm chi tiết này là tương đối dễ dàng, giá thành rẻ, hơn nữa có thể áp dụng các phương pháp tính toán và mô phỏng khí động học số tiên tiến của thời đại công nghiệp 4.0.

Lần đầu tiên, mô hình họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 được tham số và xây dựng hoàn toàn tự động bằng các biến thiết kế và hàm số. Đây là bước tiến quan trọng giúp quá trình thiết kế diễn ra nhanh hơn và làm cơ sở cho công tác cải tiến và tối ưu hóa đường nạp động cơ không chỉ cho động cơ VIKYNO RV165-2 mà còn cho các dòng động cơ RV khác của công ty SVEAM.

Quá trình tính toán mô phỏng cụm họng / xúpap động cơ VIKYNO RV165-2 một cách tự động không chỉ đẩy nhanh quá trình thiết kế, mà còn đặt viên gạch đầu tiên cho quá trình nghiên cứu và ứng dụng khoa học công nghệ vào công tác thiết kế động cơ tại SVEAM. Góp phần nâng cao trình độ của đội ngũ thiết kế cũng như chất lượng sản phẩm của Công ty, tăng tính cạnh tranh trên thị trường trong và ngoài nước.

Luận án đã lần đầu tiên phát họa mối quan hệ phức tạp giữa hệ số nạp (volumetric efficiency) và hệ số xoáy (swirl ratio) cho dòng động cơ VIKYNO RV165-2 nói riêng và tất cả các dòng động cơ có biên dạng họng nạp xoắn ốc của SVEAM nói chung. Trên cơ sở đó, giúp chúng ta có cái nhìn cụ thể hơn với quan hệ

này, đặt nền móng cho việc kiểm soát đồng thời cả hai giá trị này trong quá trình thiết kế động cơ.

5.3 Hướng phát triển của luận án

Qua quá trình nghiên cứu, luận án có được những kết quả tích cực, mang lại hiệu quả trong việc cải thiện tính năng kỹ thuật của động cơ VIKYNO RV165-2 lần hiệu quả về mặt kinh tế. Tuy nhiên, luận án cũng còn những hạn chế như: quá trình mô phỏng chưa thể xét đến ảnh hưởng của độ nhám bề mặt họng nạp trong việc mô phỏng tính toán số, chưa đánh giá đầy đủ được mối quan hệ giữa hệ số xoáy dọc (swirl ratio) và hệ số xoáy ngang (Tumble ratio) để qua đó có cái nhìn toàn diện hơn về quá trình hình thành hỗn hợp cháy của đối tượng nghiên cứu. Làm tiền đề cho những hướng cải tiến tiếp theo như: thiết kế cải tiến biên dạng đỉnh piston để tăng hệ số xoáy (xoáy dọc và xoáy ngang), tối ưu hóa pha phối khí của động cơ, ...

Luận án chỉ dừng lại ở việc đánh giá các tính năng kỹ thuật và kinh tế của động cơ mà bỏ qua việc đánh giá tính chất phát thải ô nhiễm của đối tượng (CO, NO_x, Soot,...). Đây là một yếu tố quan trọng và nhận được sự quan tâm rất nhiều trong thời đại công nghiệp lần thứ 4, là tiêu chuẩn đánh giá quan trọng của động cơ, đặc biệt là động cơ Diesel, là rào cản để có thể thâm nhập vào thị trường của các nước có nền khoa học tiên tiến như: Thái Lan, Ấn Độ,... Vì thế, một trong những hướng phát triển tiếp theo của luận án này là đánh giá tính chất phát thải ô nhiễm của động cơ VIKYNO RV165-2 trước và sau khi cải tiến. Qua đó, có cái nhìn toàn diện hơn về hiệu quả của nghiên cứu mang lại, cũng như làm tiền đề cho những nghiên cứu cải tiến tiếp theo.

Phụ lục 1

TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH NẠP ĐỘNG CƠ VIKYNO RV165-2

1. Áp suất và nhiệt độ không khí nạp p_0, T_0

Ta chọn áp suất khí nạp bằng áp suất khí quyển $p_0 = 0,1 \text{ MPa}$.

Nhiệt độ không khí nạp là một thông số rất quan trọng, nó không những quyết định cho việc sấy nóng hay không sấy nóng khí nạp mới mà còn ảnh hưởng tới khả năng nạp đầy khí nạp mới vào xi-lanh động cơ. Nhiệt độ khí nạp mới chủ yếu phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường nơi động cơ hoạt động. Nhiệt độ trung bình của nước ta là 29°C , do đó. $T_0 = T_k = (t_{kk} + 273)\text{K} = 29 + 273 = 302^\circ\text{K}$.

Áp suất cuối quá trình nạp $p_a = 0,086 \text{ MPa}$.

2. Áp suất và nhiệt độ khí nạp trước xupap nạp p_k, T_k

Áp suất p_k của động cơ bốn kỳ không tăng áp thường nhỏ hơn p_0 ($p_k < p_0$) vì khi đi vào đường ống nạp thường gặp lực cản của bầu lọc không khí.

Nhiệt độ khí nạp trước xupap nạp T_k tương đương với T_0 .

Chọn $p_k = 0,1013 \text{ MPa}$ và $T_k = T_0 = 302^\circ\text{K}$.

3. Áp suất khí sót p_r

Áp suất khí sót là một thông số quan trọng đánh giá mức độ thải sạch sản phẩm cháy ra khỏi xi-lanh động cơ. Áp suất khí sót được xác định bằng quan hệ sau :

$$p_r = p_{th} + \Delta p_r \quad (1)$$

Với Δp_r là tổn thất trong quá trình thải, chủ yếu phụ thuộc vào trở lực trên đường thải (động cơ có lắp bình tiêu âm, thiết bị xử lý khí thải, bình chứa khí thải hay không), tốc độ quay của động cơ và tiết diện lưu thông của họng xupap thải.

$$\Delta p_r = \frac{k \cdot n^2}{f_{th}^2} \quad (2)$$

Giá trị của áp suất khí sót p_r phụ thuộc vào các yếu tố sau:

Diện tích tiết diện thông qua của các xupap xả.

Biên độ, độ cao, góc mở sớm, đóng muộn của xupap xả.

Động cơ có lắp hệ thống tăng áp bằng khí xả hay không.

Độ cản của bình tiêu âm, bộ xúc tác khí xả..

Đối với động cơ diesel thì $p_r = (0,106 \div 0,115)$ MPa, ta chọn $p_r = 0,106$ MPa.

4. Nhiệt độ khí sót T_r

Giá trị của T_r phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như tỷ số nén ε , thành phần hỗn hợp, tốc độ quay n , góc đánh lửa sớm (ở động cơ xăng), hoặc góc phun sớm nhiên liệu (ở động cơ Diesel).

Giá trị của tỷ số nén càng cao thì khí cháy giãn nở càng nhiều nên T_r càng thấp. Xi-lanh thành phần hỗn hợp càng phù hợp thì quá trình cháy xảy ra càng nhanh, ít cháy rớt nên T_r càng giảm.

Nếu góc phun sớm nhiên liệu quá nhỏ thì quá trình cháy rớt tăng lên nên T_r cao.

Đối với động cơ diesel 4 kỳ thì $T_r = (700 \div 900)$ °K, ta chọn T_r có giá trị trung bình. Chọn: $T_r = 800$ °K.

5. Độ tăng nhiệt độ khí nạp mới ΔT

Khí nạp mới khi chuyển động trong đường ống nạp vào trong xi-lanh của động cơ do tiếp xúc với vách nóng nên được sấy nóng lên một trị số nhiệt độ là ΔT .

Mức độ sấy nóng khí nạp mới phụ thuộc vào tốc độ lưu thông của khí nạp, thời gian nạp dài hay ngắn, ngoài ra cũng phụ thuộc vào mức độ chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt tiếp xúc của xi-lanh với khí nạp.

Theo [20] trang 32, độ tăng nhiệt độ ΔT được xác định theo thực nghiệm $\Delta T = 10 \div 25^0\text{K}$. Do động cơ có đường nạp ngắn nên sự tiếp xúc giữa khí nạp và thành động cơ ít nên ta chọn ΔT ở giới hạn thấp $\Delta T = 10^0\text{C}$.

6. Áp suất cuối quá trình nạp p_a

Đối với động cơ không tăng áp áp suất cuối quá trình nạp trong xi-lanh thường nhỏ hơn áp suất khí quyển, do có tổn thất trên ống nạp và tại bầu lọc gây nên.

Theo [20] trang 29, áp suất cuối quá trình nạp thường có giá trị : $p_a = [0,8 \div 0,95]p_o$

Chọn: $p_a = 0,848$; $p_o = 0,085$ MPa

Trong đó: $p_o = 0,1013$ MPa là áp suất khí nạp trước xúpap nạp.

7. Hệ số nạp η_v

Hệ số khí nạp được tính theo công thức (1.12), trang 35 [20] ta có:

$$\eta_v = \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{T_k}{T_k + \Delta T} \cdot \frac{p_a}{p_k} \left[\varepsilon \cdot \lambda_1 - \lambda_1 \lambda_2 \left(\frac{p_r}{p_a} \right)^{\frac{1}{m}} \right]$$

$$\Rightarrow \eta_v = \frac{1}{18 - 1} \cdot \frac{302}{302 + 10} \cdot \frac{0,085}{0,1013} \left[18 \cdot 1,03 - 1,11 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,106}{0,085} \right)^{\frac{1}{1,5}} \right] = 0,824$$

Trong đó:

m : chỉ số nén đa biến trung bình của không khí, chọn $m = 1,5$.

λ_1 : Hệ số nạp thêm ,biểu thị sự tương quan lượng tăng tương đối của hỗn hợp khí công tác sau khi nạp thêm so với lượng khí công tác chiếm chỗ ở thể tích V_a .

Theo [20], hệ số nạp thêm được chọn trong giới hạn $\lambda_1 = 1,02 \div 1,07$. Chọn hệ số nạp thêm $\lambda_1 = 1,03$.

Hệ số hiệu chỉnh tỉ nhiệt λ_t phụ thuộc vào hệ số dư lượng không khí α và nhiệt độ khí sót T_r .

Theo [20], thực nghiệm thống kê với động cơ Diesel ta có thể lấy $\lambda_t = 1,11$.

$\lambda_2 = 1$: do động cơ không quét buồng cháy.

8. Xác định hệ số khí sót γ_r

Hệ số khí sót được tính theo công thức (1.13) trang 36 [20]:

$$\gamma_r = \frac{\lambda_2(T_k + \Delta T)}{T_r} \frac{p_r}{p_a} \frac{1}{\varepsilon^{\lambda_1 - \lambda_t} \lambda_2 \left(\frac{p_r}{p_a}\right)^{\frac{1}{m}}}$$

$$\gamma_r = \frac{1 \cdot (302 + 10)}{800} \frac{0,106}{0,085} \frac{1}{18,1 \cdot 0,3 - 1,11 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,106}{0,085}\right)^{1,5}} = 0,028$$

9. Nhiệt độ cuối quá trình nạp T_a

Nhiệt độ môi chất cuối quá trình nạp T_a lớn hơn T_k và nhỏ hơn T_r là do kết quả của việc truyền nhiệt từ các bề mặt nóng tới môi chất mới khi tiếp xúc và việc hòa trộn của môi chất với khí sót lớn hơn.

Nhiệt độ cuối quá trình nạp được tính như sau :

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{302 + 10 + 0,028 \cdot 800}{1 + 0,028} = 325^\circ \text{K}$$

10. Xác định các thông số cơ bản của cơ cấu phân phối khí nạp

Tính cao tốc của động cơ được xác định thông qua tốc độ trung bình của piston theo công thức (1.2) [20], $V_p = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{97 \cdot 10^{-3} \cdot 2400}{30} = 7,76 \text{ (m/s)}$. Ta có $6 \text{ (m/s)} < V_p = 7,76 < 9 \text{ (m/s)}$, do đó động cơ tham khảo là động cơ có tốc độ trung bình.

11. Hành trình xupap

Hành trình xupap được tính theo công thức:

$$h_n = h_{cn} \cdot \frac{l_{xp}}{l_c} = 7,551(\text{mm})$$

Trong đó:

$h_{cn} = 5 \text{ mm}$: Độ nâng của cam nạp.

$l_{xp} = 37 \text{ mm}$: Chiều dài cánh tay đòn cần mổ phía xupap.

$l_c = 24,5 \text{ mm}$: Chiều dài cánh tay đòn cần mổ phía cam.

12. Tiết diện lưu thông của xupap

Với góc côn của đầu xupap $\alpha = 45^\circ$, tiết diện lưu thông của xupap được xác định theo công thức:

$$f_{kln} = \pi \cdot h_n (0,707d_{hn} + 0,353h_n) = 697,812 (\text{mm}^2)$$

Trong đó:




$d_{hn} = 49 \text{ mm}$: Đường kính họng nạp

$h_n = 6,04 \text{ mm}$: Hành trình xupap

Phụ lục 2

GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN CÁC THIẾT BỊ ĐO CỦA CÔNG TY SVEAM

1. Phương tiện đo: PULSE METER

TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3		07/05/2019 Page : 01/03			
KT3-0402BDE9/2		GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN CERTIFICATE OF CALIBRATION <small>Số giấy chứng nhận đăng ký cung cấp dịch vụ/ Service License N°: DK 03</small>			
1. Phương tiện đo/Object : PULSE METER					
2. Nơi sản xuất/Manufacturer : AUTONICS - KOREA					
3. Kiểu/Type : MP5W-48 SN: 304258 ID: N/A					
4. Đặc trưng kỹ thuật/Specification : Phạm vi đo/Range : 0 - 99 999 r/min					
5. Khách hàng: CÔNG TY TNHH MTV ĐỘNG CƠ VÀ MÁY NÔNG NGHIỆP MIỀN NAM Customer Khu phố 1, Bình Đa, Biên Hòa, Đồng Nai					
6. Nơi hiệu chuẩn: TRUNG TÂM KỸ THUẬT 3/QUATEST 3 Place of Calibration 7 Đường 1, KCN Biên Hòa 1, Đồng Nai					
7. Phương pháp hiệu chuẩn: QTHC/KT3 84: 2015 Thiết bị hiệu chuẩn đa năng - Quy trình hiệu chuẩn Method of Calibration Multifunction Calibrators - Calibration Procedure					
8. Chuẩn sử dụng/Standards Used :					
ID	Description	Traceable to	Cal. Date	Due Date	
DE1795	Handy Calibrator	VMI - VIỆT NAM	03/2019	03/2020	
9. Môi trường hiệu chuẩn/Calibration Environment :				[23 ± 2] °C	[50 ± 10] %RH
10. Hiệu chỉnh phương tiện đo/Adjustment :				<input checked="" type="checkbox"/> Không/No	<input type="checkbox"/> Có/Yes
11. Ngày hiệu chuẩn/Date of Calibration :				07/05/2019	
12. Tem hiệu chuẩn/Calibration Label :				KT3-0402BDE9/2	
TL. TRƯỞNG PDL ĐIỆN PP. HEAD OF ELECTRICAL MEAS. LAB.		KT. GIÁM ĐỐC/ FOR DIRECTOR PHÓ GIÁM ĐỐC/ VICE DIRECTOR			
 Nguyễn Minh Mão		 Lương Thanh Uyên			
<small>1. Các kết quả hiệu chuẩn ghi trong giấy chứng nhận này chỉ có giá trị đối với phương tiện đo đã được hiệu chuẩn ở trên đây. The calibration results in this certificate are applicable to the above calibrated instrument only.</small>					
<small>2. N/A: không áp dụng. / Not applicable.</small>					
<small>3. Không được trích sao một phần giấy chứng nhận hiệu chuẩn này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. This certificate shall not be reproduced, except in full, without the written permission by Quatest 3.</small>					
<small>4. Tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nội tại giấy này. / Name of customer is written as customer's request.</small>					
<small>5. Độ không đảm bảo đo mở rộng ước lượng được tính với k = 2, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ trên để biết thêm thông tin. Estimated expanded uncertainty of measurement with k = 2, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the above address for further information.</small>					
<small>6. Ngày hiệu chuẩn kế tiếp tùy thuộc vào khách hàng. / Recalibration date depends on the customer.</small>					
<small>7. Phòng Đo lường đã được Văn phòng Công nhận Chất lượng (BoA) - Việt Nam công nhận phù hợp theo ISO/IEC 17025:2005 (Vilas 036). Các chỉ tiêu có dấu (*) là chưa được công nhận. The Measurement Lab is accredited as conforming to ISO/IEC 17025:2005 by Bureau of Accreditation - Vietnam (Vilas 036). The characteristics marked with (*) are not accredited yet.</small>					
<small>Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam</small>		<small>Tel: (84-28) 3829 4274</small>		<small>Fax: (84-28) 3829 3012</small>	
<small>Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 EZ, Dong Nai, Vietnam</small>		<small>Tel: (84-251) 383 6212</small>		<small>Fax: (84-251) 383 6298</small>	
<small>CS lot, K1 road, Cat Lai IZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam</small>		<small>Tel: (84-28) 3742 3160</small>		<small>Fax: (84-28) 3742 3174</small>	
<small>Website: www.quatest3.com.vn</small>		<small>E-mail: tnc-skh@quatest3.com.vn</small>		<small>E-mail: tnc-skh@quatest3.com.vn</small>	
<small>Lần sửa đổi: 0</small>		<small>BH12 (07/2018)</small>		<small>MOSVL/1 - TTTN09</small>	

KT3-0402BDE9/2

GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN

CERTIFICATE OF CALIBRATION

07/05/2019

Page: 02/03

Số giấy chứng nhận đăng ký cung cấp dịch vụ/ Service License N°: DK

13. Kết quả hiệu chuẩn/Results of calibration

Giá trị chỉ thị Indication Value	Giá trị chuẩn Reference Value	Sai số Error	Độ không chắc chắn Uncertainty
14 r/min	1 Hz	15 r/min	- 1 r/min
149 r/min	10 Hz	150 r/min	- 1 r/min
1500 r/min	100 Hz	1500 r/min	0 r/min
15000 r/min	1000 Hz	15000 r/min	0 r/min
30001 r/min	2000 Hz	30000 r/min	+ 1 r/min
75001 r/min	5000 Hz	75000 r/min	+ 1 r/min
90002 r/min	6000 Hz	90000 r/min	+ 2 r/min



TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3


QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3

Head Office: #9 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3829 4274 Fax: (84-28) 3829 3912 Website: www.quatest3.com.vn
 Branch: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 LZ, Dong Nai, Vietnam Tel: (84-251) 383 6312 Fax: (84-251) 383 6268 E-mail: hq@qh@quatest3.com.vn
 C5 lot, KI road, Cat Lai LZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3742 3174 E-mail: tn-cs@qh@quatest3.com.vn

Lần sửa đổi: 0

BH12 (07/2018)


M05VL/2 - TTTN09

KT3-0402BDE9/2	GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN CERTIFICATE OF CALIBRATION <i>Số giấy chứng nhận đăng ký cung cấp dịch vụ/ Service License N°: ĐK</i>	07/05/2019 Page : 03/03
<p>14. Thông tin khác/Other Informations</p> <p>14.1 Độ không đảm bảo đo/Uncertainty Độ KĐBĐ là độ không đảm bảo đo mở rộng được tính từ độ không đảm bảo đo chuẩn nhân với hệ số phủ $k = 2$, phân bố chuẩn tương ứng với 95 % độ tin cậy. Xác định độ không đảm bảo đo chuẩn theo tài liệu JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM); EA-4/02 & NIST TN 1297.</p> <p><i>The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95 %. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with above documents.</i></p> <p>14.2 Liên kết chuẩn/Traceability Giấy chứng nhận hiệu chuẩn này thể hiện việc liên kết chuẩn đến chuẩn quốc gia, với đơn vị đo tuân thủ theo hệ đơn vị đo quốc tế SI. Nơi sử dụng thiết bị cần phải hiệu chuẩn lại thiết bị theo định kỳ phù hợp. <i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i></p> <p>14.3 Phương pháp hiệu chuẩn/Calibration Method a. Phương tiện đo được hiệu chuẩn bằng cách so sánh trực tiếp với các chuẩn của Trung tâm Kỹ thuật 3 được nêu tại Mục 8. <i>The equipment under calibration was calibrated by direct comparison with standards of Quatest 3 as description at Item 8.</i> b. Các kết quả hiệu chuẩn được thực hiện với bốn lần đo để tính giá trị trung bình và sai số. <i>All calibration results are based on four time measurements, from which the average and errors are calculated.</i></p> <p>14.4 Điều kiện/Conditions a. Các giá trị có đơn vị đo không thuộc hệ SI, được chuyển đổi từ hệ SI theo các bảng trong tài liệu NĐ 86/2012/NĐ-CP; BIPM SI Brochure & NIST SP 811. <i>All non-SI values were converted from SI units via conversion factors in above documents.</i> b. Kết quả hiệu chuẩn chỉ có giá trị tương ứng với điều kiện theo phương pháp hiệu chuẩn nêu ở Mục 7. <i>Calibration results are valid with respect to the procedure conditions as description at Item 7. only.</i></p> <p>14.5 Hiệu chuẩn lại/Recalibration Ngày đề nghị hiệu chuẩn lại theo yêu cầu của khách hàng: 07/05/2020 <i>Recommended recalibration date as request of customer.</i></p>		
 <p>TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3</p> <p>Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Tel: (84-20) 3829 4274 Fax: (84-20) 3829 2012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: No. 7, road No. 1, Ben Hoa 1 Iz, Dong Nai, Vietnam Tel: (84-251) 383 6212 Fax: (84-251) 383 6298 E-mail: tn-cskh@quatest3.com.vn C5 lot, KI road, Cat Lai Iz, Dist. 2, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3742 3174 E-mail: tn-cskh@quatest1.com.vn</p> <p>Lần sửa đổi: 0 BHI12 (07/2018) M05VL/2 – TTTN09</p>		

Hình 1. Giấy chứng nhận hiệu chỉnh phương tiện đo PULSE METER của tổng cục tiêu chuẩn và đo lường chất lượng TRUNG TÂM KỸ THUẬT VÀ ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3





2. Đồng hồ bấm giây điện tử

 TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3				
KT3-0402BDE9/1	GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN CERTIFICATE OF CALIBRATION <small>Số giấy chứng nhận đăng ký cung cấp dịch vụ/ Service License N°: DK 03</small>		07/05/2019 Page : 01/02	
1. Phương tiện đo/Object :	ĐỒNG HỒ BẮM GIẤY ĐIỆN TỬ DIGITAL STOPWATCH			
2. Nơi sản xuất/Manufacturer :	Q&Q - CHINA			
3. Kiểu/Type :	HS43	SN: 0402BDE9/1	ID: N/A	
4. Đặc trưng kỹ thuật/Specification :	Phạm vi đo/Range : 0 - 24 h Độ phân giải/Resolution : 0,01 s; 1 s			
5. Khách hàng: Customer :	CÔNG TY TNHH MTV ĐỘNG CƠ VÀ MÁY NÔNG NGHIỆP MIỀN NAM Khu phố 1, Bình Đa, Biên Hòa, Đồng Nai			
6. Nơi hiệu chuẩn: Place of Calibration :	TRUNG TÂM KỸ THUẬT 3/QUATEST 3 7 Đường 1, KCN Biên Hòa 1, Đồng Nai			
7. Phương pháp hiệu chuẩn: Method of Calibration :	QTHC/KT3 66: 2018 Đồng hồ bấm giây - Quy trình hiệu chuẩn Stopwatches - Calibration Procedure			
8. Chuẩn sử dụng/Standards Used :	-			
ID	Description	Traceable to	Cal. Date	Due Date
DE1898	Time Calibrator	VMI - VIỆT NAM	03/2019	03/2020
9. Môi trường hiệu chuẩn/Calibration Environment :	[23 ± 2] °C			[50 ± 10] %RH
10. Hiệu chỉnh phương tiện đo/Adjustment :	<input checked="" type="checkbox"/> Không/No		<input type="checkbox"/> Có/Yes	
11. Ngày hiệu chuẩn/Date of Calibration :	07/05/2019			
12. Tem hiệu chuẩn/Calibration Label :	KT3-0402BDE9/1			
TL. TRƯỞNG P&L ĐIỆN PP. HEAD OF ELECTRICAL MEAS. LAB.		KT. GIÁM ĐỐC/ FOR DIRECTOR PHÓ GIÁM ĐỐC/ VICE DIRECTOR		
 Nguyễn Minh Mẫn		 Trương Thanh Uyên		
1. Các kết quả hiệu chuẩn ghi trong giấy chứng nhận này chỉ có giá trị đối với phương tiện đo đã được hiệu chuẩn ở trên đây. The calibration results in this certificate are applicable to the above calibrated instrument only. 2. N/A: không áp dụng / Not applicable. 3. Không được trích sao một phần giấy chứng nhận hiệu chuẩn này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. This certificate shall not be reproduced, except in full, without the written permission by Quatest 3. 4. Tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. Tên của khách hàng là viết tắt của khách hàng. 5. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được trình với k = 2, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ trên để biết thêm thông tin. Estimated expanded uncertainty of measurement with k = 2, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the above address for further information. 6. Ngày hiệu chuẩn kế tiếp tùy thuộc vào khách hàng. / Recalibration date depends on the customer. 7. Phòng Đo lường đã được Văn phòng Công nhận Chất lượng (BoA) - Việt Nam công nhận phù hợp theo ISO/IEC 17025:2005 (Vilas 036). Các chỉ tiêu có dấu (*) là chưa được công nhận. The Measurement Lab is accredited as conforming to ISO/IEC 17025:2005 by Bureau of Accreditation - Vietnam (Vilas 036). The characteristics marked with (*) are not accredited yet.				
Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 LZ, Dong Nai, Vietnam 63 lot, K1 road, Cai Lai LZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam		Tel: (84-28) 3829 4274 Tel: (84-251) 383 6212 Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3829 3012 Fax: (84-251) 383 6298 Fax: (84-28) 3742 3174 Website: www.quatest3.com.vn E-mail: tn-sakh@quatest3.com.vn E-mail: tn-sakh@quatest3.com.vn		
Lần sửa đổi: 0		BH12 (07/2018)		M05VL/1 - TTTN09

KT3-0402BDE9/1	GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN CERTIFICATE OF CALIBRATION <small>Số giấy chứng nhận đăng ký cung cấp dịch vụ/ Service License N°: 863/2018</small>	07/05/2019 Page : 02/02				
<p>13. Kết quả hiệu chuẩn/ <i>Results of calibration</i></p> <table border="1"> <tr> <td>Độ lệch thời gian tương đối, s/d [giây trên ngày] <i>Relative Time Difference</i></td> <td>Độ KĐBĐ, s/d <i>Measurement Uncertainty</i></td> </tr> <tr> <td>+ 0,92</td> <td>0,02</td> </tr> </table>			Độ lệch thời gian tương đối, s/d [giây trên ngày] <i>Relative Time Difference</i>	Độ KĐBĐ, s/d <i>Measurement Uncertainty</i>	+ 0,92	0,02
Độ lệch thời gian tương đối, s/d [giây trên ngày] <i>Relative Time Difference</i>	Độ KĐBĐ, s/d <i>Measurement Uncertainty</i>					
+ 0,92	0,02					
<p>14. Thông tin khác/<i>Other Informations</i></p> <p>14.1 Độ không đảm bảo đo/Uncertainty Độ KĐBĐ là độ không đảm bảo đo mở rộng được tính từ độ không đảm bảo đo chuẩn nhân với hệ số phủ $k = 2$, phân bố chuẩn tương ứng với 95 % độ tin cậy. Xác định độ không đảm bảo đo chuẩn theo tài liệu JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM); EA-4/02 & NIST TN 1297. <i>The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95 %. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with above documents.</i></p> <p>14.2 Liên kết chuẩn/Traceability Giấy chứng nhận hiệu chuẩn này thể hiện việc liên kết chuẩn đến chuẩn quốc gia, với đơn vị đo tuân thủ theo hệ đơn vị đo quốc tế SI. Nơi sử dụng thiết bị cần phải hiệu chuẩn lại thiết bị theo định kỳ phù hợp. <i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i></p> <p>14.3 Phương pháp hiệu chuẩn/Calibration Method a. Phương tiện đo được hiệu chuẩn bằng cách so sánh trực tiếp với các chuẩn của Trung tâm Kỹ thuật 3 được nêu tại Mục 8. <i>The equipment under calibration was calibrated by direct comparison with standards of Quatest 3 as description at Item 8.</i> b. Các kết quả hiệu chuẩn được thực hiện với mười lần đo để tính giá trị trung bình và sai số. <i>All calibration results are based on ten time measurements, from which the average and errors are calculated.</i></p> <p>14.4 Điều kiện/Conditions a. Các giá trị có đơn vị đo không thuộc hệ SI, được chuyển đổi từ hệ SI theo các bảng trong tài liệu NĐ 86/2012/NĐ-CP; BIPM SI Brochure & NIST SP 811. <i>All non-SI values were converted from SI units via conversion factors in above documents.</i> b. Kết quả hiệu chuẩn chỉ có giá trị tương ứng với điều kiện theo phương pháp hiệu chuẩn nêu ở Mục 7. <i>Calibration results are valid with respect to the procedure conditions as description at Item 7. only.</i></p> <p>14.5 Hiệu chuẩn lại/Recalibration Ngày đề nghị hiệu chuẩn lại theo yêu cầu của khách hàng: 07/05/2020 <i>Recommended recalibration date as request of customer.</i></p>						
 TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3						
<p><small>Lần sửa đổi: 0</small></p> <p style="text-align: center;"><small>BH12 (07/2018)</small></p> <p style="text-align: right;"><small>M05VL/2 - TTTN09</small></p>						

Hình 2. Giấy chứng nhận hiệu chỉnh phương tiện đo ĐỒNG HỒ BẮM GIÂY ĐIỆN TỬ của tổng cục tiêu chuẩn và đo lường chất lượng TRUNG TÂM KỸ THUẬT VÀ ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3

3. Phương tiện đo: LOADCELL KÉO VÀ BỘ CHỈ THỊ

 TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3				
KT3-0487BCO9	GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN CERTIFICATE OF CALIBRATION <small>Số giấy chứng nhận đăng ký cung cấp dịch vụ/ Service License N: DK 03</small>		04/05/2019 Page : 01/03	
1. Phương tiện đo/Object:	LOADCELL KÉO & BỘ CHỈ THỊ <i>TENSION LOADCELL & INDICATOR</i>			
2. Nơi sản xuất/Manufacturer:	N/A			
3. Kiểu/Type:	N/A	SN: 304258	ID: N/A	
4. Đặc trưng kỹ thuật/Specifications:	+ Khả năng chịu tải tối đa/Capacity: 1 000 N (100 kg) + Indicator: N/A * Nơi sản xuất/Manufacturer: N/A * Kiểu/Type: N/A * SN: 304258 * Phạm vi đo/Measuring Range: (1 – 10) kg * Độ phân giải/Resolution: 0,01 kg			
5. Khách hàng: <i>Customer</i>	CÔNG TY TNHH MTV ĐỘNG CƠ VÀ MÁY NÔNG NGHIỆP MIỀN NAM Khu phố 1, Phường Bình Đa, TP Biên Hòa, Tỉnh Đồng Nai			
6. Nơi hiệu chuẩn: <i>Place of Calibration</i>	TRUNG TÂM KỸ THUẬT 3/ QUATEST 3 7 Đường 1, KCN Biên Hòa 1, Đồng Nai			
7. Phương pháp hiệu chuẩn/Method of calibration:	DLVN 108:2002- Phương tiện đo lực- Quy trình hiệu chuẩn <i>Force Measuring Instruments- Methods and means of calibration</i>			
8. Chuẩn sử dụng/Standard Used:				
ID	Description	Traceable to	Cal. Date	Due date
CO1851	Set of Weights	LNE - FRANCE	06/2018	06/2019
CO1853				
9. Môi trường hiệu chuẩn/Calibration Environment:	[23 ± 5] °C			
10. Hiệu chỉnh phương tiện đo/Adjustment:	<input type="checkbox"/> Không/No <input checked="" type="checkbox"/> Có/Yes			
11. Ngày hiệu chuẩn/Date of Calibration:	26/04/2019			
12. Tem hiệu chuẩn/Calibration Label:	KT3-0487BCO9			
PHỤ TRÁCH PDL CƠ HEAD OF MECHANICAL MEAS. LAB.  Lý Đạt Minh		TL. GIÁM ĐỐC/ PP. DIRECTOR TRƯỞNG PHÒNG ĐO LƯỜNG HEAD OF MEASUREMENT LAB.  Nguyễn Anh Triết		
<small>1. Các kết quả hiệu chuẩn ghi trong giấy chứng nhận này chỉ có giá trị đối với phương tiện đo đã được hiệu chuẩn. The calibration results in this certificate are applicable to the above calibrated instrument only. 2. N/A: không áp dụng / Not applicable 3. Không được trích sao một phần giấy chứng nhận hiệu chuẩn này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. This certificate shall not be reproduced, except in full, without the written permission by Quatest 3. 4. Tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu/ Name of customer is written as customer's request. 5. Độ không đảm bảo do mở rộng ước lượng được tính với k = 2, mức tin cậy 95 %. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ trên để biết thêm thông tin. Estimated expanded uncertainty of measurement with k = 2, at 95 % confidence level. Please contact Quatest 3 at the above address for further information. 6. Ngày hiệu chuẩn kế tiếp tùy thuộc vào khách hàng / Recalibration date depends on the customer. 7. Phòng Đo lường đã được Văn phòng Công nhận Chất lượng (BoA) - Việt Nam công nhận phù hợp theo ISO/IEC 17025:2005 (Viلاس 036). Các chỉ tiêu có dấu (*) là chưa được công nhận. The Measurement Lab is accredited as conforming to ISO/IEC 17025:2005 by Bureau of Accreditation - Vietnam (Viلاس 036). The characteristics marked with (*) are not accredited yet.</small>				
<small>Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 IZ, Dong Nai, Vietnam CS lot, KI road, Cat Lai IZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam</small>		<small>Tel: (84-28) 3829 4274 Fax: (84-28) 3829 3012 Tel: (84-251) 383 6212 Fax: (84-251) 383 6298 Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3742 3174</small>		
Lần sửa đổi: 0		BH12 (07/2018)		M05VL1 - TTTN09

KT3-0487BC09

GIẤY CHỨNG NHẬN HIỆU CHUẨN**CERTIFICATE OF CALIBRATION**

Số giấy chứng nhận đăng ký cung cấp dịch vụ/ Service License No. 04/05/2019

04/05/2019

Page 02/03

13. Kết quả hiệu chuẩn/Results of Calibration

13.1 Chế độ hiệu chuẩn/ Mode of Calibration

 Nén/Compression Kéo/Tension

13.2 Kết quả/Results

Giá trị chuẩn, Reference Value		Giá trị chỉ thị, Indication Value	Sai số tương đối, % Relative Error	Độ KĐBB, % Uncertainty
kg	x 0,25 ⁽ⁱ⁾	(ii)		
Trước hiệu chỉnh/ Before adjusting				
0,000	0,000	0,00	N/A	N/A
1,000	0,250	0,00	- 100,0	N/A
2,000	0,500	0,02	- 96,0	N/A
3,000	0,750	0,26	- 65,3	N/A
4,000	1,000	0,51	- 49,0	N/A
5,000	1,250	0,76	- 39,2	N/A
6,000	1,500	1,00	- 33,3	N/A
7,000	1,750	1,25	- 28,6	N/A
8,000	2,000	1,49	- 25,5	N/A
9,000	2,250	1,75	- 22,2	N/A
10,00	2,500	1,99	- 20,4	N/A
Sau hiệu chỉnh/ After adjusting				
0,000	0,000	0,00	N/A	N/A
1,000	0,250	0,25	0,0	2,3
2,000	0,500	0,50	0,0	1,2
3,000	0,750	0,75	0,0	0,8
4,000	1,000	1,00	0,0	0,7
5,000	1,250	1,25	0,0	0,6
6,000	1,500	1,50	0,0	0,5
7,000	1,750	1,75	0,0	0,4
8,000	2,000	2,00	0,0	0,4
9,000	2,250	2,25	0,0	0,4
10,00	2,500	2,50	0,0	0,4

Ghi chú/ Notes: (i) : theo yêu cầu khách hàng / according to customers.

(ii): thiết bị hiển thị không ghi đơn vị/ the indicator does not display the unit.


TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3
QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3

Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam

Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 LZ, Dong Nai, Vietnam

CS lọc, K1 road, Cui Lai IZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam

Tel: (84-28) 3829 6274

Tel: (84-251) 383 6212

Tel: (84-28) 3742 3160

Fax: (84-28) 3829 3012

Fax: (84-251) 383 6296

Fax: (84-28) 3742 3174

Website: www.quatest3.com.vn

E-mail: tr-ekhh@quatest3.com.vn

E-mail: tr-ekhh@quatest3.com.vn



M05VL/2 - TTTN09

Lần sửa đổi: 0

BH12 (07/2018)

M05VL/2 - TTTN09

Phụ lục 3

BẢNG KẾT QUẢ CẢI TIẾN HỌNG NẠP BÊN NGOÀI NẮP XILANH (CỖ NÓI BỘ LỘC GIÓ)

- Phương án hiện hữu:

Số Vòng Quay	Thông Số Kỹ Thuật		
	Moment	Công suất	Ghi chú
(v/ph)	(KG.m)	(Hp)	
1800	5,22	13,12	
2000	5,2	14,52	
2200	5,16	15,85	
2400	4,98	16,5	
Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức (n = 2200 v/ph)	206 (g/Hp.h)		

- Phương án cải tiến 01:

Số Vòng Quay	Thông Số Kỹ Thuật		
	Moment	Công suất	Ghi chú
(v/ph)	(KG.m)	(Hp)	
1800	5,8	13,03	
2000	4,96	13,86	
2200	4,96	15,24	
2400	4,88	16,36	
Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức (n = 2200 v/ph)	208,87 (g/Hp.h)		

- **Phương án cải tiến số 02:**

Số Vòng Quay	Thông Số Kỹ Thuật		
	Moment	Công suất	Ghi chú
(v/ph)	(KG.m)	(Hp)	
1800	5,3	13,33	
2000	5,25	14,67	
2200	5,18	15,92	
2400	5,05	16,93	
Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức (n = 2200 v/ph)	195,44 (g/Hp.h)		

- **Phương án ngẫu nhiên 01:**

Số Vòng Quay	Thông Số Kỹ Thuật		
	Moment	Công suất	Ghi chú
(v/ph)	(KG.m)	(Hp)	
1800	4,96	12,47	
2000	4,98	13,91	
2200	4,95	15,21	
2400	4,8	16,09	
Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức (n = 2200 v/ph)	208,13 (g/Hp.h)		

- **Phương án ngẫu nhiên 02:**

Số Vòng Quay	Thông Số Kỹ Thuật		
	Moment	Công suất	Ghi chú
(v/ph)	(KG.m)	(Hp)	
1800	4,96	12,47	
2000	5,08	14,19	
2200	4,96	15,24	
2400	4,74	15,89	
Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức (n = 2200 v/ph)	208,8 (g/Hp.h)		

Phụ lục 4

SỬ DỤNG CODE JAVA SCRIPT CHO ANSYS-FLUENT

```
# encoding: utf-8

# Release 18.2

SetScriptVersion(Version="18.2.109")

template1 = GetTemplate(TemplateName="Fluid Flow")

system1 = template1.CreateSystem()

system1.import = " C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Geometry_102_18_52_35_42.igs "

geometry1 = system1.GetContainer(ComponentName="Geometry")

geometry1.Edit()

geometry1.Exit()

Save(Overwrite=True)
```

Phụ lục 5

CODE TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH NẠP ĐỘNG CƠ VIKYNO RV165-2

ic_get_global file_name project_dir

ic_set_meshing_params global 0

ic_undo_group_begin

ic_wb_set_parameters 1 0 1 0 0 1 1 0 1 {SDFEA;DDM} 1 {} -1 1 Millimeters 0 0 0
{ } { } 0 0 0 { } 0 0.001 0 0

ic_wb_brep_read {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Geometry_102_18_52_35_42.igs} 1 0 0

ic_boco_solver

ic_boco_clear_icons

ic_undo_group_end

ic_undo_group_begin

ic_start_bigunsop

ic_delete_elements family PART_1_1_1_MATPOINT no_undo 1

ic_delete_geometry all families PART_1_1_1_MATPOINT 1 1

ic_geo_delete_family PART_1_1_1_MATPOINT

ic_finish_bigunsop

ic_undo_group_end

ic_undo_group_begin

ic_geo_new_family FLUID

ic_boco_set_part_color FLUID

ic_delete_elements family Fluid no_undo 1
ic_geo_build_bodies Fluid 0 0 0 1 {} 0 0
ic_delete_empty_parts
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_delete_elements family Fluid no_undo 1
ic_geo_build_bodies Fluid 0 0 0 1 {} 0 0
ic_delete_empty_parts
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_geo_set_part surface FACE189 INLET 0
ic_delete_empty_parts
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_geo_set_part surface {FACE165 FACE231 FACE218 FACE196 FACE174
FACE162 FACE163 FACE185 FACE207 FACE229 FACE164 FACE232}
PISTON 0
ic_delete_empty_parts

ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_geo_set_part surface {FACE219 FACE220 FACE222 FACE221 FACE223
FACE227 FACE230 FACE228 FACE226} VALVE 0
ic_delete_empty_parts
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_geo_set_part surface {FACE224 FACE225} VALVE 0
ic_delete_empty_parts
ic_undo_group_end
ic_undo_group_begin
ic_undo_group_end
ic_set_global geo_cad 0 toptol_userset
ic_set_global geo_cad 0.1 toler
ic_undo_group_begin


```

ic_set_meshing_params global 0 gref 1.0 gmax 2.0 gfast 0 gedgrec 0.2 gnat 0 gcgap
1 gnatref 10

ic_undo_group_end

ic_undo_group_begin

ic_set_meshing_params global 0 gref 1.0 gmax 2.0 gfast 0 gedgrec 0.2 gnat 0 gcgap
1 gnatref 10

ic_undo_group_end

ic_set_global geo_cad 0.1 toler

ic_undo_group_begin

ic_save_tetin temp_tetra.tin

ic_run_tetra temp_tetra.tin
C:/Users/LAPTOP~1/AppData/Local/Temp/WB_DES~3/UNSAVE~1/dp0/ICM/IC
EMCFD/tetra_mesh.uns run_cutter 1 delete_auto 1 run_smoother 0 fix_holes 1
n_processors 1 in_process 1 log ./tetra_cmd.log

ic_geo_set_modified 1

ic_uns_update_family_type visible {INLET SHELL FLUID PISTON SHEET
ORFN VALVE LUMP} {!NODE !LINE_2 TRI_3 !TETRA_4} update 0

ic_uns_subset_configure All -shade flat_wire

ic_uns_subset_configure Selected -shade flat_wire

ic_boco_solver

ic_boco_clear_icons

ic_uns_diagnostic diag_type single quiet 1

ic_smooth_elements map all upto 0.4 iterations 5 fix_families {} n_processors 1
smooth TRI_3 float TETRA_4 laplace 1

```

```
ic_smooth_elements map all upto 0.4 iterations 5 prism_warp_weight 0.5
fix_families { } n_processors 1 smooth TETRA_4 float PENTA_6 freeze TRI_3

ic_smooth_elements map all upto 0.4 iterations 5 prism_warp_weight 0.5
fix_families { } metric Quality n_processors 1 smooth TETRA_4 smooth TRI_3
float PENTA_6

ic_geo_set_modified 1

ic_delete_empty_parts

ic_undo_group_end

ic_wb2_run_mesher tetra

ic_boco_solver

ic_uns_subset_configure All -shade flat_wire

ic_uns_subset_configure Selected -shade flat_wire

ic_boco_clear_icons

ic_uns_subset_configure All -shade wire

ic_uns_subset_configure Selected -shade wire

ic_uns_update_family_type visible { INLET SHELL FLUID PISTON SHEET
ORFN VALVE LUMP } { !NODE !LINE_2 TRI_3 !TETRA_4 } update 0

ic_boco_solver

ic_boco_clear_icons

ic_delete_empty_parts

ic_gui_update

ic_boco_solver

ic_boco_clear_icons
```

```
ic_uns_update_family_type visible {INLET SHELL FLUID PISTON SHEET
ORFN VALVE LUMP} {!NODE !LINE_2 TRI_3 !TETRA_4} update 0

ic_boco_solver

ic_boco_clear_icons

ic_delete_empty_parts

ic_save_project {C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-
VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD/ICM.prj}

ic_set_global vid_options 1.0 wb_import_transfer_file_scale

ic_geo_convert_units millimeters m

ic_set_global vid_options 0.001 wb_import_transfer_file_scale

ic_delete_empty_parts

ic_delete_empty_parts

ic_save_tetin ICM.tin 0 0 {} {} 0 0 1

ic_uns_check_duplicate_numbers

ic_uns_renumber_all_elements 1 1

ic_save_unstruct ICM.uns 1 {} {} {}

ic_uns_set_modified 1

ic_boco_solver

ic_boco_solver {ANSYS Fluent}

ic_solution_set_solver {ANSYS Fluent} 1

ic_boco_solver {ANSYS Fluent}

ic_solver_mesh_info {ANSYS Fluent}

ic_boco_save ICM.fbc
```

ic_boco_save_atr ICM.atr

```
ic_save_project_file ICM.prj {array\ set\ file_name\ \{ { catia_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { parts_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { domain_loaded 0}
{ cart_file_loaded 0} { cart_file {} } { domain_saved ICM.uns} { archive
{}} { med_replay {} } { topology_dir {C:/Users/laptop
one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { ugparts_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { icons
{{ $env(ICEM_ACN)/lib/ai_env/icons} { $env(ICEM_ACN)/lib/va/EZCAD/icons}
{ $env(ICEM_ACN)/lib/icons} { $env(ICEM_ACN)/lib/va/CABIN/icons} }} {
tetin ICM.tin} { family_boco ICM.fbc} { prism_params {} } { iges_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
solver_params_loaded 0} { attributes_loaded 0} { project_lock {} } {
attributes ICM.atr} { domain ICM.uns} { domains_dir {C:/Users/laptop
one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { settings_loaded 1}
{ settings ICM.prj} { blocking {} } { hexa_replay {} } { transfer_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { mesh_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { family_topo {} } {
gemsparts_dir {C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-
VOTMK3U_laptop one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
family_boco_loaded 0} { tetin_loaded 0} { project_dir {C:/Users/laptop
```

```

one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { topo_mulcad_out
}} { solver_params }} \} array\ set\ options\ \{ { expert 1} { remote_path
}} { tree_disp_quad 2} { tree_disp_pyra 0} { evaluate_diagnostic 0} {
histo_show_default 1} { select_toggle_corners 0} { remove_all 0} {
keep_existing_file_names 0} { record_journal 0} { edit_wait 0} { face_mode
all} { select_mode all} { med_save_emergency_tetin 1} { user_name {laptop
one}} { diag_which all} { uns_warn_if_display 500000} { bubble_delay
1000} { external_num 1} { tree_disp_tri 2} { apply_all 0} { default_solver
{ANSYS Fluent}} { temporary_directory }} { flood_select_angle 0} {
home_after_load 1} { project_active 0} { histo_color_by_quality_default 1} {
undo_logging 1} { tree_disp_hexa 0} { histo_solid_default 1} { host_name
DESKTOP-VOTMK3U} { xhidden_full 1} { replay_internal_editor 1} {
editor }} { mouse_color orange} { clear_undo 1} { remote_acn }} {
remote_sh csh} { tree_disp_penta 0} { n_processors 1} { remote_host }} {
save_to_new 0} { quality_info Quality} { tree_disp_node 0} {
med_save_emergency_mesh 1} { redtext_color red} { tree_disp_line 0} {
select_edge_mode 0} { use_dlremote 0} { max_mesh_map_size }} {
show_tris 1} { remote_user }} { icon_size Normal} { enable_idle 0} {
auto_save_views 1} { max_cad_map_size }} { display_origin 0} {
uns_warn_user_if_display 1000000} { detail_info 0} { win_java_help 0} {
show_factor 1} { boundary_mode all} { clean_up_tmp_files 1} {
auto_fix_uncovered_faces 1} { med_save_emergency_blocking 1} {
max_binary_tetin 0} { tree_disp_tetra 0} \} array\ set\ disp_options\ \{ {
uns_dualmesh 0} { uns_warn_if_display 500000} { uns_normals_colored 0} {
uns_icons 0} { uns_locked_elements 0} { uns_shrink_npos 0} {
uns_node_type None} { uns_icons_normals_vol 0} { uns_bcfield 0} { backup
Wire} { uns_nodes 0} { uns_only_edges 0} { uns_surf_bounds 0} {
uns_wide_lines 0} { uns_vol_bounds 0} { uns_displ_orient Triad} {

```

```

uns_orientation 0} { uns_directions 0} { uns_thickness 0} {
uns_shell_diagnostic 0} { uns_normals 0} { uns_couplings 0} {
uns_periodicity 0} { uns_single_surfaces 0} { uns_midside_nodes 1} {
uns_shrink 100} { uns_multiple_surfaces 0} { uns_no_inner 0} { uns_enums
0} { uns_disp Wire} { uns_bcfield_name {}} { uns_color_by_quality 0} {
uns_changes 0} { uns_cut_delay_count 1000} \} {set icon_size1 24} {set
icon_size2 35} {set thickness_defined 0} {set solver_type 1} {set solver_setup -1}
array\ set\ prism_values\ \{ { n_triangle_smoothing_steps 5} {
min_smoothing_steps 6} { first_layer_smoothing_steps 1} { new_volume {}} {
height 0} { prism_height_limit 0} { interpolate_heights 0} {
n_tetra_smoothing_steps 10} { do_checks {}} { delete_standalone 1} {
ortho_weight 0.50} { max_aspect_ratio {}} { ratio_max {}} {
incremental_write 0} { total_height 0} { use_prism_v10 0} {
intermediate_write 1} { delete_base_triangles {}} { ratio_multiplier {}} {
verbosity_level 1} { refine_prism_boundary 1} { max_size_ratio {}} {
triangle_quality {}} { max_prism_angle 180} { tetra_smooth_limit
0.30000001} { max_jump_factor 5} { use_existing_quad_layers 0} { layers
3} { fillet 0.1} { into_orphan 0} { init_dir_from_prev {}} { blayer_2d 0} {
do_not_allow_sticking {}} { top_family {}} { law exponential} {
min_smoothing_val 0.1} { auto_reduction 0} { max_prism_height_ratio 0} {
stop_columns 1} { stair_step 1} { smoothing_steps 12} { side_family {}} {
min_prism_quality 0.0099999998} { ratio 1.2} \} {set aie_current_flavor {}}
array\ set\ vid_options\ \{ { wb_import_mat_points 1} { wb_NS_to_subset 0} {
wb_import_surface_bodies 1} { wb_import_cad_att_pre {SDFEA;DDM}} {
wb_import_mix_res_line 0} { wb_import_tritol 0.001} { auxiliary 0} {
wb_import_cad_att_trans 1} { wb_import_mix_res -1} {
wb_import_mix_res_surface 0} { show_name 0} { wb_import_solid_bodies 1}
{ wb_import_delete_solids 0} { wb_import_mix_res_solid 0} {
wb_import_save_pmdb {}} { inherit 1} { default_part GEOM} {

```

```

new_srf_topo 1} { wb_import_associativity_model_name {} } { DelPerFlag 0}
{ show_item_name 0} { wb_import_line_bodies 0} {
wb_import_save_partfile 0} { composite_tolerance 1.0} {
wb_NS_to_entity_parts 0} { wb_import_en_sym_proc 1} {
wb_import_sel_proc 1} { wb_import_work_points 0} {
wb_import_reference_key 0} { wb_import_geom 1} {
wb_import_mix_res_point 0} { wb_import_pluginname {} } { wb_NS_only 0}
{ wb_import_create_solids 0} { wb_import_refresh_pmdb 0} {
wb_import_lcs 0} { wb_import_sel_pre {} } { wb_import_scale_geo
Millimeters} { wb_import_load_pmdb {} } { replace 0} {
wb_import_transfer_file_scale 0.001} { wb_import_cad_associativity 0} {
same_pnt_tol 1e-4} { tdv_axes 1} { wb_import_mesh 0} { vid_mode 0} {
DelBlkPerFlag 0} \} {set savedTreeVisibility {geomNode 1 geom_subsetNode 2
geomPointNode 0 geomCurveNode 2 geomSurfNode 0 geomBodyNode 2
meshNode 1 mesh_subsetNode 2 meshPointNode 0 meshLineNode 0
meshShellNode 2 meshTriNode 2 meshVolumeNode 0 meshTetraNode 0 partNode
1 part-FLUID 2 part-INLET 2 part-PART_1_1_1 0 part-PISTON 2 part-VALVE
2} } {set last_view {rot {0 0 0 1} scale {7.16886399227 7.16886399227
7.16886399227} center {0.50085 21.1 -15.25} pos {0 0 0} } } array\ set\ cut_info\ \{
{ active 0} \} array\ set\ hex_option\ \{ { default_bunching_ratio 2.0} {
floating_grid 0} { project_to_topo 0} { n_tetra_smoothing_steps 20} {
sketching_mode 0} { trfDeg 1} { wr_hexa7 0} { smooth_ogrid 0} {
find_worst 1-3} { hexa_verbose_mode 0} { old_eparams 0} {
uns_face_mesh_method uniform_quad} { multigrid_level 0} { uns_face_mesh
one_tri} { check_blk 0} { proj_limit 0} { check_inv 0} { project_bspline
0} { hexa_update_mode 1} { default_bunching_law BiGeometric} {
worse_criterion Quality} \} array\ set\ saved_views\ \{ { views {} } \} } {ICEM
CFD}

ic_boco_solver {ANSYS Fluent}

```

```

ic_solver_mesh_info {ANSYS Fluent}

ic_set_global vid_options 1.0 wb_import_transfer_file_scale

ic_geo_convert_units millimeters m

ic_set_global vid_options 0.001 wb_import_transfer_file_scale

ic_delete_empty_parts

ic_delete_empty_parts

ic_save_tetin ICM.tin 0 0 {} {} 0 0 1

ic_uns_check_duplicate_numbers

ic_save_unstruct ICM.uns 1 {} {} {}

ic_uns_set_modified 1

ic_boco_solver

ic_boco_solver {ANSYS Fluent}

ic_solution_set_solver {ANSYS Fluent} 1

ic_boco_save ICM.fbc

ic_boco_save_atr ICM.atr

ic_save_project_file ICM.prj {array\ set\ file_name\ \{ { catia_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
parts_dir {C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-
code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { domain_loaded 0} { cart_file_loaded 0} {
cart_file {} } { domain_saved ICM.uns} { archive {} } { med_replay {} } {
topology_dir {C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-
code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { ugparts_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { icons
{{ $env(ICEM_ACN)/lib/ai_env/icons} { $env(ICEM_ACN)/lib/va/EZCAD/icons}
{ $env(ICEM_ACN)/lib/icons} { $env(ICEM_ACN)/lib/va/CABIN/icons}} } {

```



```

tetin ICM.tin} { family_boco ICM.fbc} { prism_params {} } { iges_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
solver_params_loaded 0} { attributes_loaded 0} { project_lock {} } {
attributes ICM.atr} { domain ICM.uns} { domains_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { settings_loaded 1}
{ settings ICM.prj} { blocking {} } { hexa_replay {} } { transfer_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
mesh_dir {C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-
code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { family_topo {} } { gemsparts_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
family_boco_loaded 0} { tetin_loaded 0} { project_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { topo_mulcad_out
{} } { solver_params {} } \} array\ set\ options\ \{ { expert 1} { remote_path
{} } { tree_disp_quad 2} { tree_disp_pyra 0} { evaluate_diagnostic 0} {
histo_show_default 1} { select_toggle_corners 0} { remove_all 0} {
keep_existing_file_names 0} { record_journal 0} { edit_wait 0} { face_mode
all} { select_mode all} { med_save_emergency_tetin 1} { user_name {laptop
one}} { diag_which all} { uns_warn_if_display 500000} { bubble_delay
1000} { external_num 1} { tree_disp_tri 2} { apply_all 0} { default_solver
{ANSYS Fluent}} { temporary_directory {} } { flood_select_angle 0} {
home_after_load 1} { project_active 0} { histo_color_by_quality_default 1} {
undo_logging 1} { tree_disp_hexa 0} { histo_solid_default 1} { host_name
DESKTOP-VOTMK3U} { xhidden_full 1} { replay_internal_editor 1} {
editor {} } { mouse_color orange} { clear_undo 1} { remote_acn {} } {
remote_sh csh} { tree_disp_penta 0} { n_processors 1} { remote_host {} } {
save_to_new 0} { quality_info Quality} { tree_disp_node 0} {
med_save_emergency_mesh 1} { redtext_color red} { tree_disp_line 0} {
select_edge_mode 0} { use_dlremote 0} { max_mesh_map_size {} } {
show_tris 1} { remote_user {} } { icon_size Normal} { enable_idle 0} {

```

```

auto_save_views 1} { max_cad_map_size {} } { display_origin 0} {
uns_warn_user_if_display 1000000} { detail_info 0} { win_java_help 0} {
show_factor 1} { boundary_mode all} { clean_up_tmp_files 1} {
auto_fix_uncovered_faces 1} { med_save_emergency_blocking 1} {
max_binary_tetin 0} { tree_disp_tetra 0} \} array\ set\ disp_options\ \{ {
uns_dualmesh 0} { uns_warn_if_display 500000} { uns_normals_colored 0} {
uns_icons 0} { uns_locked_elements 0} { uns_shrink_npos 0} {
uns_node_type None} { uns_icons_normals_vol 0} { uns_bcfield 0} { backup
Wire} { uns_nodes 0} { uns_only_edges 0} { uns_surf_bounds 0} {
uns_wide_lines 0} { uns_vol_bounds 0} { uns_displ_orient Triad} {
uns_orientation 0} { uns_directions 0} { uns_thickness 0} {
uns_shell_diagnostic 0} { uns_normals 0} { uns_couplings 0} {
uns_periodicity 0} { uns_single_surfaces 0} { uns_midside_nodes 1} {
uns_shrink 100} { uns_multiple_surfaces 0} { uns_no_inner 0} { uns_enums
0} { uns_disp Wire} { uns_bcfield_name {} } { uns_color_by_quality 0} {
uns_changes 0} { uns_cut_delay_count 1000} \} {set icon_size1 24} {set
icon_size2 35} {set thickness_defined 0} {set solver_type 1} {set solver_setup -1}
array\ set\ prism_values\ \{ { n_triangle_smoothing_steps 5} {
min_smoothing_steps 6} { first_layer_smoothing_steps 1} { new_volume {} } {
height 0} { prism_height_limit 0} { interpolate_heights 0} {
n_tetra_smoothing_steps 10} { do_checks {} } { delete_standalone 1} {
ortho_weight 0.50} { max_aspect_ratio {} } { ratio_max {} } {
incremental_write 0} { total_height 0} { use_prism_v10 0} {
intermediate_write 1} { delete_base_triangles {} } { ratio_multiplier {} } {
verbosity_level 1} { refine_prism_boundary 1} { max_size_ratio {} } {
triangle_quality {} } { max_prism_angle 180} { tetra_smooth_limit
0.30000001} { max_jump_factor 5} { use_existing_quad_layers 0} { layers
3} { fillet 0.1} { into_orphan 0} { init_dir_from_prev {} } { blayer_2d 0} {
do_not_allow_sticking {} } { top_family {} } { law exponential} {

```

```

min_smoothing_val 0.1} { auto_reduction 0} { max_prism_height_ratio 0} {
stop_columns 1} { stair_step 1} { smoothing_steps 12} { side_family {}} {
min_prism_quality 0.0099999998} { ratio 1.2} \} {set aie_current_flavor {}}
array\ set\ vid_options\ \{ { wb_import_tritol 0.001} { wb_import_cad_att_pre
{SDFEA;DDM}} { wb_NS_to_subset 0} { wb_import_mat_points 1} {
wb_import_mix_res -1} { wb_import_save_pmdb {}} { composite_tolerance
1.0} { wb_import_save_partfile 0} { wb_NS_to_entity_parts 0} {
wb_import_reference_key 0} { replace 0} { tdv_axes 1} { vid_mode 0} {
auxiliary 0} { wb_import_surface_bodies 1} { show_name 0} {
wb_import_cad_att_trans 1} { wb_import_solid_bodies 1} { default_part
GEOM} { wb_import_mix_res_solid 0} { new_srf_topo 1} { DelPerFlag 0} {
wb_import_associativity_model_name {}} { show_item_name 0} {
wb_import_work_points 0} { wb_import_sel_proc 1} { wb_NS_only 0} {
wb_import_scale_geo Millimeters} { wb_import_lcs 0} { same_pnt_tol 1e-4} {
wb_import_transfer_file_scale 0.001} { DelBlkPerFlag 0} { wb_import_mesh
0} { wb_import_mix_res_surface 0} { wb_import_analysis_type 3} {
wb_import_geom 1} { wb_import_refresh_pmdb 0} { wb_import_load_pmdb
{}} { wb_import_mix_res_line 0} { wb_import_delete_solids 0} { inherit 1}
{ wb_import_line_bodies 0} { wb_import_en_sym_proc 1} {
wb_import_pluginname {}} { wb_import_mix_res_point 0} {
wb_import_create_solids 0} { wb_import_sel_pre {}} {
wb_import_cad_associativity 0} \} {set savedTreeVisibility {geomNode 1
geom_subsetNode 2 geomPointNode 0 geomCurveNode 2 geomSurfNode 0
geomBodyNode 2 meshNode 1 mesh_subsetNode 2 meshPointNode 0
meshLineNode 0 meshShellNode 2 meshTriNode 2 meshVolumeNode 0
meshTetraNode 0 partNode 1 part-FLUID 2 part-INLET 2 part-PART_1_1_1 0
part-PISTON 2 part-VALVE 2}} {set last_view {rot {0 0 0 1} scale
{7.16886399227 7.16886399227 7.16886399227} center {0.50085 21.1 -15.25}
pos {0 0 0}}}} array\ set\ cut_info\ \{ { active 0} \} array\ set\ hex_option\ \{ {

```

```

default_bunching_ratio 2.0} { floating_grid 0} { project_to_topo 0} {
n_tetra_smoothing_steps 20} { sketching_mode 0} { trfDeg 1} { wr_hexa7 0}
{ smooth_ogrid 0} { find_worst 1-3} { hexa_verbose_mode 0} {
old_eparams 0} { uns_face_mesh_method uniform_quad} { multigrid_level 0}
{ uns_face_mesh one_tri} { check_blk 0} { proj_limit 0} { check_inv 0} {
project_bspline 0} { hexa_update_mode 1} { default_bunching_law
BiGeometric} { worse_criterion Quality} \} array\ set\ saved_views\ \{ { views
{}} \}} {ICEM CFD}

ic_set_global vid_options 1.0 wb_import_transfer_file_scale

ic_geo_convert_units millimeters m

ic_set_global vid_options 0.001 wb_import_transfer_file_scale

ic_delete_empty_parts

ic_delete_empty_parts

ic_save_tetin ICM.tin 0 0 {} {} 0 0 1

ic_uns_check_duplicate_numbers

ic_save_unstruct ICM.uns 1 {} {} {}

ic_uns_set_modified 1

ic_boco_solver

ic_boco_solver {ANSYS Fluent}

ic_solution_set_solver {ANSYS Fluent} 1

ic_boco_save ICM.fbc

ic_boco_save_atr ICM.atr

```

Phụ lục 6

SỬ DỤNG CODE C# CHO ANSYS-FLUENT

PISTON

```
vel[1]=-1067*3.141582654/300*sin(220*3.141592654/3*time +  
asin(0.306962025*sin(220*3.141592654/3*time)))/cos(asin(0.3069602025*sin(220  
*3.141592654/3*time)));
```

VALVE

```
if(time >= 0 && time < 0.0081 )  
  
vel[1] = -(34*0.001*13200*3.141592654)/(-22*22*360/31)*(-  
22*sin((13200*time)*3.141592654/360)+242*sin(3.141592654/180*(13200  
*time))/sqrt(484*(pow(cos((13200*time)*3.141592654/360),2)) +  
388652/916));  
  
else if (time >= 0.0081 && time < 0.0105)  
  
vel[1] = -(34*0.001*13200*3.141592654)/(44*360)*(-  
25.8*sin((13200*time-122.5)*3.141592654/360)-  
332.82*sin(3.141592654/180*(13200*time-  
122.5))/sqrt(665.64*(pow(cos((13200*time-122.5)*3.141592654/360),2)) -  
627.2));  
  
else if (time >= 0.0105 && time < 0.0185)  
  
vel[1] = -(34*0.001*13200*3.141592654)/(-22*22*360/31)*(-  
22*sin((13200*time-  
245)*3.141592654/360)+242*sin(3.141592654/180*(13200*time-  
245))/sqrt(484*(pow(cos((13200*time-245)*3.141592654/360),2)) +  
388652/916));  
  
else vel[1] = 0;
```

Phụ lục 7

SỬ DỤNG UDFS FILE CHO ANSYS-FLUENT

PISTON

```
#include "udf.h"

#include "dynamesh_tools.h"

DEFINE_MOTION(piston, dt, vel, omega, time, dtime)
{
    /* reset velocities */
    NV_S (vel, =, 0.0);
    NV_S (omega, =, 0.0);
    /* compute velocity formula */
    /* pas de temp idela pour cette fonction dtime=.02 */
    vel[1]=-1067*3.141582654/300*sin(220*3.141592654/3*time +
asin(0.306962025*sin(220*3.141592654/3*time)))/cos(asin(0.3069602025*sin(220
*3.141592654/3*time)));
    printf("\n");
    printf("\n y_velocity = %g \n",vel[1]);
}
```

VALVE

```
#include "udf.h"

#include "dynamesh_tools.h"
```

```

DEFINE_MOTION(valve, dt, vel, omega, time, dtime)
{
    /* reset velocities */
    NV_S (vel, =, 0.0);
    NV_S (omega, =, 0.0);

    /* compute velocity formula */

    /*pas de temps idela pour cette fonction dtime=0.02*/

    /* vel[1]=-0.02*3.141593*sin(20*3.141593*time); */

    if(time >= 0 && time < 0.0081 )
        vel[1] = -(34*0.001*13200*3.141592654)/(-22*22*360/31)*(-
22*sin((13200*time)*3.141592654/360)+242*sin(3.141592654/180*(13200*time))
/sqrt(484*(pow(cos((13200*time)*3.141592654/360),2)) + 388652/916));

    else if (time >= 0.0081 && time < 0.0105)
        vel[1] = -(34*0.001*13200*3.141592654)/(44*360)*(-
25.8*sin((13200*time-122.5)*3.141592654/360)-
332.82*sin(3.141592654/180*(13200*time-
122.5))/sqrt(665.64*(pow(cos((13200*time-122.5)*3.141592654/360),2)) - 627.2));

    else if (time >= 0.0105 && time < 0.0185)
        vel[1] = -(34*0.001*13200*3.141592654)/(-22*22*360/31)*(-
22*sin((13200*time-
245)*3.141592654/360)+242*sin(3.141592654/180*(13200*time-
245))/sqrt(484*(pow(cos((13200*time-245)*3.141592654/360),2)) + 388652/916));

        else vel[1] = 0;

    printf("\n");

    printf("\n 1_velocity = %g \n",vel[1]);
}

```

Phụ lục 8

SỬ DỤNG CODE TEXT USER INTERFACE (TUI) CHO ANSYS-FLUENT

```
/file/set-tui-version "18.2"
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Ribbon*Frame1*Frame4(User  
Defined)*Table1*Table3(User Defined)*PushButton1(Functions)")
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "MenuBar*PopupMenuFunctions*Compiled...")
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Compiled  
UDFs*Table1*Frame1*Frame2*PushButton1( Add)")
```

```
(cx-gui-do cx-set-file-dialog-entries "Select File" '( "pistonfinal.c" "valvefinal.c")  
"Source Files (*.c *.cpp )")
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Compiled UDFs*Frame8*PushButton2(Build)")
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Question*OK")
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Compiled UDFs*PanelButtons*PushButton1(OK)")
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Ribbon*Frame1*Frame4(User  
Defined)*Table1*Table3(Field Functions)*PushButton1(Custom)")
```

```
(cx-gui-do cx-set-list-selections "Custom Field Function  
Calculator*Table1*Frame3(Select Operand Field Functions  
from)*Table1*DropDownList1(Field Functions)" '( 2))
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function  
Calculator*Table1*Frame3(Select Operand Field Functions  
from)*Table1*DropDownList1(Field Functions)")
```

```
(cx-gui-do cx-set-list-selections "Custom Field Function  
Calculator*Table1*Frame3(Select Operand Field Functions  
from)*Table1*DropDownList2" '( 6))
```



```

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*Frame3(Select Operand Field Functions
from)*Table1*DropDownList2")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*Frame3(Select Operand Field Functions
from)*PushButton2(Select)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*ButtonBox2*PushButton16(/)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*ButtonBox2*PushButton8(1)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*ButtonBox2*PushButton13(2)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*ButtonBox2*PushButton25")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*ButtonBox2*PushButton3(0)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*ButtonBox2*PushButton14(7)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*Table1*ButtonBox2*PushButton4(5)")

(cx-gui-do cx-set-text-entry "Custom Field Function
Calculator*Table1*TextEntry4(New Function Name)" "sw")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Custom Field Function
Calculator*PanelButtons*PushButton2(Cancel)")

```

```

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2
"General*Table1*Table2(Solver)*ToggleBox5(Time)*Transient" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item
"General*Table1*Table2(Solver)*ToggleBox5(Time)*Transient")

(cx-gui-do cx-activate-item
"General*Table1*ButtonBox1(Mesh)*PushButton2(Display)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Mesh Display*Table1*Frame3*List1(Surfaces)" '(
0 2 3))

(cx-gui-do cx-activate-item "Mesh Display*Table1*Frame3*List1(Surfaces)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Mesh Display*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Mesh Display*PanelButtons*PushButton2(Cancel)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Models|Viscous (Laminar)"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Models|Viscous (Laminar)"))

(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Models|Viscous (Laminar)"))

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Viscous Model*Table1*ToggleBox1(Model)*k-
epsilon (2 eqn)" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item "Viscous Model*Table1*ToggleBox1(Model)*k-
epsilon (2 eqn)")

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Viscous Model*Table1*ToggleBox6(k-epsilon
Model)*RNG" #t)

```

```

(cx-gui-do cx-activate-item "Viscous Model*Table1*ToggleBox6(k-epsilon
Model)*RNG")

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Viscous Model*Table1*ToggleBox17(Near-Wall
Treatment)*Enhanced Wall Treatment" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item "Viscous Model*Table1*ToggleBox17(Near-Wall
Treatment)*Enhanced Wall Treatment")

(cx-gui-do cx-activate-item "Viscous Model*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Models|Viscous (RNG k-e, Enhanced Wall Fn)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list "Setup|Cell
Zone Conditions"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list "Setup|Cell
Zone Conditions"))

(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list "Setup|Cell
Zone Conditions"))

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)" '( 0))

(cx-gui-do cx-activate-item "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Boundary
Conditions*Table1*Table3*Table4*ButtonBox1*PushButton1(Edit)")

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Fluid*Table4*Frame1*Frame1(Reference
Frame)*Table1*Table1*Table3(Rotation-Axis Direction)*Table3*RealEntry2(Z)"
'( 0))

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Fluid*Table4*Frame1*Frame1(Reference
Frame)*Table1*Table1*Table3(Rotation-Axis Direction)*Table2*RealEntry2(Y)"
'( 1))

```

```

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Fluid*Table4*Frame1*Frame1(Reference
Frame)*Table1*Table1*Table2(Rotation-Axis Origin)*Table1*RealEntry2(X)" '( -
0.0245))

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Fluid*Table4*Frame1*Frame1(Reference
Frame)*Table1*Table1*Table2(Rotation-Axis Origin)*Table2*RealEntry2(Y)" '( -
0.008))

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Fluid*Table4*Frame1*Frame1(Reference
Frame)*Table1*Table1*Table2(Rotation-Axis Origin)*Table3*RealEntry2(Z)" '( -
0.007))

(cx-gui-do cx-activate-item "Fluid*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Boundary Conditions"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Boundary Conditions"))

(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Boundary Conditions"))

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)" '( 0))

(cx-gui-do cx-activate-item "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Boundary
Conditions*Table1*Table3*DropDownList2(Type)" '( 11))

(cx-gui-do cx-activate-item "Boundary
Conditions*Table1*Table3*DropDownList2(Type)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Pressure Inlet*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)" '( 1))

```

```

(cx-gui-do cx-activate-item "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)")
(cx-gui-do cx-set-list-selections "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)" '( 3))
(cx-gui-do cx-activate-item "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)")
(cx-gui-do cx-set-list-selections "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)" '( 2))
(cx-gui-do cx-activate-item "Boundary Conditions*Table1*List2(Zone)")
(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Dynamic Mesh"))
(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Dynamic Mesh"))
(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")
(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Setup|Dynamic Mesh"))
(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Dynamic
Mesh*Table1*Table1*CheckBox1(Dynamic Mesh)" #t)
(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic
Mesh*Table1*Table1*CheckBox1(Dynamic Mesh)")
(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Dynamic
Mesh*Table1*Table1*Table2*Table3*Table1(Mesh
Methods)*CheckBox2(Layering)" #t)
(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic
Mesh*Table1*Table1*Table2*Table3*Table1(Mesh
Methods)*CheckBox2(Layering)")
(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Dynamic
Mesh*Table1*Table1*Table2*Table3*Table1(Mesh
Methods)*CheckBox3(Remeshing)" #t)

```

```

(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic
Mesh*Table1*Table1*Table2*Table3*Table1(Mesh
Methods)*CheckButton3(Remeshing)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic
Mesh*Table1*Table1*Table2*Table5*PushButton1(Create/Edit)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Dynamic Mesh
Zones*Frame1*Table1*DropDownList1(Zone Names)" '( 2))

(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic Mesh
Zones*Frame1*Table1*DropDownList1(Zone Names)")

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Dynamic Mesh Zones*Frame3*Frame3(Meshing
Options)*Table1*Table5*RealEntry3(Cell Height)" '( 0.002))

(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic Mesh
Zones*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Dynamic Mesh
Zones*Frame1*Table1*DropDownList1(Zone Names)" '( 4))

(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic Mesh
Zones*Frame1*Table1*DropDownList1(Zone Names)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Dynamic Mesh Zones*Frame3*Frame1(Motion
Attributes)*Table1*DropDownList1(Motion UDF/Profile)" '( 1))

(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic Mesh Zones*Frame3*Frame1(Motion
Attributes)*Table1*DropDownList1(Motion UDF/Profile)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic Mesh
Zones*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Dynamic Mesh
Zones*PanelButtons*PushButton2(Cancel)")

```

```

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Methods"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Methods"))

(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Methods"))

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Solution Methods*Table1*Table3(Spatial
Discretization)*DropDownList4(Turbulent Kinetic Energy)" '( 1))

(cx-gui-do cx-activate-item "Solution Methods*Table1*Table3(Spatial
Discretization)*DropDownList4(Turbulent Kinetic Energy)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Solution Methods*Table1*Table3(Spatial
Discretization)*DropDownList5(Turbulent Dissipation Rate)" '( 1))

(cx-gui-do cx-activate-item "Solution Methods*Table1*Table3(Spatial
Discretization)*DropDownList5(Turbulent Dissipation Rate)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Solution
Methods*Table1*Table4*DropDownList1(Transient Formulation)" '( 1))

(cx-gui-do cx-activate-item "Solution
Methods*Table1*Table4*DropDownList1(Transient Formulation)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Controls"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Controls"))

(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Controls"))

```

```

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Solution Controls*Table1*Table1*Table5(Under-
Relaxation Factors)*RealEntry4(Momentum)" '( 0.4))

(cx-gui-do cx-activate-item "Solution Controls*Table1*Table1*Table5(Under-
Relaxation Factors)*RealEntry4(Momentum)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Report Definitions"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Report Definitions"))

(cx-gui-do cx-list-tree-right-click "NavigationPane*List_Tree1" )

(cx-gui-do cx-activate-item "MenuBar*Surface ReportSubMenu*Volume Flow
Rate...")

(cx-gui-do cx-set-text-entry "Surface Report
Definition*Table1*Table1*TextEntry1(Name)" "volume-flow-rate")

(cx-gui-do cx-activate-item "Surface Report
Definition*Table1*Table1*TextEntry1(Name)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Surface Report
Definition*Table1*Table2*Table6*List1(Surfaces)" '( 0))

(cx-gui-do cx-activate-item "Surface Report
Definition*Table1*Table2*Table6*List1(Surfaces)")

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Surface Report
Definition*Table1*Table1*Table6(Create)*CheckBox1(Report File)" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item "Surface Report
Definition*Table1*Table1*Table6(Create)*CheckBox1(Report File)")

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Surface Report
Definition*Table1*Table1*Table6(Create)*CheckBox2(Report Plot)" #t)

```



```

(cx-gui-do cx-activate-item "Surface Report
Definition*Table1*Table1*Table6(Create)*CheckBox2(Report Plot)")

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Surface Report
Definition*Table1*Table1*Table6(Create)*CheckBox4(Print to Console)" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item "Surface Report
Definition*Table1*Table1*Table6(Create)*CheckBox4(Print to Console)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Surface Report
Definition*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Report Definitions"))

(cx-gui-do cx-list-tree-right-click "NavigationPane*List_Tree1" )

(cx-gui-do cx-activate-item "MenuBar*Volume ReportSubMenu*Volume-
Average...")

(cx-gui-do cx-set-text-entry "Volume Report
Definition*Table1*Table1*TextEntry1(Name)" "sw")

(cx-gui-do cx-activate-item "Volume Report
Definition*Table1*Table1*TextEntry1(Name)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Volume Report
Definition*Table1*Table2*DropDownList2(Field Variable)" '( 0))

(cx-gui-do cx-activate-item "Volume Report
Definition*Table1*Table2*DropDownList2(Field Variable)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "Volume Report
Definition*Table1*Table2*List5(Cell Zones)" '( 0))

(cx-gui-do cx-activate-item "Volume Report Definition*Table1*Table2*List5(Cell
Zones)")

```

```

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Volume Report
Definition*Table1*Table1*Table5(Create)*CheckBox1(Report File)" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item "Volume Report
Definition*Table1*Table1*Table5(Create)*CheckBox1(Report File)")

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Volume Report
Definition*Table1*Table1*Table5(Create)*CheckBox2(Report Plot)" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item "Volume Report
Definition*Table1*Table1*Table5(Create)*CheckBox2(Report Plot)")

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Volume Report
Definition*Table1*Table1*Table5(Create)*CheckBox4(Print to Console)" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item "Volume Report
Definition*Table1*Table1*Table5(Create)*CheckBox4(Print to Console)")

(cx-gui-do cx-activate-item "Volume Report
Definition*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Monitors"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Monitors|Report Files"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Monitors|Report Files"))

(cx-gui-do cx-list-tree-right-click "NavigationPane*List_Tree1" )

(cx-gui-do cx-activate-item "MenuBar*PopupMenuTree-Report Files*New...")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "New Report File*Table1*List2(Available Report
Definitions)" '( 1))

(cx-gui-do cx-activate-item "New Report File*Table1*List2(Available Report
Definitions)")

```

(cx-gui-do cx-set-list-selections "New Report File*Table1*List2(Available Report Definitions)" '(1 3))

(cx-gui-do cx-activate-item "New Report File*Table1*List2(Available Report Definitions)")

(cx-gui-do cx-set-list-selections "New Report File*Table1*List2(Available Report Definitions)" '(1 3 4))

(cx-gui-do cx-activate-item "New Report File*Table1*List2(Available Report Definitions)")

(cx-gui-do cx-activate-item "New Report File*Table1*Table4*PushButton1(Add>>)"

(cx-gui-do cx-set-text-entry "New Report File*Table1*Table6(Output File Base Name)*TextEntry1" "RESULTS")

(cx-gui-do cx-activate-item "New Report File*PanelButtons*PushButton1(OK)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list "Solution|Initialization"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list "Solution|Initialization"))

(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list "Solution|Initialization"))

(cx-gui-do cx-set-toggle-button2 "Solution Initialization*Table1*ToggleBox3(Initialization Methods)*Hybrid Initialization" #t)

(cx-gui-do cx-activate-item "Solution Initialization*Table1*ToggleBox3(Initialization Methods)*Hybrid Initialization")

```

(cx-gui-do cx-activate-item "Solution
Initialization*Table1*ButtonBox10*PushButton2(Initialize)")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Calculation Activities"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Calculation Activities"))

(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Calculation Activities"))

(cx-gui-do cx-set-integer-entry "Calculation
Activities*Table1*IntegerEntry1(Autosave Every (Iterations))" 0)

(cx-gui-do cx-activate-item "Calculation
Activities*Table1*IntegerEntry1(Autosave Every (Iterations))")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Run Calculation"))

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Run Calculation"))

(cx-gui-do cx-activate-item "NavigationPane*List_Tree1")

(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections "NavigationPane*List_Tree1" (list
"Solution|Run Calculation"))

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Run
Calculation*Table1*Table7*RealEntry1(Time Step Size)" '( 0.001))

(cx-gui-do cx-activate-item "Run Calculation*Table1*Table7*RealEntry1(Time
Step Size)")

(cx-gui-do cx-set-real-entry-list "Run
Calculation*Table1*Table7*RealEntry1(Time Step Size)" '( 0.0001))

```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Run Calculation*Table1*Table7*RealEntry1(Time Step Size)")
```

```
(cx-gui-do cx-set-integer-entry "Run Calculation*Table1*Table7*IntegerEntry2(Number of Time Steps)" 4)
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Run Calculation*Table1*Table7*IntegerEntry2(Number of Time Steps)")
```

```
(cx-gui-do cx-set-integer-entry "Run Calculation*Table1*IntegerEntry10(Number of Iterations)" 45)
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "Run Calculation*Table1*IntegerEntry10(Number of Iterations)")
```

```
(cx-gui-do cx-activate-item "MenuBar*WriteSubMenu*Stop Journal")
```

Phụ lục 9

SỬ DỤNG CODE JAVA SCRIPT CHO ANSYS-FLUENT

```
# encoding: utf-8

# Release 18.2

SetScriptVersion(Version="18.2.109")

template1 = GetTemplate(TemplateName="FLUENT")

system1 = GetSystem(Name="ICM")

iCMComponent1 = system1.GetComponent(Name="ICM")

componentTemplate1 =
GetComponentTemplate(Name="FluentSetupCellTemplate")

system2 = template1.CreateSystem(
    DataTransferFrom=[Set(FromComponent=iCMComponent1,
TransferName=None, ToComponentTemplate=componentTemplate1)],
    Position="Right",
    RelativeTo=system1)

setupComponent1 = system2.GetComponent(Name="Setup")

setupComponent1.Refresh()

setup1 = system2.GetContainer(ComponentName="Setup")

fluentLauncherSettings1 = setup1.GetFluentLauncherSettings()

fluentLauncherSettings1.SetEntityProperties(Properties=Set(Precision="Dou
ble", EnvPath={}, RunParallel=True, NumberOfProcessors=4,
NumberOfGPUs=1))

setup1.Edit()
```

```
setup1.SendCommand(Command='(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections  
"NavigationPane*List_Tree1" (list )))')
```

```
setup1.SendCommand(Command="(cx-gui-do cx-activate-item  
\"MenuBar*ReadSubMenu*Journal...\"))(cx-gui-do cx-set-file-dialog-entries  
\"Select File\" '(\"D:/auto/11AUTO-2-290\") \"All Files (*)\"))(cx-gui-do cx-  
activate-item \"Question*OK\"))(cx-gui-do cx-activate-item \"Question*OK\"))")
```

```
setup1.SendCommand(Command='(cx-gui-do cx-activate-item "Run  
Calculation*Table1*PushButton22(Calculate)")(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections  
"NavigationPane*List_Tree1" (list ))(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections  
"NavigationPane*List_Tree1" (list ))(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections  
"NavigationPane*List_Tree1" (list ))(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections  
"NavigationPane*List_Tree1" (list ))(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections  
"NavigationPane*List_Tree1" (list ))(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections  
"NavigationPane*List_Tree1" (list ))(cx-gui-do cx-set-list-tree-selections  
"NavigationPane*List_Tree1" (list )))')
```

```
setup1.SendCommand(Command='(cx-gui-do cx-activate-item  
"Information*OK"))')
```

```
setup1.SendCommand(Command='(cx-gui-do cx-activate-item  
"MenuBar*FileMenu*Close Fluent"))')
```

Phụ lục 10
SỬ DỤNG MATLAB

```
clc  
clear all  
X = [ 18.00    102.00   52.00   2.50   41.00  
      18.00    102.00   52.00   2.50   42.00  
      18.00    102.00   52.00   3.50   38.00  
      18.00    102.00   52.00   3.50   39.00  
      18.00    102.00   52.00   3.50   40.00  
      18.00    102.00   52.00   3.50   41.00  
      18.00    102.00   52.00   3.50   42.00  
      18.00    102.00   52.00   4.50   38.00  
      18.00    102.00   52.00   4.50   39.00  
      18.00    102.00   52.00   4.50   40.00  
      18.00    102.00   52.00   4.50   41.00  
      18.00    102.00   52.00   4.50   42.00  
      18.00    102.00   52.00   5.50   38.00  
      18.00    102.00   52.00   5.50   39.00 ];  
for i = 1:size(X,1)  
    x1 = X(i,1);  
    x2 = X(i,2);  
    x3 = X(i,3);
```



```

x4 = X(i,4);
x5 = X(i,5);

fileID = fopen('C:\Users\laptop one\Desktop\Code\TSDN.txt','w');

fprintf(fileID,"X1" = %2.0f\r\n',x1);
fprintf(fileID,"X2" = %2.0f\r\n',x2);
fprintf(fileID,"X1 @CHUAN" = "X1"\r\n');
fprintf(fileID,"X3" = %2.0f\r\n',x3);
fprintf(fileID,"X4" = %2.1f\r\n',x4);
fprintf(fileID,"X5" = %2.0f\r\n',x5);
fprintf(fileID,"D1 @52" = "X3"\r\n');
fprintf(fileID,"D1 @Boss-Tru" = 34\r\n');
fprintf(fileID,"D3 @Helix/Spiral1" = "D1 @52" - "D1 @Boss-Tru"\r\n');
fprintf(fileID,"D18 @CHUAN" = "X5"\r\n');
fprintf(fileID,"D8 @CHUAN" = 2\r\n');
fprintf(fileID,"D5 @CHUAN" = 24\r\n');
fprintf(fileID,"D3 @CHUAN" = 7\r\n');
fprintf(fileID,"D4 @CHUAN" = 53\r\n');
fprintf(fileID,"D3 @Helix/Spiral2" = "D3 @Helix/Spiral1"\r\n');
fprintf(fileID,"D1 @58" = 59\r\n');
fprintf(fileID,"D1 @Sketch9" = 30\r\n');
fprintf(fileID,"D2 @Sketch9" = 88\r\n');
fprintf(fileID,"D3 @Helix/Spiral3" = "D1 @58" - "X3"\r\n');
fprintf(fileID,"D3 @Helix/Spiral4" = "D3 @Helix/Spiral3"\r\n');

```



```

% _____ Viet lai file codeA1 cho
ANSYS_____

fileID = fopen('C:\Users\laptop one\Desktop\Code\CODEA11.wbjn','w');
fprintf(fileID,'SetScriptVersion(Version="18.2.109")\r\n');
fprintf(fileID,'template1 = GetTemplate(TemplateName="ICEMCFD")\r\n');
fprintf(fileID,'system1 = template1.CreateSystem()\r\n');
fprintf(fileID,'Save(\r\n');

fprintf(fileID,['  FilePath="C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/',erase(geofile,".igs"),'.wbpj",\r\n'];

fprintf(fileID,'  Overwrite=True');
fclose(fileID);

pause(2)

% _____ Hoan tat codeA1_____
% _____ File meshcode.rpl_____

fileID = fopen('C:\Users\laptop one\Desktop\Code\meshcode.rpl','w');
fprintf(fileID,'ic_get_global file_name project_dir\r\n');
fprintf(fileID,'ic_set_meshing_params global 0\r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');

fprintf(fileID,'ic_wb_set_parameters 1 0 1 0 0 1 1 0 1 {SDFEA;DDM} 1 {} -1 1
Millimeters 0 0 0 {} {} 0 0 0 {} 0 0.001 0 0\r\n');

fprintf(fileID,['ic_wb_brep_read {C:/Users/laptop one/Desktop/Code/',geofile,'}
1 0 0\r\n']);

fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_clear_icons \r\n');

```

```

fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');

fprintf(fileID,'ic_start_bigunsop \r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_elements family PART_1_1_1_MATPOINT no_undo
1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_geometry all families PART_1_1_1_MATPOINT 1
1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_geo_delete_family PART_1_1_1_MATPOINT\r\n');

fprintf(fileID,'ic_finish_bigunsop \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');

fprintf(fileID,'ic_geo_new_family FLUID\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_set_part_color FLUID\r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_elements family Fluid no_undo 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_geo_build_bodies Fluid 0 0 0 1 { } 0 0\r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_elements family Fluid no_undo 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_geo_build_bodies Fluid 0 0 0 1 { } 0 0\r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');

```

```

fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_geo_set_part surface FACE189 INLET 0\r\n');
fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_geo_set_part surface {FACE165 FACE231 FACE218
FACE196 FACE174 FACE162 FACE163 FACE185 FACE207 FACE229
FACE164 FACE232} PISTON 0\r\n');
fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_geo_set_part surface {FACE219 FACE220 FACE222
FACE221 FACE223 FACE227 FACE230 FACE228 FACE226} VALVE 0\r\n');
fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');

```

```

fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_geo_set_part surface {FACE224 FACE225} VALVE 0\r\n');
fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_set_global geo_cad 0 toptol_userset\r\n');
fprintf(fileID,'ic_set_global geo_cad 0.1 toler\r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_set_meshing_params global 0 gref 1.0 gmax 2.0 gfast 0 gedgce
0.2 gnat 0 gcgap 1 gnatref 10\r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_set_meshing_params global 0 gref 1.0 gmax 2.0 gfast 0 gedgce
0.2 gnat 0 gcgap 1 gnatref 10\r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');
fprintf(fileID,'ic_set_global geo_cad 0.1 toler\r\n');
fprintf(fileID,'ic_undo_group_begin \r\n');
fprintf(fileID,'ic_save_tetin temp_tetra.tin\r\n');
fprintf(fileID,'ic_run_tetra temp_tetra.tin
C:/Users/LAPTOP~1/AppData/Local/Temp/WB_DES~3/UNSAVE~1/dp0/ICM/IC

```

```

EMCFD/tetra_mesh.uns run_cutter 1 delete_auto 1 run_smoother 0 fix_holes 1
n_processors 1 in_process 1 log ./tetra_cmd.log\r\n');

fprintf(fileID,'ic_geo_set_modified 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_update_family_type visible {INLET SHELL FLUID
PISTON SHEET ORFN VALVE LUMP} {!NODE !LINE_2 TRI_3 !TETRA_4}
update 0\r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_subset_configure All -shade flat_wire\r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_subset_configure Selected -shade flat_wire\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_clear_icons \r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_diagnostic diag_type single quiet 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_smooth_elements map all upto 0.4 iterations 5 fix_families { }
n_processors 1 smooth TRI_3 float TETRA_4 laplace 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_smooth_elements map all upto 0.4 iterations 5
prism_warp_weight 0.5 fix_families { } n_processors 1 smooth TETRA_4 float
PENTA_6 freeze TRI_3\r\n');

fprintf(fileID,'ic_smooth_elements map all upto 0.4 iterations 5
prism_warp_weight 0.5 fix_families { } metric Quality n_processors 1 smooth
TETRA_4 smooth TRI_3 float PENTA_6\r\n');

fprintf(fileID,'ic_geo_set_modified 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_undo_group_end \r\n');

fprintf(fileID,'ic_wb2_run_mesher tetra\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_subset_configure All -shade flat_wire\r\n');

```

```

fprintf(fileID,'ic_uns_subset_configure Selected -shade flat_wire\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_clear_icons \r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_subset_configure All -shade wire\r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_subset_configure Selected -shade wire\r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_update_family_type visible {INLET SHELL FLUID
PISTON SHEET ORFN VALVE LUMP} {!NODE !LINE_2 TRI_3 !TETRA_4}
update 0\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_clear_icons \r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_gui_update \r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_clear_icons \r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_update_family_type visible {INLET SHELL FLUID
PISTON SHEET ORFN VALVE LUMP} {!NODE !LINE_2 TRI_3 !TETRA_4}
update 0\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_clear_icons \r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_save_project {C:/Users/laptop
one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD/ICM.prj}\r\n');

fprintf(fileID,'ic_set_global vid_options 1.0 wb_import_transfer_file_scale\r\n');

fprintf(fileID,'ic_geo_convert_units millimeters m\r\n');

```



```

fprintf(fileID,'ic_set_global vid_options 0.001
wb_import_transfer_file_scale\r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_save_tetin ICM.tin 0 0 {} {} 0 0 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_check_duplicate_numbers \r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_renumber_all_elements 1 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_save_unstruct ICM.uns 1 {} {} {} \r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_set_modified 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver {ANSYS Fluent}\r\n');

fprintf(fileID,'ic_solution_set_solver {ANSYS Fluent} 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver {ANSYS Fluent}\r\n');

fprintf(fileID,'ic_solver_mesh_info {ANSYS Fluent}\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_save ICM.fbc\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_save_atr ICM.atr\r\n');

fprintf(fileID,'ic_save_project_file ICM.prj {array\\ set\\ file_name\\ \\{ {
catia_dir {C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-
VOTMK3U_laptop one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
parts_dir {C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-
VOTMK3U_laptop one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
domain_loaded 0} { cart_file_loaded 0} { cart_file {} } { domain_saved
ICM.uns} { archive {} } { med_replay {} } { topology_dir {C:/Users/laptop
one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { ugparts_dir

```

```

{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { icons
{{$env(ICEM_ACN)/lib/ai_env/icons} {$env(ICEM_ACN)/lib/va/EZCAD/icons}
{$env(ICEM_ACN)/lib/icons} {$env(ICEM_ACN)/lib/va/CABIN/icons}} {
tetin ICM.tin} { family_boco ICM.fbc} { prism_params {}} { iges_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
solver_params_loaded 0} { attributes_loaded 0} { project_lock {}} {
attributes ICM.atr} { domain ICM.uns} { domains_dir {C:/Users/laptop
one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { settings_loaded 1}
{ settings ICM.prj} { blocking {}} { hexa_replay {}} { transfer_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { mesh_dir
{C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { family_topo {}} {
gemsparts_dir {C:/Users/laptop one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-
VOTMK3U_laptop one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
family_boco_loaded 0} { tetin_loaded 0} { project_dir {C:/Users/laptop
one/AppData/Local/Temp/WB_DESKTOP-VOTMK3U_laptop
one_2564_14/unsaved_project_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { topo_mulcad_out
{}} { solver_params {}} \\} array\\ set\\ options\\ \\{ { expert 1} {
remote_path {}} { tree_disp_quad 2} { tree_disp_pyra 0} {
evaluate_diagnostic 0} { histo_show_default 1} { select_toggle_corners 0} {
remove_all 0} { keep_existing_file_names 0} { record_journal 0} { edit_wait
0} { face_mode all} { select_mode all} { med_save_emergency_tetin 1} {
user_name {laptop one}} { diag_which all} { uns_warn_if_display 500000} {
bubble_delay 1000} { external_num 1} { tree_disp_tri 2} { apply_all 0} {
default_solver {ANSYS Fluent}} { temporary_directory {}} {

```

```

flood_select_angle 0} { home_after_load 1} { project_active 0} {
histo_color_by_quality_default 1} { undo_logging 1} { tree_disp_hexa 0} {
histo_solid_default 1} { host_name DESKTOP-VOTMK3U} { xhidden_full 1}
{ replay_internal_editor 1} { editor {}} { mouse_color orange} {
clear_undo 1} { remote_acn {}} { remote_sh csh} { tree_disp_penta 0} {
n_processors 1} { remote_host {}} { save_to_new 0} { quality_info Quality}
{ tree_disp_node 0} { med_save_emergency_mesh 1} { redtext_color red} {
tree_disp_line 0} { select_edge_mode 0} { use_dlremote 0} {
max_mesh_map_size {}} { show_tris 1} { remote_user {}} { icon_size
Normal} { enable_idle 0} { auto_save_views 1} { max_cad_map_size {}} {
display_origin 0} { uns_warn_user_if_display 1000000} { detail_info 0} {
win_java_help 0} { show_factor 1} { boundary_mode all} {
clean_up_tmp_files 1} { auto_fix_uncovered_faces 1} {
med_save_emergency_blocking 1} { max_binary_tetin 0} { tree_disp_tetra 0}
\\} array\\ set\\ disp_options\\ \\{ { uns_dualmesh 0} { uns_warn_if_display
500000} { uns_normals_colored 0} { uns_icons 0} { uns_locked_elements 0}
{ uns_shrink_npos 0} { uns_node_type None} { uns_icons_normals_vol 0} {
uns_bcfield 0} { backup Wire} { uns_nodes 0} { uns_only_edges 0} {
uns_surf_bounds 0} { uns_wide_lines 0} { uns_vol_bounds 0} {
uns_displ_orient Triad} { uns_orientation 0} { uns_directions 0} {
uns_thickness 0} { uns_shell_diagnostic 0} { uns_normals 0} { uns_couplings
0} { uns_periodicity 0} { uns_single_surfaces 0} { uns_midside_nodes 1} {
uns_shrink 100} { uns_multiple_surfaces 0} { uns_no_inner 0} { uns_enums
0} { uns_disp Wire} { uns_bcfield_name {}} { uns_color_by_quality 0} {
uns_changes 0} { uns_cut_delay_count 1000} \\} {set icon_size1 24} {set
icon_size2 35} {set thickness_defined 0} {set solver_type 1} {set solver_setup -1}
array\\ set\\ prism_values\\ \\{ { n_triangle_smoothing_steps 5} {
min_smoothing_steps 6} { first_layer_smoothing_steps 1} { new_volume {}} {
height 0} { prism_height_limit 0} { interpolate_heights 0} {

```

```

n_tetra_smoothing_steps 10} { do_checks {} } { delete_standalone 1} {
ortho_weight 0.50} { max_aspect_ratio {} } { ratio_max {} } {
incremental_write 0} { total_height 0} { use_prism_v10 0} {
intermediate_write 1} { delete_base_triangles {} } { ratio_multiplier {} } {
verbosity_level 1} { refine_prism_boundary 1} { max_size_ratio {} } {
triangle_quality {} } { max_prism_angle 180} { tetra_smooth_limit
0.30000001} { max_jump_factor 5} { use_existing_quad_layers 0} { layers
3} { fillet 0.1} { into_orphan 0} { init_dir_from_prev {} } { blayer_2d 0} {
do_not_allow_sticking {} } { top_family {} } { law exponential} {
min_smoothing_val 0.1} { auto_reduction 0} { max_prism_height_ratio 0} {
stop_columns 1} { stair_step 1} { smoothing_steps 12} { side_family {} } {
min_prism_quality 0.0099999998} { ratio 1.2} \\} {set aie_current_flavor {} }
array\\ set\\ vid_options\\ \\{ { wb_import_mat_points 1} { wb_NS_to_subset
0} { wb_import_surface_bodies 1} { wb_import_cad_att_pre {SDFEA;DDM}}
{ wb_import_mix_res_line 0} { wb_import_tritol 0.001} { auxiliary 0} {
wb_import_cad_att_trans 1} { wb_import_mix_res -1} {
wb_import_mix_res_surface 0} { show_name 0} { wb_import_solid_bodies 1}
{ wb_import_delete_solids 0} { wb_import_mix_res_solid 0} {
wb_import_save_pmdb {} } { inherit 1} { default_part GEOM} {
new_srf_topo 1} { wb_import_associativity_model_name {} } { DelPerFlag 0}
{ show_item_name 0} { wb_import_line_bodies 0} {
wb_import_save_partfile 0} { composite_tolerance 1.0} {
wb_NS_to_entity_parts 0} { wb_import_en_sym_proc 1} {
wb_import_sel_proc 1} { wb_import_work_points 0} {
wb_import_reference_key 0} { wb_import_geom 1} {
wb_import_mix_res_point 0} { wb_import_pluginname {} } { wb_NS_only 0}
{ wb_import_create_solids 0} { wb_import_refresh_pmdb 0} {
wb_import_lcs 0} { wb_import_sel_pre {} } { wb_import_scale_geo
Millimeters} { wb_import_load_pmdb {} } { replace 0} {

```

```

wb_import_transfer_file_scale 0.001} { wb_import_cad_associativity 0} {
same_pnt_tol 1e-4} { tdv_axes 1} { wb_import_mesh 0} { vid_mode 0} {
DelBlkPerFlag 0} \} {set savedTreeVisibility {geomNode 1 geom_subsetNode 2
geomPointNode 0 geomCurveNode 2 geomSurfNode 0 geomBodyNode 2
meshNode 1 mesh_subsetNode 2 meshPointNode 0 meshLineNode 0
meshShellNode 2 meshTriNode 2 meshVolumeNode 0 meshTetraNode 0 partNode
1 part-FLUID 2 part-INLET 2 part-PART_1_1_1 0 part-PISTON 2 part-VALVE
2}} {set last_view {rot {0 0 0 1} scale {7.16886399227 7.16886399227
7.16886399227} center {0.50085 21.1 -15.25} pos {0 0 0}} array\ set\ cut_info\
\{ { active 0} \} array\ set\ hex_option\ \{ { default_bunching_ratio 2.0} {
floating_grid 0} { project_to_topo 0} { n_tetra_smoothing_steps 20} {
sketching_mode 0} { trfDeg 1} { wr_hexa7 0} { smooth_ogrid 0} {
find_worst 1-3} { hexa_verbose_mode 0} { old_eparams 0} {
uns_face_mesh_method uniform_quad} { multigrid_level 0} { uns_face_mesh
one_tri} { check_blk 0} { proj_limit 0} { check_inv 0} { project_bspline
0} { hexa_update_mode 1} { default_bunching_law BiGeometric} {
worse_criterion Quality} \} array\ set\ saved_views\ \{ { views {} \} \}
{ICEM CFD}\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver {ANSYS Fluent}\r\n');

fprintf(fileID,'ic_solver_mesh_info {ANSYS Fluent}\r\n');

fprintf(fileID,'ic_set_global vid_options 1.0 wb_import_transfer_file_scale\r\n');

fprintf(fileID,'ic_geo_convert_units millimeters m\r\n');

fprintf(fileID,'ic_set_global vid_options 0.001
wb_import_transfer_file_scale\r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

fprintf(fileID,'ic_save_tetin ICM.tin 0 0 {} {} 0 0 1\r\n');

```

```

fprintf(fileID,'ic_uns_check_duplicate_numbers \r\n');

fprintf(fileID,'ic_save_unstruct ICM.uns 1 {} {} {} \r\n');

fprintf(fileID,'ic_uns_set_modified 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_solver {ANSYS Fluent} \r\n');

fprintf(fileID,'ic_solution_set_solver {ANSYS Fluent} 1\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_save ICM.fbc\r\n');

fprintf(fileID,'ic_boco_save_atr ICM.atr\r\n');

fprintf(fileID,'ic_save_project_file ICM.prj {array\\ set\\ file_name\\ \\{ {
catia_dir {C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-
code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { parts_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { domain_loaded 0}
{ cart_file_loaded 0} { cart_file {} } { domain_saved ICM.uns} { archive
{} } { med_replay {} } { topology_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { ugparts_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
icons { {$env(ICEM_ACN)/lib/ai_env/icons}
{$env(ICEM_ACN)/lib/va/EZCAD/icons} {$env(ICEM_ACN)/lib/icons}
{$env(ICEM_ACN)/lib/va/CABIN/icons}} } { tetin ICM.tin} { family_boco
ICM.fbc} { prism_params {} } { iges_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
solver_params_loaded 0} { attributes_loaded 0} { project_lock {} } {
attributes ICM.atr} { domain ICM.uns} { domains_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { settings_loaded 1}
{ settings ICM.prj} { blocking {} } { hexa_replay {} } { transfer_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
mesh_dir {C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-

```

```

code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { family_topo {} } { gemsparts_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
family_boco_loaded 0} { tetin_loaded 0} { project_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { topo_mulcad_out
{}} { solver_params {} } \\} array\\ set\\ options\\ \\{ { expert 1} {
remote_path {} } { tree_disp_quad 2} { tree_disp_pyra 0} {
evaluate_diagnostic 0} { histo_show_default 1} { select_toggle_corners 0} {
remove_all 0} { keep_existing_file_names 0} { record_journal 0} { edit_wait
0} { face_mode all} { select_mode all} { med_save_emergency_tetin 1} {
user_name {laptop one}} { diag_which all} { uns_warn_if_display 500000} {
bubble_delay 1000} { external_num 1} { tree_disp_tri 2} { apply_all 0} {
default_solver {ANSYS Fluent}} { temporary_directory {} } {
flood_select_angle 0} { home_after_load 1} { project_active 0} {
histo_color_by_quality_default 1} { undo_logging 1} { tree_disp_hexa 0} {
histo_solid_default 1} { host_name DESKTOP-VOTMK3U} { xhidden_full 1}
{ replay_internal_editor 1} { editor {} } { mouse_color orange} {
clear_undo 1} { remote_acn {} } { remote_sh csh} { tree_disp_penta 0} {
n_processors 1} { remote_host {} } { save_to_new 0} { quality_info Quality}
{ tree_disp_node 0} { med_save_emergency_mesh 1} { redtext_color red} {
tree_disp_line 0} { select_edge_mode 0} { use_dlremote 0} {
max_mesh_map_size {} } { show_tris 1} { remote_user {} } { icon_size
Normal} { enable_idle 0} { auto_save_views 1} { max_cad_map_size {} } {
display_origin 0} { uns_warn_user_if_display 1000000} { detail_info 0} {
win_java_help 0} { show_factor 1} { boundary_mode all} {
clean_up_tmp_files 1} { auto_fix_uncovered_faces 1} {
med_save_emergency_blocking 1} { max_binary_tetin 0} { tree_disp_tetra 0}
\\} array\\ set\\ disp_options\\ \\{ { uns_dualmesh 0} { uns_warn_if_display
500000} { uns_normals_colored 0} { uns_icons 0} { uns_locked_elements 0}
{ uns_shrink_npos 0} { uns_node_type None} { uns_icons_normals_vol 0} {

```

```

uns_bcfield 0} { backup Wire} { uns_nodes 0} { uns_only_edges 0} {
uns_surf_bounds 0} { uns_wide_lines 0} { uns_vol_bounds 0} {
uns_displ_orient Triad} { uns_orientation 0} { uns_directions 0} {
uns_thickness 0} { uns_shell_diagnostic 0} { uns_normals 0} { uns_couplings
0} { uns_periodicity 0} { uns_single_surfaces 0} { uns_midside_nodes 1} {
uns_shrink 100} { uns_multiple_surfaces 0} { uns_no_inner 0} { uns_enums
0} { uns_disp Wire} { uns_bcfield_name {}} { uns_color_by_quality 0} {
uns_changes 0} { uns_cut_delay_count 1000} \\} {set icon_size1 24} {set
icon_size2 35} {set thickness_defined 0} {set solver_type 1} {set solver_setup -1}
array\\ set\\ prism_values\\ \\{ { n_triangle_smoothing_steps 5} {
min_smoothing_steps 6} { first_layer_smoothing_steps 1} { new_volume {}} {
height 0} { prism_height_limit 0} { interpolate_heights 0} {
n_tetra_smoothing_steps 10} { do_checks {}} { delete_standalone 1} {
ortho_weight 0.50} { max_aspect_ratio {}} { ratio_max {}} {
incremental_write 0} { total_height 0} { use_prism_v10 0} {
intermediate_write 1} { delete_base_triangles {}} { ratio_multiplier {}} {
verbosity_level 1} { refine_prism_boundary 1} { max_size_ratio {}} {
triangle_quality {}} { max_prism_angle 180} { tetra_smooth_limit
0.30000001} { max_jump_factor 5} { use_existing_quad_layers 0} { layers
3} { fillet 0.1} { into_orphan 0} { init_dir_from_prev {}} { blayer_2d 0} {
do_not_allow_sticking {}} { top_family {}} { law exponential} {
min_smoothing_val 0.1} { auto_reduction 0} { max_prism_height_ratio 0} {
stop_columns 1} { stair_step 1} { smoothing_steps 12} { side_family {}} {
min_prism_quality 0.0099999998} { ratio 1.2} \\} {set aie_current_flavor {}}
array\\ set\\ vid_options\\ \\{ { wb_import_tritol 0.001} {
wb_import_cad_att_pre {SDFEA;DDM}} { wb_NS_to_subset 0} {
wb_import_mat_points 1} { wb_import_mix_res -1} { wb_import_save_pmdb
{}} { composite_tolerance 1.0} { wb_import_save_partfile 0} {
wb_NS_to_entity_parts 0} { wb_import_reference_key 0} { replace 0} {

```



```

tdv_axes 1} { vid_mode 0} { auxiliary 0} { wb_import_surface_bodies 1} {
show_name 0} { wb_import_cad_att_trans 1} { wb_import_solid_bodies 1} {
default_part GEOM} { wb_import_mix_res_solid 0} { new_srf_topo 1} {
DelPerFlag 0} { wb_import_associativity_model_name {} } { show_item_name
0} { wb_import_work_points 0} { wb_import_sel_proc 1} { wb_NS_only 0}
{ wb_import_scale_geo Millimeters} { wb_import_lcs 0} { same_pnt_tol 1e-
4} { wb_import_transfer_file_scale 0.001} { DelBlkPerFlag 0} {
wb_import_mesh 0} { wb_import_mix_res_surface 0} {
wb_import_analysis_type 3} { wb_import_geom 1} {
wb_import_refresh_pmdb 0} { wb_import_load_pmdb {} } {
wb_import_mix_res_line 0} { wb_import_delete_solids 0} { inherit 1} {
wb_import_line_bodies 0} { wb_import_en_sym_proc 1} {
wb_import_pluginname {} } { wb_import_mix_res_point 0} {
wb_import_create_solids 0} { wb_import_sel_pre {} } {
wb_import_cad_associativity 0} \\} {set savedTreeVisibility {geomNode 1
geom_subsetNode 2 geomPointNode 0 geomCurveNode 2 geomSurfNode 0
geomBodyNode 2 meshNode 1 mesh_subsetNode 2 meshPointNode 0
meshLineNode 0 meshShellNode 2 meshTriNode 2 meshVolumeNode 0
meshTetraNode 0 partNode 1 part-FLUID 2 part-INLET 2 part-PART_1_1_1 0
part-PISTON 2 part-VALVE 2}} {set last_view {rot {0 0 0 1} scale
{7.16886399227 7.16886399227 7.16886399227} center {0.50085 21.1 -15.25}
pos {0 0 0}} } array\\ set\\ cut_info\\ \\{ { active 0} \\} array\\ set\\ hex_option\\ \\{
{ default_bunching_ratio 2.0} { floating_grid 0} { project_to_topo 0} {
n_tetra_smoothing_steps 20} { sketching_mode 0} { trfDeg 1} { wr_hexa7 0}
{ smooth_ogrid 0} { find_worst 1-3} { hexa_verbose_mode 0} {
old_eparams 0} { uns_face_mesh_method uniform_quad} { multigrid_level 0}
{ uns_face_mesh one_tri} { check_blk 0} { proj_limit 0} { check_inv 0} {
project_bspline 0} { hexa_update_mode 1} { default_bunching_law

```

```

BiGeometric} { worse_criterion Quality} \\} array\\ set\\ saved_views\\ \\{ {
views {} } \\} } {ICEM CFD}\\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_set_global vid_options 1.0 wb_import_transfer_file_scale\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_geo_convert_units millimeters m\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_set_global vid_options 0.001
wb_import_transfer_file_scale\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

    fprintf(fileID,'ic_delete_empty_parts \r\n');

    fprintf(fileID,'ic_save_tetin ICM.tin 0 0 {} {} 0 0 1\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_uns_check_duplicate_numbers \r\n');

    fprintf(fileID,'ic_save_unstruct ICM.uns 1 {} {} {} \r\n');

    fprintf(fileID,'ic_uns_set_modified 1\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_boco_solver \r\n');

    fprintf(fileID,'ic_boco_solver {ANSYS Fluent}\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_solution_set_solver {ANSYS Fluent} 1\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_boco_save ICM.fbc\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_boco_save_atr ICM.atr\r\n');

    fprintf(fileID,'ic_save_project_file ICM.prj {array\\ set\\ file_name\\ \\{ {
catia_dir {C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-
code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { parts_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { domain_loaded 0}
{ cart_file_loaded 0} { cart_file {} } { domain_saved ICM.uns} { archive
{} } { med_replay {} } { topology_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { ugparts_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {

```

```

icons { {$env(ICEM_ACN)/lib/ai_env/icons}
{$env(ICEM_ACN)/lib/va/EZCAD/icons} {$env(ICEM_ACN)/lib/icons}
{$env(ICEM_ACN)/lib/va/CABIN/icons}} { tetin ICM.tin} { family_boco
ICM.fbc} { prism_params {} } { iges_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
solver_params_loaded 0} { attributes_loaded 0} { project_lock {} } {
attributes ICM.atr} { domain ICM.uns} { domains_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { settings_loaded 1}
{ settings ICM.prj} { blocking {} } { hexa_replay {} } { transfer_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
mesh_dir {C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-
code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { family_topo {} } { gemsparts_dir
{C:/Users/laptop one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} {
family_boco_loaded 0} { tetin_loaded 0} { project_dir {C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/Mesh-code_files/dp0/ICM/ICEMCFD}} { topo_mulcad_out
{} } { solver_params {} } \\} array\\ set\\ options\\ \\{ { expert 1} {
remote_path {} } { tree_disp_quad 2} { tree_disp_pyra 0} {
evaluate_diagnostic 0} { histo_show_default 1} { select_toggle_corners 0} {
remove_all 0} { keep_existing_file_names 0} { record_journal 0} { edit_wait
0} { face_mode all} { select_mode all} { med_save_emergency_tetin 1} {
user_name {laptop one}} { diag_which all} { uns_warn_if_display 500000} {
bubble_delay 1000} { external_num 1} { tree_disp_tri 2} { apply_all 0} {
default_solver {ANSYS Fluent}} { temporary_directory {} } {
flood_select_angle 0} { home_after_load 1} { project_active 0} {
histo_color_by_quality_default 1} { undo_logging 1} { tree_disp_hexa 0} {
histo_solid_default 1} { host_name DESKTOP-VOTMK3U} { xhidden_full 1}
{ replay_internal_editor 1} { editor {} } { mouse_color orange} {
clear_undo 1} { remote_acn {} } { remote_sh csh} { tree_disp_penta 0} {
n_processors 1} { remote_host {} } { save_to_new 0} { quality_info Quality}

```

```

{ tree_disp_node 0} { med_save_emergency_mesh 1} { redtext_color red} {
tree_disp_line 0} { select_edge_mode 0} { use_dlremote 0} {
max_mesh_map_size {}} { show_tris 1} { remote_user {}} { icon_size
Normal} { enable_idle 0} { auto_save_views 1} { max_cad_map_size {}} {
display_origin 0} { uns_warn_user_if_display 1000000} { detail_info 0} {
win_java_help 0} { show_factor 1} { boundary_mode all} {
clean_up_tmp_files 1} { auto_fix_uncovered_faces 1} {
med_save_emergency_blocking 1} { max_binary_tetin 0} { tree_disp_tetra 0}
\\} array\\ set\\ disp_options\\ \\{ { uns_dualmesh 0} { uns_warn_if_display
500000} { uns_normals_colored 0} { uns_icons 0} { uns_locked_elements 0}
{ uns_shrink_npos 0} { uns_node_type None} { uns_icons_normals_vol 0} {
uns_bcfield 0} { backup Wire} { uns_nodes 0}{ uns_only_edges 0} {
uns_surf_bounds 0} { uns_wide_lines 0} { uns_vol_bounds 0} {
uns_displ_orient Triad} { uns_orientation 0} { uns_directions 0} {
uns_thickness 0} { uns_shell_diagnostic 0} { uns_normals 0} { uns_couplings
0} { uns_periodicity 0} { uns_single_surfaces 0} { uns_midside_nodes 1} {
uns_shrink 100} { uns_multiple_surfaces 0} { uns_no_inner 0} { uns_enums
0} { uns_disp Wire} { uns_bcfield_name {}} { uns_color_by_quality 0} {
uns_changes 0} { uns_cut_delay_count 1000} \\} {set icon_size1 24} {set
icon_size2 35} {set thickness_defined 0} {set solver_type 1} {set solver_setup -1}
array\\ set\\ prism_values\\ \\{ { n_triangle_smoothing_steps 5} {
min_smoothing_steps 6} { first_layer_smoothing_steps 1} { new_volume {}} {
height 0} { prism_height_limit 0} { interpolate_heights 0} {
n_tetra_smoothing_steps 10} { do_checks {}} { delete_standalone 1} {
ortho_weight 0.50} { max_aspect_ratio {}} { ratio_max {}} {
incremental_write 0} { total_height 0} { use_prism_v10 0} {
intermediate_write 1} { delete_base_triangles {}} { ratio_multiplier {}} {
verbosity_level 1} { refine_prism_boundary 1} { max_size_ratio {}} {
triangle_quality {}} { max_prism_angle 180} { tetra_smooth_limit

```

```

0.30000001} { max_jump_factor 5} { use_existing_quad_layers 0} { layers
3} { fillet 0.1} { into_orphan 0} { init_dir_from_prev {}} { blayer_2d 0} {
do_not_allow_sticking {}} { top_family {}} { law exponential} {
min_smoothing_val 0.1} { auto_reduction 0} { max_prism_height_ratio 0} {
stop_columns 1} { stair_step 1} { smoothing_steps 12} { side_family {}} {
min_prism_quality 0.0099999998} { ratio 1.2} \\} {set aie_current_flavor {}}
array\\ set\\ vid_options\\ \\{ { wb_import_tritol 0.001} {
wb_import_cad_att_pre {SDFEA;DDM}} { wb_NS_to_subset 0} {
wb_import_mat_points 1} { wb_import_mix_res -1} { wb_import_save_pmdb
{}} { composite_tolerance 1.0} { wb_import_save_partfile 0} {
wb_NS_to_entity_parts 0} { wb_import_reference_key 0} { replace 0} {
tdv_axes 1} { vid_mode 0} { auxiliary 0} { wb_import_surface_bodies 1} {
show_name 0} { wb_import_cad_att_trans 1} { wb_import_solid_bodies 1} {
default_part GEOM} { wb_import_mix_res_solid 0} { new_srf_topo 1} {
DelPerFlag 0} { wb_import_associativity_model_name {}} { show_item_name
0} { wb_import_work_points 0} { wb_import_sel_proc 1} { wb_NS_only 0}
{ wb_import_scale_geo Millimeters} { wb_import_lcs 0} { same_pnt_tol 1e-
4} { wb_import_transfer_file_scale 0.001} { DelBlkPerFlag 0} {
wb_import_mesh 0} { wb_import_mix_res_surface 0} {
wb_import_analysis_type 3} { wb_import_geom 1} {
wb_import_refresh_pmdb 0} { wb_import_load_pmdb {}} {
wb_import_mix_res_line 0} { wb_import_delete_solids 0} { inherit 1} {
wb_import_line_bodies 0} { wb_import_en_sym_proc 1} {
wb_import_pluginname {}} { wb_import_mix_res_point 0} {
wb_import_create_solids 0} { wb_import_sel_pre {}} {
wb_import_cad_associativity 0} \\} {set savedTreeVisibility {geomNode 1
geom_subsetNode 2 geomPointNode 0 geomCurveNode 2 geomSurfNode 0
geomBodyNode 2 meshNode 1 mesh_subsetNode 2 meshPointNode 0
meshLineNode 0 meshShellNode 2 meshTriNode 2 meshVolumeNode 0

```

```

meshTetraNode 0 partNode 1 part-FLUID 2 part-INLET 2 part-PART_1_1_1 0
part-PISTON 2 part-VALVE 2}} {set last_view {rot {0 0 0 1} scale
{7.16886399227 7.16886399227 7.16886399227} center {0.50085 21.1 -15.25}
pos {0 0 0}} array\\ set\\ cut_info\\ \\{ { active 0} \\} array\\ set\\ hex_option\\ \\{
{ default_bunching_ratio 2.0} { floating_grid 0} { project_to_topo 0} {
n_tetra_smoothing_steps 20} { sketching_mode 0} { trfDeg 1} { wr_hexa7 0}
{ smooth_ogrid 0} { find_worst 1-3} { hexa_verbose_mode 0} {
old_eparams 0} { uns_face_mesh_method uniform_quad} { multigrid_level 0}
{ uns_face_mesh one_tri} { check_blk 0} { proj_limit 0} { check_inv 0} {
project_bspline 0} { hexa_update_mode 1} { default_bunching_law
BiGeometric} { worse_criterion Quality} \\} array\\ set\\ saved_views\\ \\{ {
views {} } \\} \\} {ICEM CFD}\\r\\n');

```

```

fclose(fileID);

```

```

% _____Hoan tat File meshcode.rpl_____

```

```

pause(2)

```

```

system("C:\Program Files\ANSYS
Inc\v182\Framework\bin\Win64\RunWB2.exe" -R "C:\Users\laptop
one\Desktop\Code\CODEA11.wbjn")

```

```

pause(3)

```

```

system(['START "" "C:\Users\laptop
one\Desktop\Code\',erase(geofile, ".igs"),'.wbpj'])

```

```

pause(25)

```

```

system("C:\Users\laptop one\Desktop\Code\RunMacroRecorder.bat")

```

```

pause(5)

```

```

% _____Viet lai file codeA2 cho
ANSYS_____

```

```

% _____Hoan tat codeA2_____

fileID = fopen('C:\Users\laptop one\Desktop\Code\CODEA22.wbjn','w');

fprintf(fileID,'SetScriptVersion(Version="18.2.109")\r\n');

fprintf(fileID,['Open(FilePath="C:/Users/laptop
one/Desktop/Code/',erase(geofile, ".igs"), '.wbj')\r\n']);

fprintf(fileID,'RunScript(FilePath="C:/Users/laptop one/Desktop/Code/WB-
Auto-Fluent.wbjn")\r\n');

fprintf(fileID,'Save(Overwrite=True)\r\n');

fclose(fileID);

pause(2)

system("C:\Program Files\ANSYS
Inc\v182\Framework\bin\Win64\RunWB2.exe" -R "C:\Users\laptop
one\Desktop\Code\CODEA22.wbjn")

pause(30)

```

% _____Hoan tat tinh toan _____

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

% _____KET THUC CHAY
ANSYS_____

```

elseif exist(geoerfile, 'file') == 2

fileID = fopen('ErrorGeoFile.txt','a+');

fprintf(fileID,['\r\nX1=',num2str(x1) , ' X2=',num2str(x2) , ' X3=',num2str(x3) ,
X4=',num2str(x4) , ' X5=',num2str(x5)]);

fclose(fileID);

continue

```

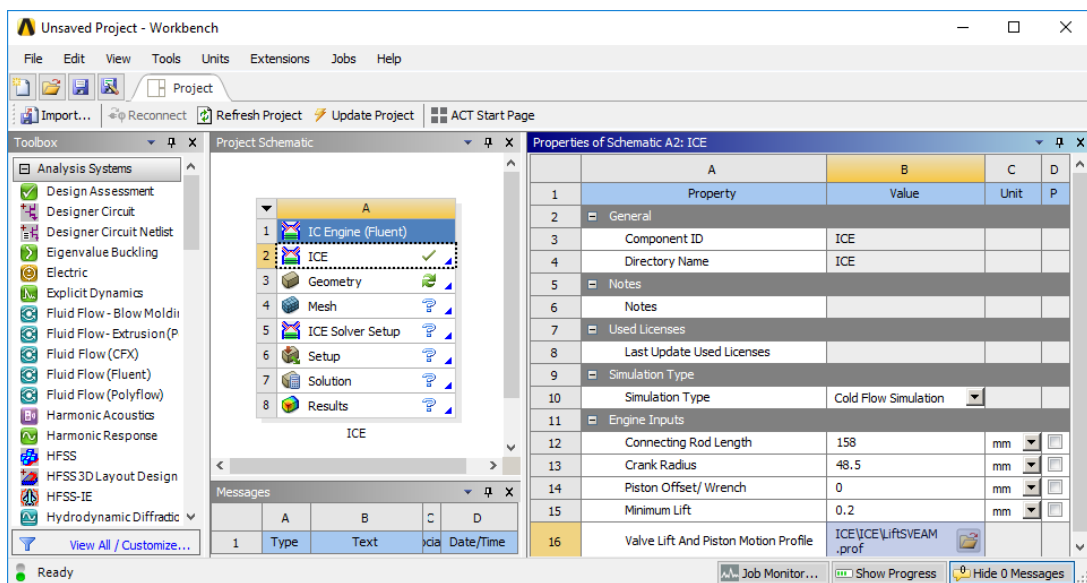
```
else
    fileID = fopen('ErrorFile.txt','a+');
    fprintf(fileID,['\r\nX1=',num2str(x1) , ' X2=',num2str(x2) , ' X3=',num2str(x3) ,
X4=',num2str(x4) , ' X5=',num2str(x5)]);
    fclose(fileID);
    continue
end
end
```


Phụ lục 11

QUÁ TRÌNH CÀI ĐẶT VÀ CHẠY MÔ PHỎNG TRONG INTERNAL COMBUSTION ENGINE CỦA ANSYS

1. Các thông số đầu vào (ICE)

Sau khi tạo công cụ **IC Engine (Fluent)** bằng cách đúp chuột. Tiến hành nhập các thông số đầu vào tại cửa sổ **ICE** (nhấp phải chọn **Properties**).



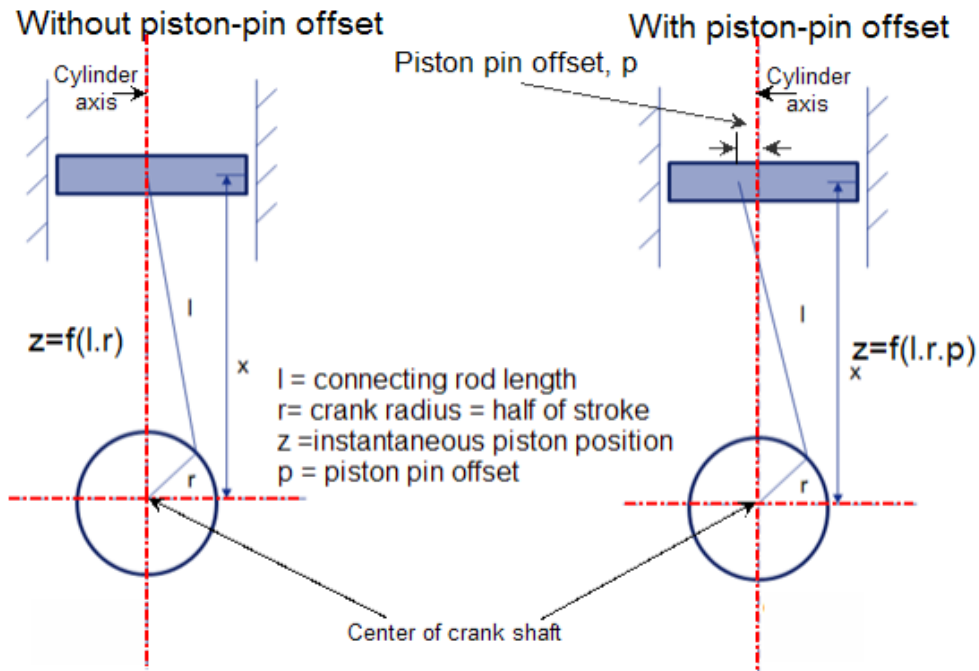
Hình 1. Thiết đặt thông số chuyển động

Trong hộp thoại Properties thiết đặt các mục sau:

- Loại mô phỏng (**Simulation Type**): chọn **Cold Flow Simulation**
- Chiều dài thanh truyền (**Connecting Rod Length**): 158 mm
- Bán kính quay trục khuỷu (**Crank Radius**): 48,5 mm
- Cơ cấu trục khuỷu thanh truyền giao tâm (**Piston Offset/Wrench**): 0mm
- Độ nâng valve tối thiểu (**Minimum Lift**): 0,2 mm
- Độ nâng valve và chuyển động piston (**Valve Lift and Piston Motion Profile**): được tính toán xuất ra dưới dạng file “ LiftSVEAM.prof ”

Ghi chú:

Độ lệch piston của mô hình công ty bằng 0 nên cần được thay đổi. Do piston bố trí lệch tâm giúp làm giảm áp lực trên các bề mặt chuyển động. Nó cho phép các bộ phận này được di chuyển nhẹ hơn, làm giảm mất mát công suất trong động cơ.



Hình 2 Piston Offset/Wrench

Độ nâng valve tối thiểu (Minimum Lift): Độ nâng valve nhỏ nhất là cần thiết cho mô phỏng trên ansys. Do cấu trúc liên kết lưới trong Fluent giả định là không thay đổi trong suốt mô phỏng. Do đó, việc đóng hoàn toàn valve sẽ làm các tế bào lưới thoái hóa (flat cell) khi các bề mặt này tiếp xúc với nhau. Để ngăn chặn điều này, Fluent sẽ tự động dừng chuyển động của valve khi độ nâng valve nhỏ hơn giá trị tối thiểu.

Giá độ nâng valve tối thiểu lớn cho phép tính toán nhanh hơn nhưng sai số với thực tế sẽ lớn, giới hạn khuyến dùng của mô hình từ nhà phát hành Ansys là từ 0.05 mm đến 0.5 mm

2. Tính toán độ nâng của xúpap và sự chuyển vị của Piston

2.1 Độ đóng mở valve theo góc quay của trục khuỷu:

Dựa vào hình học đặc trưng của động cơ xây dựng độ nâng valve (valve lift).

Bảng vẽ trục cam được đính kèm ở cuối báo cáo.

Đặt góc quay trục khuỷu là α ($0^\circ < \alpha < 720^\circ$). Góc 0° ứng với đầu chu kỳ nổ (power).

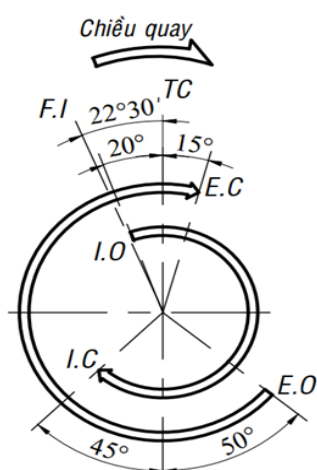
Vì trục khuỷu quay 2 vòng thì trục cam quay 1 vòng nên ta có góc quay trục cam $\beta = \alpha/2$ ($0^\circ < \beta < 360^\circ$)

Gọi r (mm) là khoảng cách từ tâm trục cam đến đường biên ngoài của cam ($11 < r < 16$). Độ nâng cam $l=r-11$. Độ nâng valve $L=l*a$ (với a là tỉ số truyền của cò mổ, $a=37/24,5$)

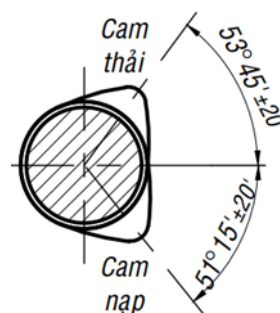
Nhận xét:

- Valve xả bắt đầu nâng khi góc quay trục khuỷu là 130° , góc chuyển tiếp bán kính cam lần lượt là 236,5 và 268,5
- Valve nạp bắt đầu nâng khi góc quay trục khuỷu là 340° , góc chuyển tiếp bán kính cam lần lượt là 446,5 và 478,5

Ghi chú: các giá trị chuyển tiếp được tìm dựa vào định lý Cos.

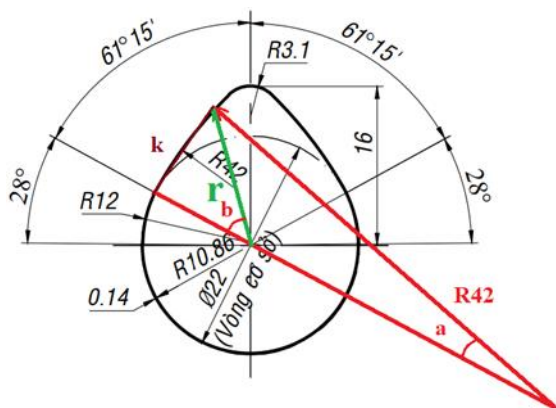


Hình 3 Giản đồ đồng mở valve



Hình 4 Mặt cắt trục cam

2.1.1 Tính toán độ nâng valve nạp:



Hình 5 Biên dạng cam nạp và xả động cơ RV165-2

- Khi $0 \leq \alpha \leq 130$: $L = 0$
- Khi $130 \leq \alpha \leq 236,5$:

Dựa vào định lý cos ta có:

$$k^2 = 42^2 - 2 * 42^2 * \cos(a)$$

$$k^2 = 11^2 + r^2 - 2 * 11 * r * \cos(b)$$

$$r^2 = 31^2 + 42^2 - 2 * 31 * 42 * \cos(a)$$

$$b = (\alpha - 130)/2$$

Từ đó:

$$l = r - 11$$

$$= (22 * \cos((\alpha - 130) * \pi/360)$$

$$- \text{sqrt}(22^2 * \cos((\alpha - 130) * \pi/360)^2 + 4 * 11$$

$$* 8833/31^2)) / (-2 * 11/31) - 11$$

$$L = l * 37/24,5$$

- Khi $236,5 \leq \alpha \leq 268,5$:

Tính toán dùng định lý cos tương tự như trên với góc 252,5 làm mốc ta tìm được:

$$\begin{aligned}
 l &= r - 11 \\
 &= (25,8 * \cos((\alpha - 252,5) * \pi/360) \\
 &\quad - \sqrt{((25,8 * \cos((\alpha - 130) * \pi/360))^2 - 4 * 156,8))/2} \\
 &\quad - 11
 \end{aligned}$$

$$L = l * 37/24,5$$

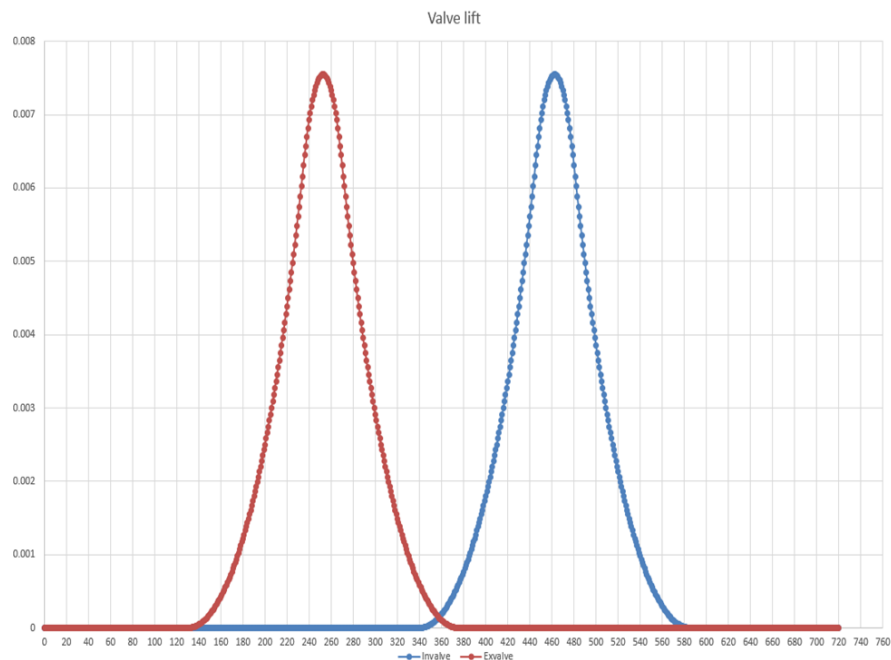
- Khi $268,5 \leq \alpha \leq 375$:

$$\begin{aligned}
 l &= r - 11 \\
 &= (22 * \cos((\alpha - 375) * \pi/360) \\
 &\quad - \sqrt{(22^2 * \cos((\alpha - 375) * \pi/360)^2 + 4 * 11 \\
 &\quad * 8833/31^2)})/(-2 * 11/31) - 11
 \end{aligned}$$

$$L = l * 37/24,5$$

2.1.2 Tính toán độ nâng valve thải:

Do biên dạng của valve nạp và van xả giống nhau nên tính toán được thực hiện tương tự.



Hình 6 Độ nâng valve theo góc quay của trục khuỷu

Kết quả: số liệu tính toán được thực hiện trên excel và được xuất sang file LiftSVEAM.prof với định dạng sau.

((profile-name point m n)

(angle a11 a12 ... a1n

a21 a22 ... a2n

.

.

am1 am2 ... amn)

(lift l11 l12 ... l1n

l21 l22 ... l2n

.

.

lm1 lm2 ... lmn))

2.2 Chuyển vị của piston theo góc quay trục khuỷu

Động cơ RV165-2 bố trí piston đồng trục, ta có phương trình vị trí của piston:

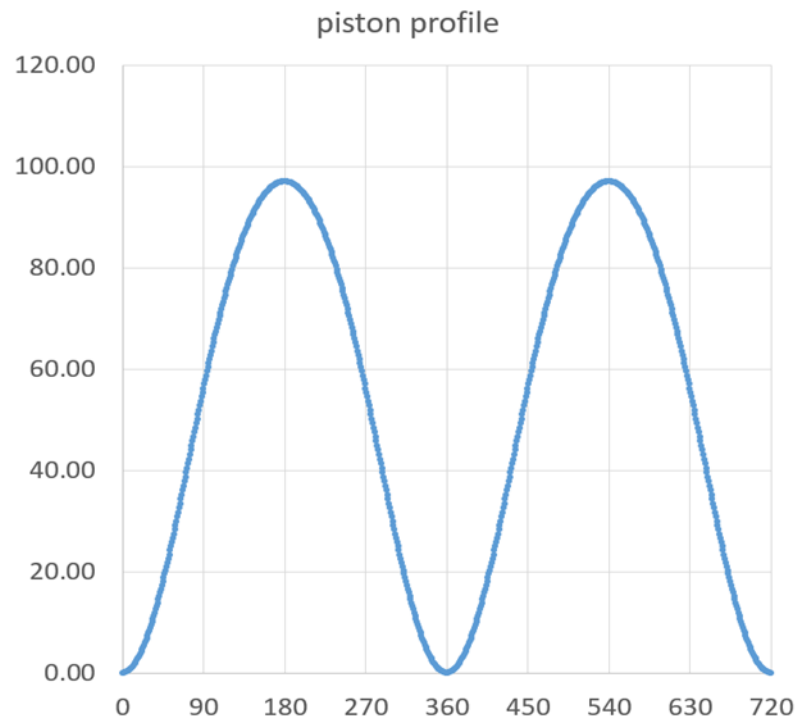
$$p = l + r - x$$

Với:

- p: Khoảng cách giữa đỉnh piston với điểm chết trên,
- l: Chiều dài thanh truyền,
- r: bán kính quay trục khuỷu,
- x: khoảng cách từ tâm chốt piston đến tâm trục khuỷu. Theo định lý cos:

$$x = -(2 * r * \cos(\alpha * \pi/180) + \sqrt{(2 * r * \cos(\alpha * \pi/180))^2 - 4 * (r^2 - l^2)})/2$$

Kết quả: số liệu tính toán được thực hiện trên excel và được xuất sang file “ LiftSVEAM.prof “.





Hình 7 Chuyển vị của piston theo góc quay trục khuỷu (piston profile)

3. Xây dựng hình học (Geometry)

Hình học sử dụng cho mô phỏng là mô hình 3D trên solidworks với 3 bộ phận được lắp ghép với nhau:

- Khối khí bên trong động cơ (bằng phương pháp lấy phần bù từ mô hình động cơ): được xây dựng từ bảng vẽ chế tạo chi tiết nắp xilanh và chi tiết Cổ nối bộ lọc gió của động cơ VIKYNO RV165-2

- Nhấp đúp vào hộp thoại **Geometry** để mở **Design Modeler**.
- Vào **File** chọn **Import External Geometry File..** nhấp **Generate** để tạo.
- Xây dựng các mặt và các điểm cần thiết cho quá trình phân tách.
- Chọn **Input Manager** để thiết đặt góc phân tách; lối vào, ra; valve nạp, xả... sau khi thiết đặt xong chọn **Generate** để tạo.
- Chọn **Decompose** để tiến hành phân tách.
- Tiến hành sửa chữa các lỗi phân tách nếu có, và thêm các phần cần thiết. Đảm bảo được đánh dấu tại mục ICE như bên:  A: ICE

Kết quả: Hình học sẽ được phân tách thành các phần cần thiết khác nhau để tiến hành chia lưới. Nhấn  để lưu lại, sau đó đóng **Design Modeler**.

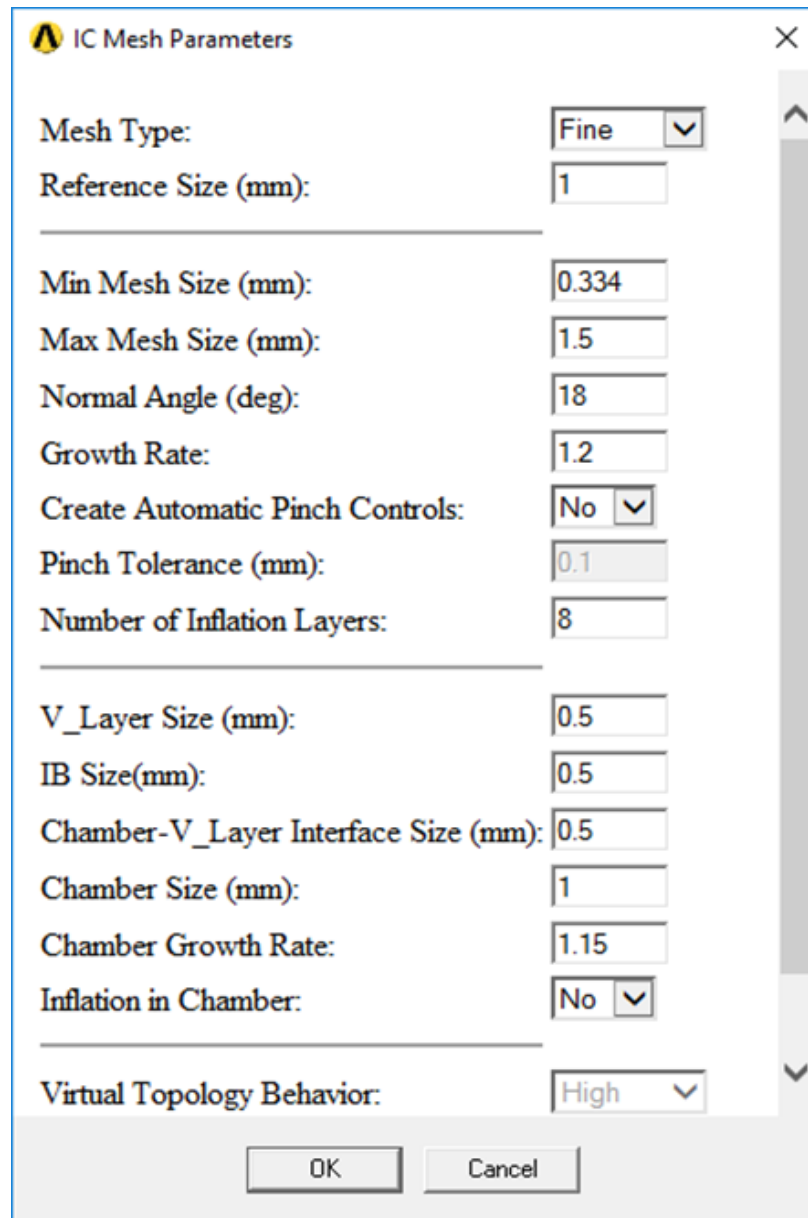
Details of InputManager1	
Slice	InputManager1
Decomposition Position	IVO
Decomposition Angle	352.9 °
Inlet Faces	1 Face
Outlet Faces	1 Face
Cylinder Liner Faces	1 Face
Symmetry Face Option	No
Topology Option	Full Topology
Crevice Option	No
Validate Compression Ratio	No
IC Valves Data 1 (RMB)	
Valve Type	InValve
Valve Bodies	1 Body
Valve Seat Faces	1 Face
Valve Profile	invalve1
IC Valves Data 2 (RMB)	
Valve Type	ExValve
Valve Bodies	1 Body
Valve Seat Faces	1 Face
Valve Profile	exvalve1
IC Animation Inputs (RMB)	
Start Crank Angle	350 °
End Crank Angle	720 °
Intervals	2 °
Spray Cones Option	No
IC Advanced Options (RMB)	
V Layer Slice	Yes
V Layer Slice Angle	15 °
V Layer Approach	4 Layers
Piston Profile Option	No
Decompose Chamber	Yes
Decompose Chamber Inputs	Automatic

Hình 12 Input Manager

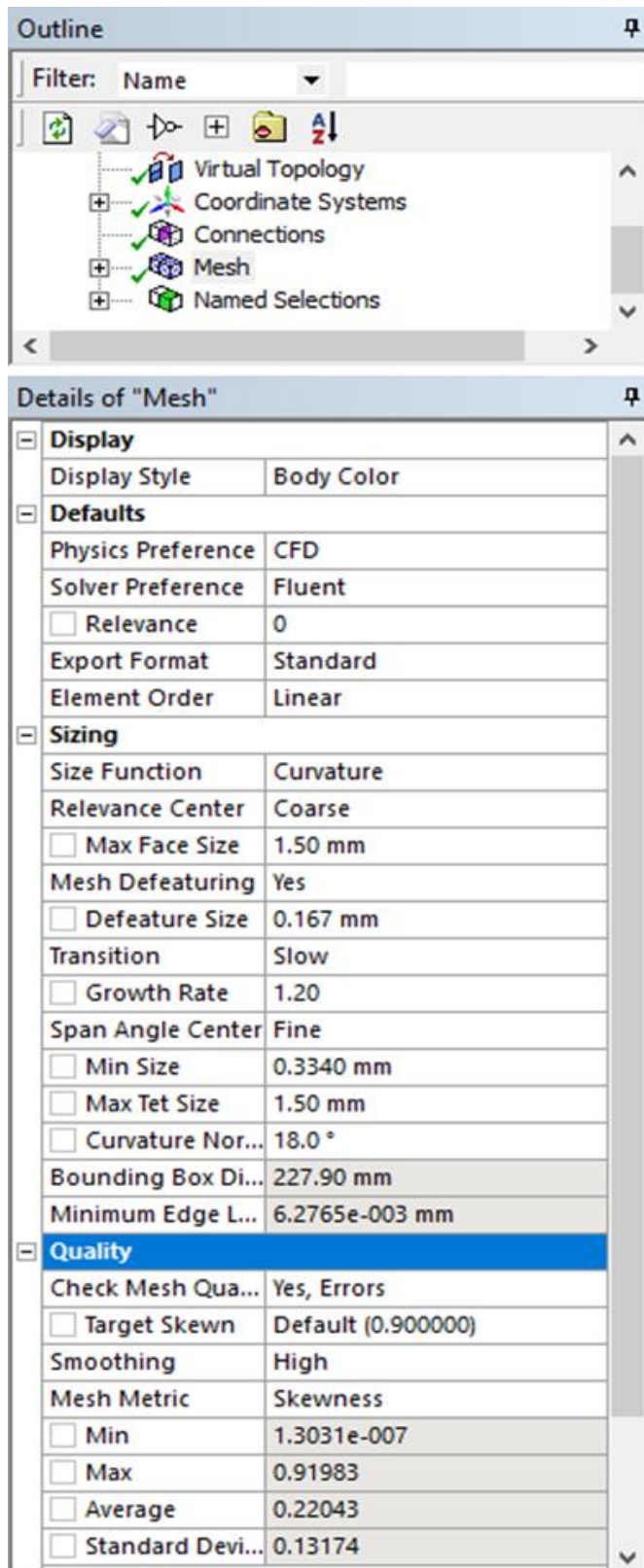
4. Chia lưới

Thiết lập hình học tính toán trong Fluent:

- Nhấp đúp vào mục **Mesh** để tiến hành chia lưới
- Chọn **Setup Mesh** để tiến hành chia lưới cho các phần khác nhau và các liên kết ảo



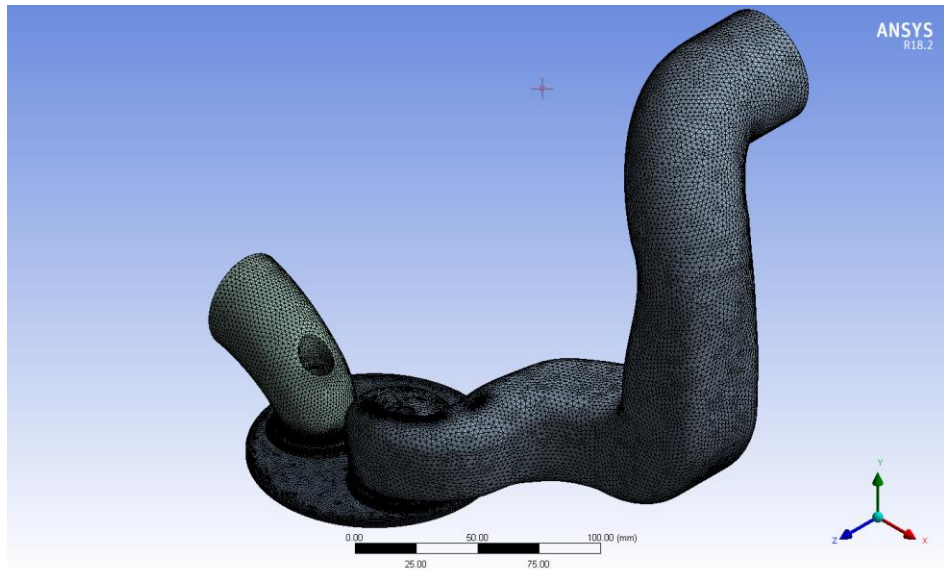
Hình 13 Setup Mesh



Hình 14 Details

- Điều chỉnh từng phần lưới để đạt mong muốn. Nhấn chuột chọn Generate để tạo lưới.
- Nhấp chọn Update cập nhật các thông số lưới

Kết quả sau khi tạo lưới:



Hình 15 Chia lưới khối không khí động cơ RV165-2

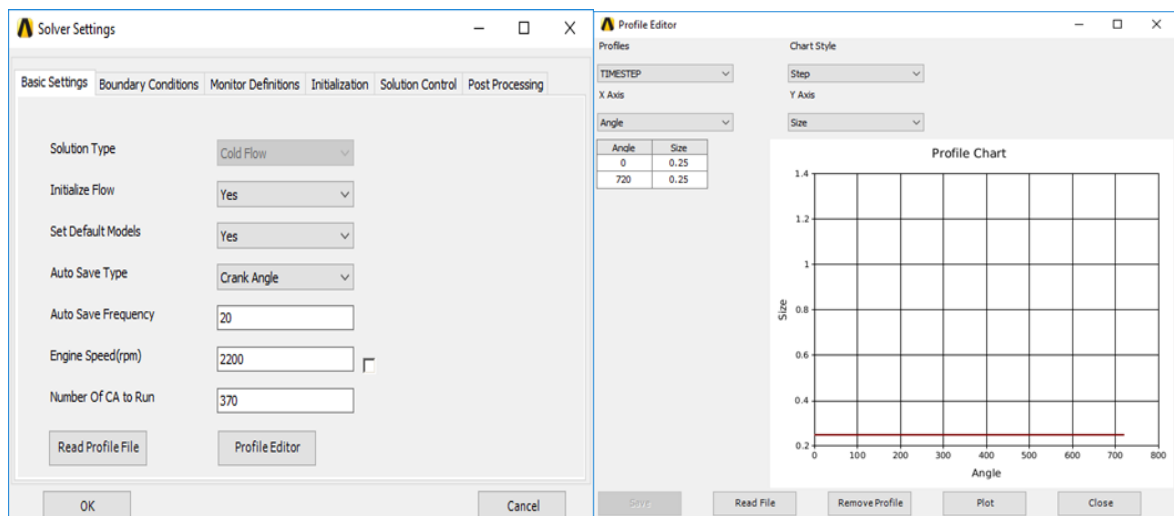
5. Thiết lập các phân tích (ICE Solver Setup)

Nhấp vào mục **ICE Solver Setup** để tiến hành.

➤ Basic Settings:

- Nhập tần số lưu tự động là 200, tốc độ quay là 2200 rpm, số góc mô phỏng là 370° .
- Nhấp chuột vào Profile Editor để điều chỉnh Timestep size và các giá trị Profile khác:
 - Một Timestep lớn sẽ ít vòng lặp hơn và dễ xảy ra lỗi. Nhưng Timestep nhỏ sẽ tạo ra một lượng lớn Timestep cần được giải nên rất tốn thời gian.

- Sau khi chạy vài Timestep đầu tiên thì chọn Timestep size là 0,25. Có thể tùy chỉnh Timestep tại nhiều góc khác nhau.
- Kiểm tra invalve1 profile, exvalve1 profile và icpiston profile xem có lỗi xảy ra không. Tiến hành sửa chữa file LiftSVEAM.prof nếu có lỗi và tiến hành update lại project.

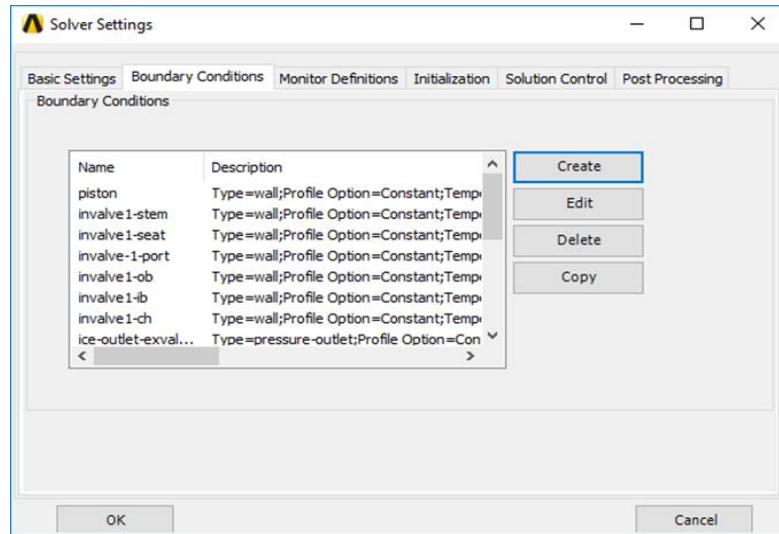


Hình 16 Basic settings

Hình 17 Profile Editor

➤ **Boundary Conditions:**

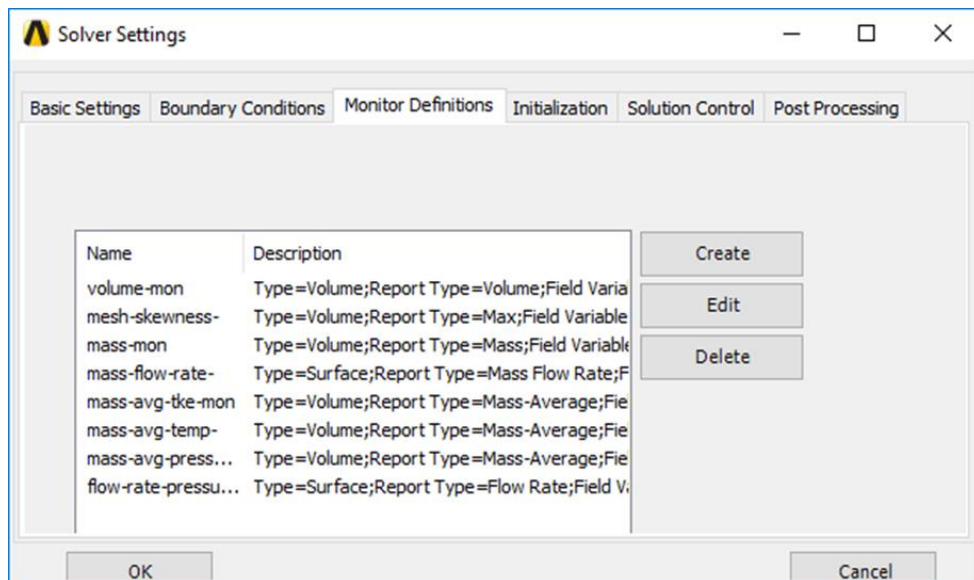
- Chọn Create/ Edit/ Delete để tạo/ sửa đổi/ xóa điều kiện biên. Sau đó nhập điều kiện biên với vùng tương ứng.
- Các điều kiện biên này có thể được nhập sau hay sửa lại khi chạy Fluent.



Hình 18 Boundary Condition

➤ Monitor Definitions:

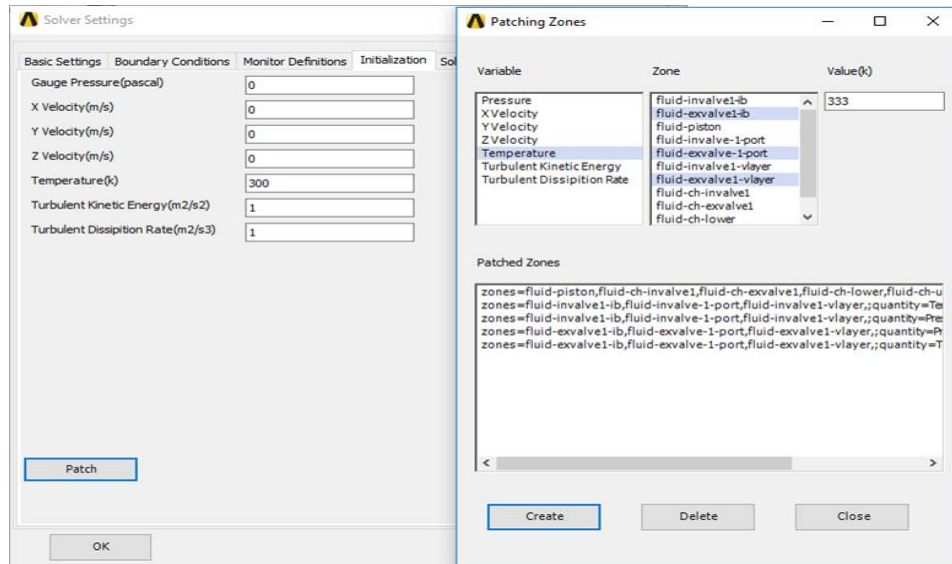
- Thiết lập các dữ liệu cần theo dõi để xuất ra báo cáo.
- Monitor Definitions cho phép tạo, tùy chỉnh hoặc xóa theo dõi tại các điểm, mặt hoặc vùng thể tích.



Hình 19 Monitor Denifitions

➤ Initialization:

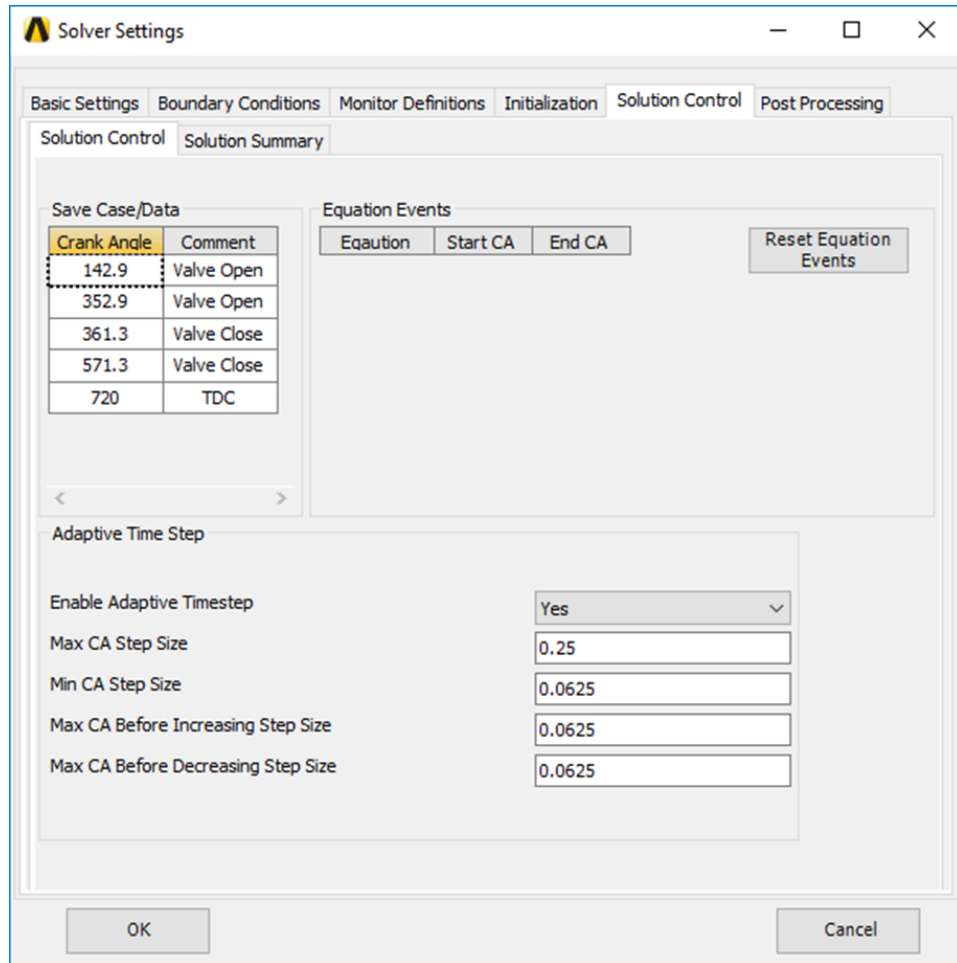
Ở tab này tiến hành tạo các giá trị khởi tạo cho các vùng. Click chọn Patch để tiến hành liên kết các vùng cần thiết.



Hình 20 Initializations

➤ Solution:

- Solution: Save Case/Data cho phép lưu dữ liệu giải ở các trường hợp đặc biệt. Ở đây tôi chọn là các vị trí đóng mở van và điểm chết trên. Tại mục Enable Adaptive Timestep chọn Yes và nhập các thông số như hình bên dưới.



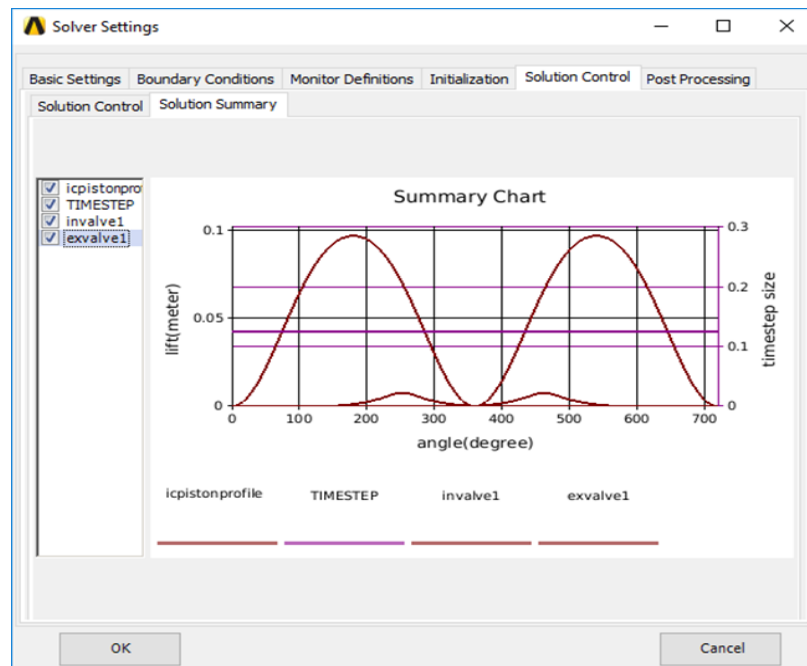
Hình 21 Solution Control

Ghi chú:

- Sử dụng Adaptive Time Step cho phép thay đổi bước giải (Timestep) trong giới hạn được chỉ định (Max CA Step Size đến Min CA Step Size) dựa trên sự hội tụ. Điều này giúp quá trình giải hội tụ tốt hơn và nhanh hơn.
- Cụ thể, trong khi chạy lời giải, nếu một bước giải mà tại đó số lần lặp (Iterations) tối đa được dùng cho sự hội tụ, điều này có nghĩa là giải pháp kém hội tụ. Trong trường hợp này, giá trị bước giải sẽ giảm một nửa sau khi thực hiện một lượng MCBIST (Max CA Before Increasing

Step Size). MCBIST ở trên được chọn là 0.0625 nghĩa là giảm ngay lập tức bước nếu số lần lặp tối đa bước trước được sử dụng (do $MCBIST = \text{Min CA}$).

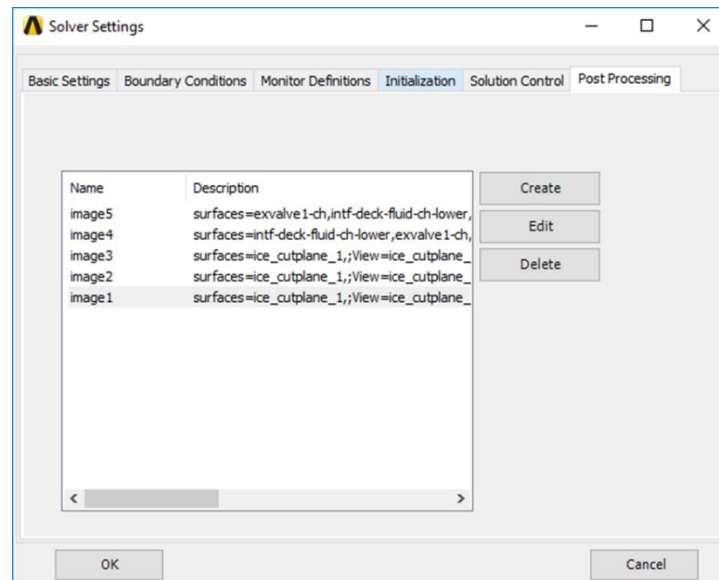
- Ngược lại, nếu bước hiện tại sử dụng ít hơn phân nửa số vòng lặp tối đa thì bước sẽ được tăng gấp đôi sau khi hoàn thành một lượng MCB DST (Max CA Before Decreasing Step Size).
 - Giá trị bước thay đổi trong khoảng từ Max CA Step Size đến Min CA Step Size.
 - Nếu trong quá trình giải gặp bước theo góc đặc biệt (những vị trí quan trọng được đặt tại Basic Settings) thì bước này sẽ được chọn.
 - Các giá trị bên trên được tính theo đơn vị độ (degree).
- Solution Summary: hiển thị các giá trị đã được thiết đặt trên đồ thị.



Hình 22 Solution Sumary

➤ Post Processing:

Ở tab này ta tạo ra các ảnh hiển thị kết quả tại các mặt mong muốn theo tần số. Các giá trị được chọn để hiển thị là vận tốc, áp suất hoặc nhiệt độ. Sau khi xử lý, ta được kết quả như sau:



Hình 23 Post Processing

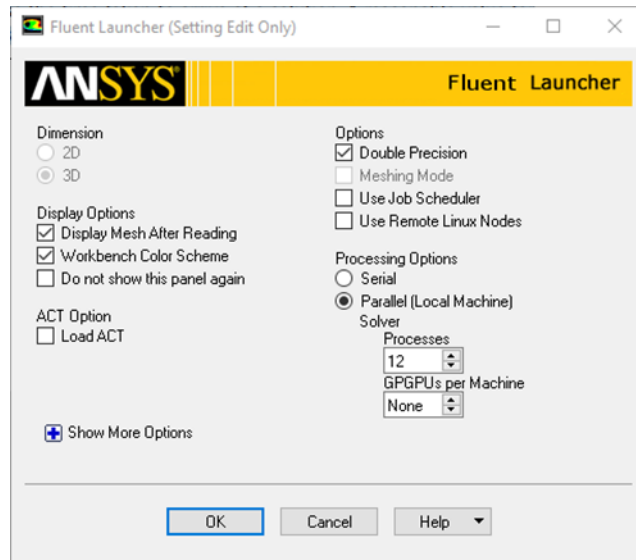
Sau khi kết thúc việc thiết lập, chọn **OK** và thoát khỏi cửa sổ. Lưu lại bài mô phỏng.

6. Chạy quá trình giải (Setup và Solution)

Nháy đúp vào mục Setup để mở cửa sổ Fluent Launcher. Nhập số Cores của máy tính vào mục Processes. Lưu ý:

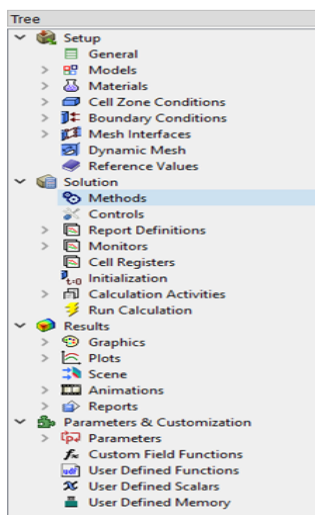
- Cần tắt siêu phân luồng (Hyper Threading) trên máy tính để máy tính có thể chạy hết công suất và tránh trường hợp lỗi do CPU do tranh chấp và lỗi quá tải bộ nhớ đệm.
- Mục Processes có thể nhập các giá trị khác số Cores của máy tính nhưng sẽ làm quá trình giải diễn ra chậm hơn. Tuy nhiên, trong một số trường hợp do nhiệt độ cao hoặc thực hiện nhiều chương trình khác,

tránh quá tải CPU thì số Processes được nhập bé hơn số Cores là cần thiết.



Hình 24 Fluent Launcher

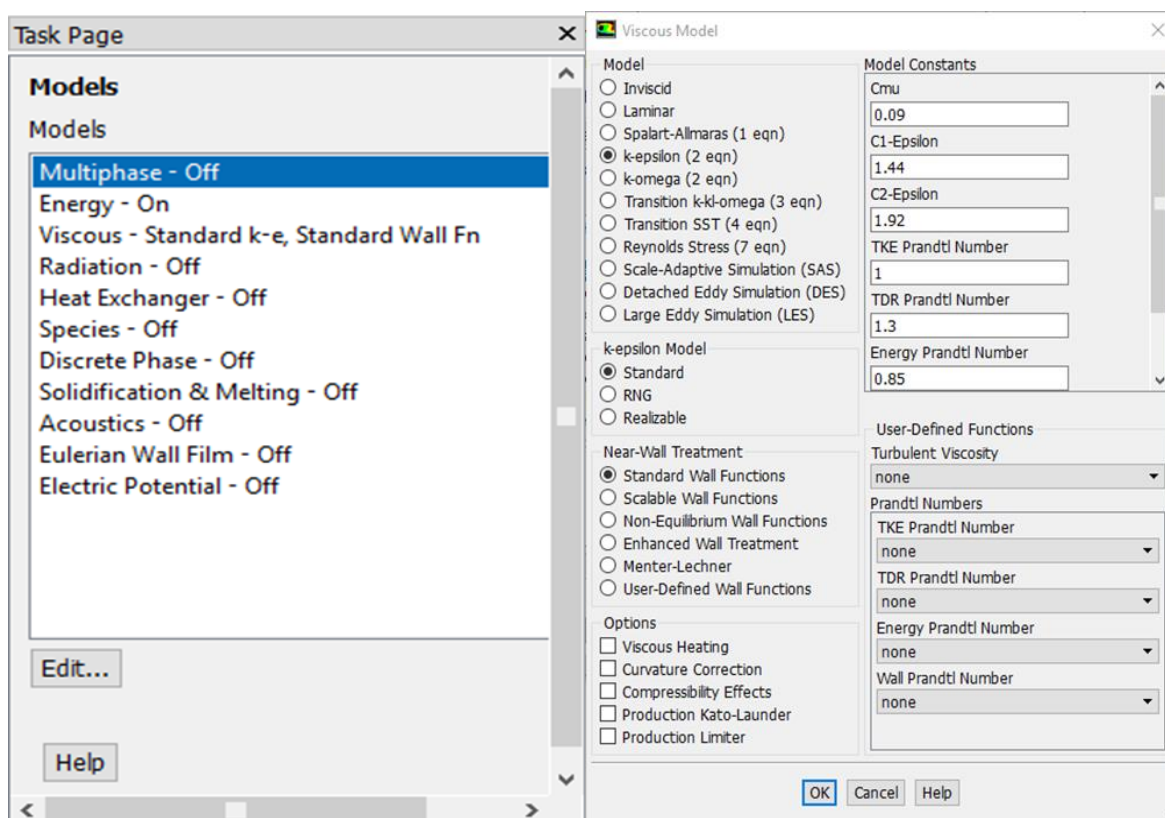
- Mục Processes có thể nhập các giá trị khác số Cores của máy tính nhưng sẽ làm quá trình giải diễn ra chậm hơn. Tuy nhiên, trong một số trường hợp do nhiệt độ cao hoặc thực hiện nhiều chương trình khác, tránh quá tải CPU thì số Processes được nhập bé hơn số Cores là cần thiết.
 - Sau khi nhấp **OK**, **Ansys – Fluent** sẽ tiến hành đọc lưới và thiết lập động cơ
 - Thiết lập / thay đổi các thông số ở từng phần để được mô phỏng mong muốn (Hình 3.20)



Hình 25 Fluent Navigation Pane

Một số phần nổi bật:

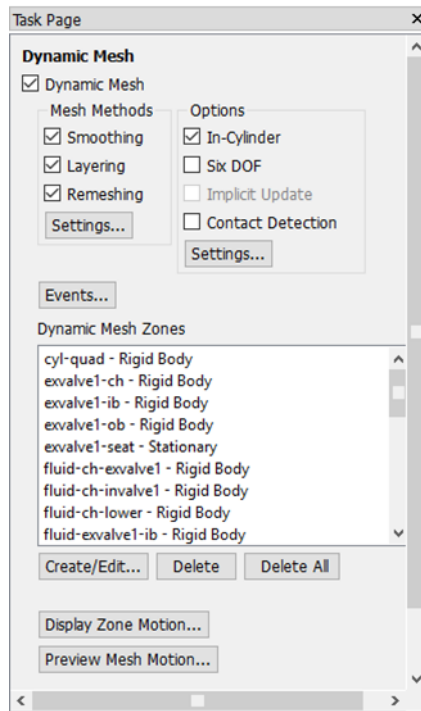
- Models [43]: mô hình năng lượng được bật, mô hình k-epsilon tiêu chuẩn được chọn.



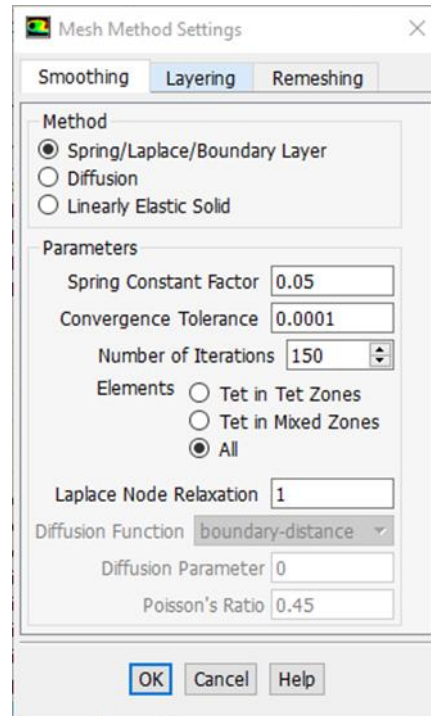
Hình 26 Models

Hình 27 Viscous Model

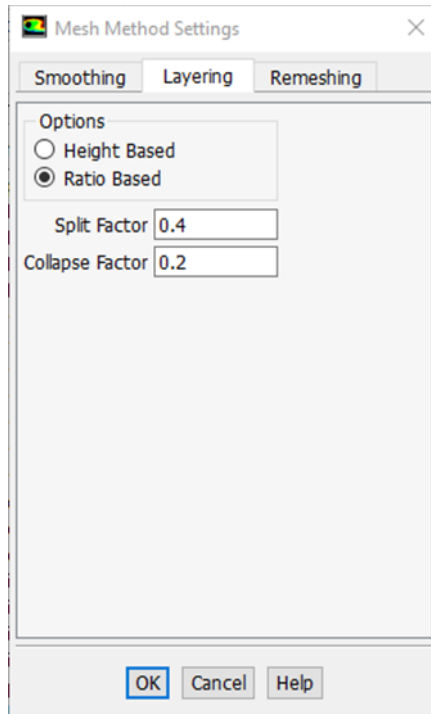
- Dynamic Mesh: tiến hành thiết lập các thông số cho lưới động



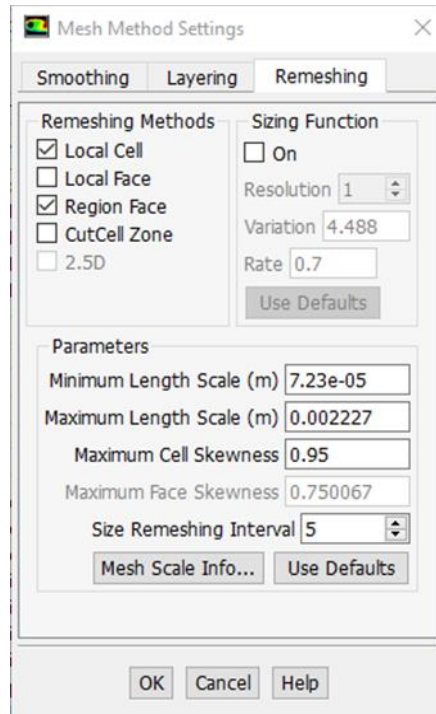
Hình 28 Dynamic Mesh



Hình 29 Smoothing

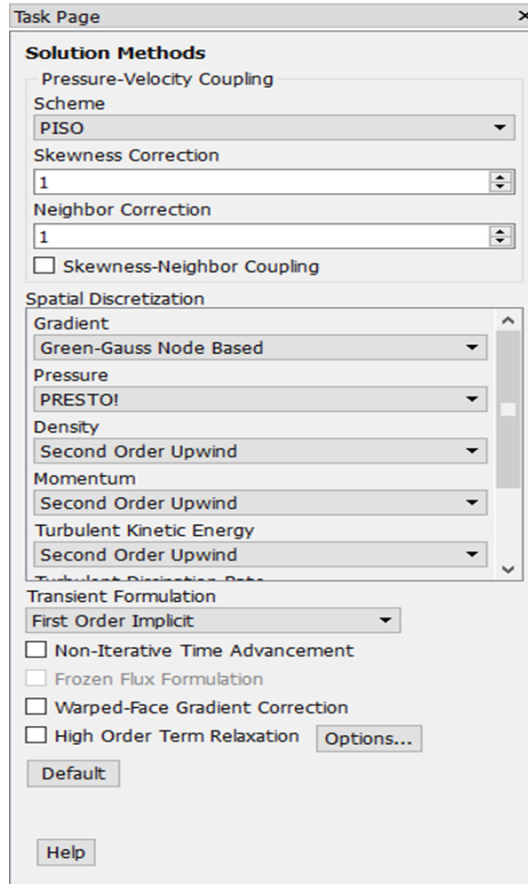


Hình 30 Layering

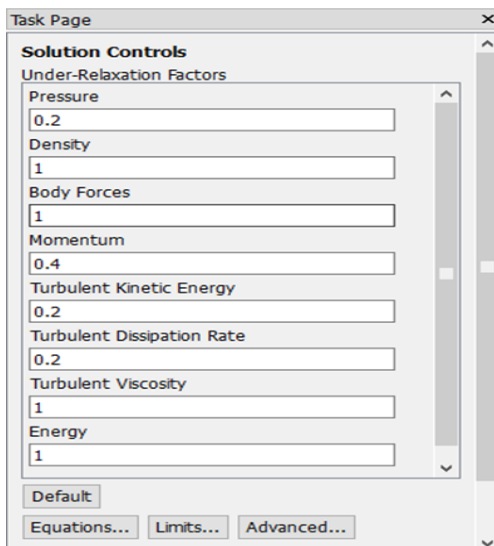


Hình 31 Remeshing

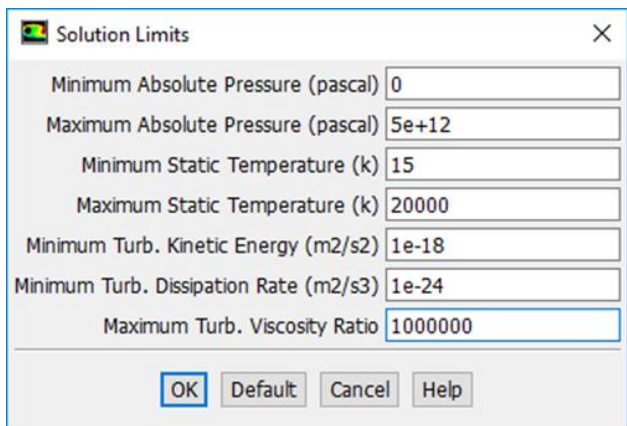
▪ Solution:



Hình 32 Solution Methods

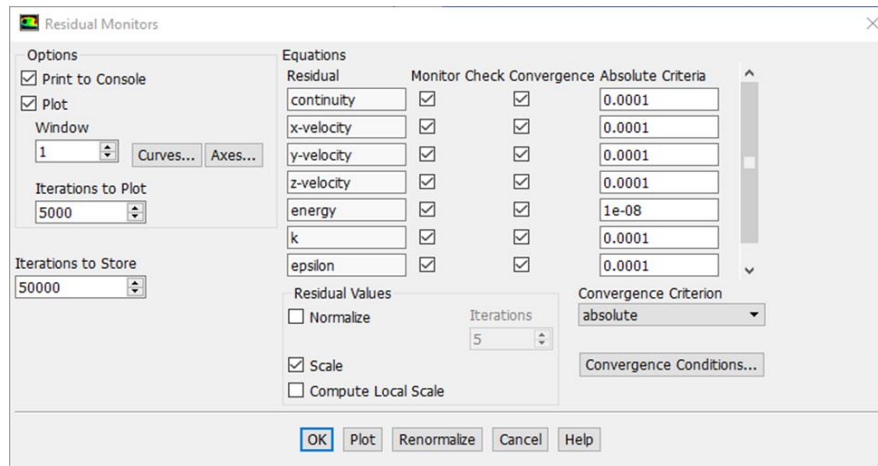


Hình 33 Solution Controls



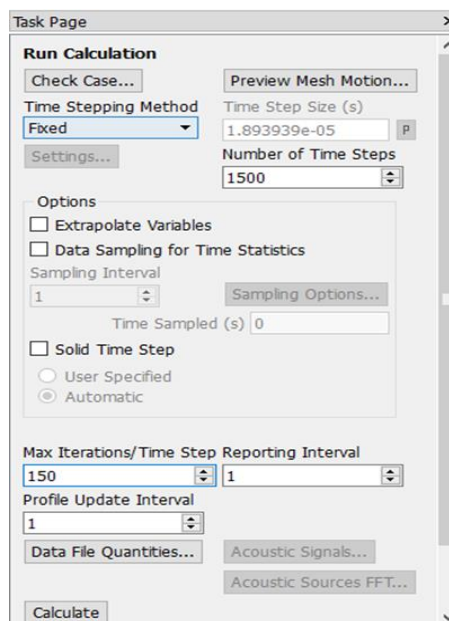
Hình 34 Solution Limits

- Residual Monitors: Tiến hành điều chỉnh tiêu chí kiểm tra cho sự hội tụ hoàn toàn và hiển thị quá trình giải.



Hình 35 Residual Monitors

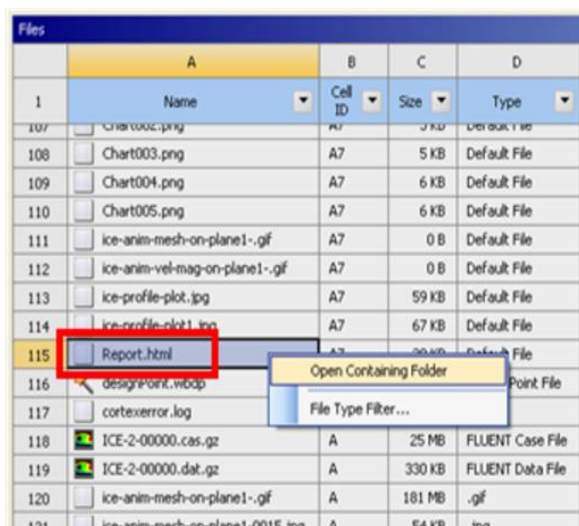
- Run Calculation: tiến hành nhập số Time Steps mong muốn và số lần lặp tối đa trên mỗi Time Steps. Nhấp chuột vào Caculate để tiến hành quá trình giải.
 - Number of Time Steps: 1500
 - Max Iterations/ Time Step Reporting Interval: 150



Hình 36 Run Calculation

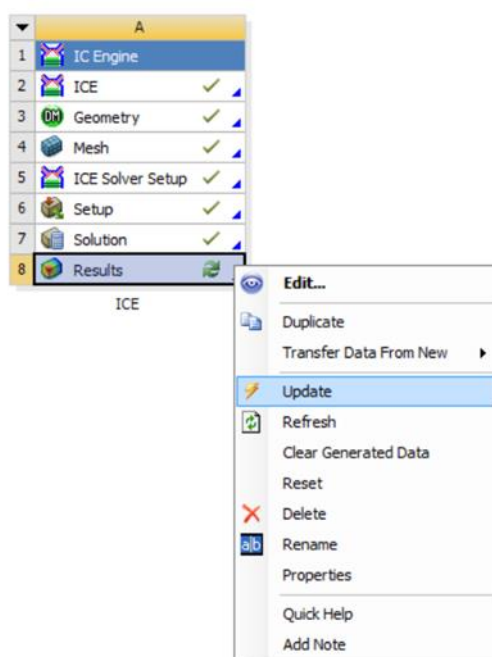
7. Kết quả và xử lý kết quả (Results)

- Sau khi quá trình giải được thực hiện hoàn tất, tiến hành tắt Fluent, lưu lại và cập nhật kết quả Results.
- Khi cập nhật kết quả xong tiến hành mở file kết quả. View > Files, nhấp phải vào file Report, chọn Open.
- Postprocess: nhấp đúp vào Results để mở CFD Port. Thêm các phần cần thiết trong báo cáo tại mục này.



	A	B	C	D
1	Name	Cell ID	Size	Type
107	Chart003.png	A7	5 KB	Default File
108	Chart004.png	A7	6 KB	Default File
109	Chart005.png	A7	6 KB	Default File
110	ice-anim-mesh-on-plane1-.gif	A7	0 B	Default File
111	ice-anim-vel-mag-on-plane1-.gif	A7	0 B	Default File
112	ice-profile-plot.jpg	A7	59 KB	Default File
113	ice-profile-plot1.jpg	A7	67 KB	Default File
114	Report.html	A7	20 KB	Default File
115	designPoint.wdp			Point File
116	cortexerror.log			
117	ICE-2-00000.cas.gz	A	25 MB	FLUENT Case File
118	ICE-2-00000.dat.gz	A	330 KB	FLUENT Data File
119	ice-anim-mesh-on-plane1-.gif	A	181 MB	.gif
120	ice-anim-mesh-on-plane1-0015.jpg	A	54 KB	.jpg

Hình 37 Report file

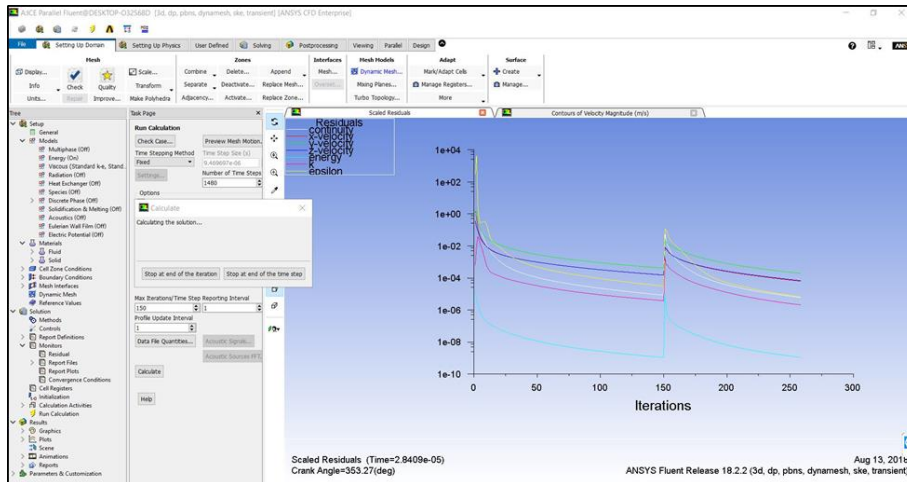


Hình 38 Results Update

8. Đánh giá sự hội tụ

Mô hình đã cho được đánh giá sự hội tụ [43], cụ thể như sau:

Tại Timestep đầu tiên, số vòng lặp (Iterations) tối đa đã được sử dụng để hội tụ với sai số trung bình khoảng 10^{-4} , sau đó kết quả từ Timestep sẽ được sử dụng để giải cho Timestep thứ hai, bên cạnh đó lưới được cập nhật lại (lưới động_Dynamic mesh) khi góc quay tăng thêm 0,250 (Timestep size). Scaled Residuals của Timestep 2 sẽ được ghi tiếp theo Scaled Residuals của Timestep 1.



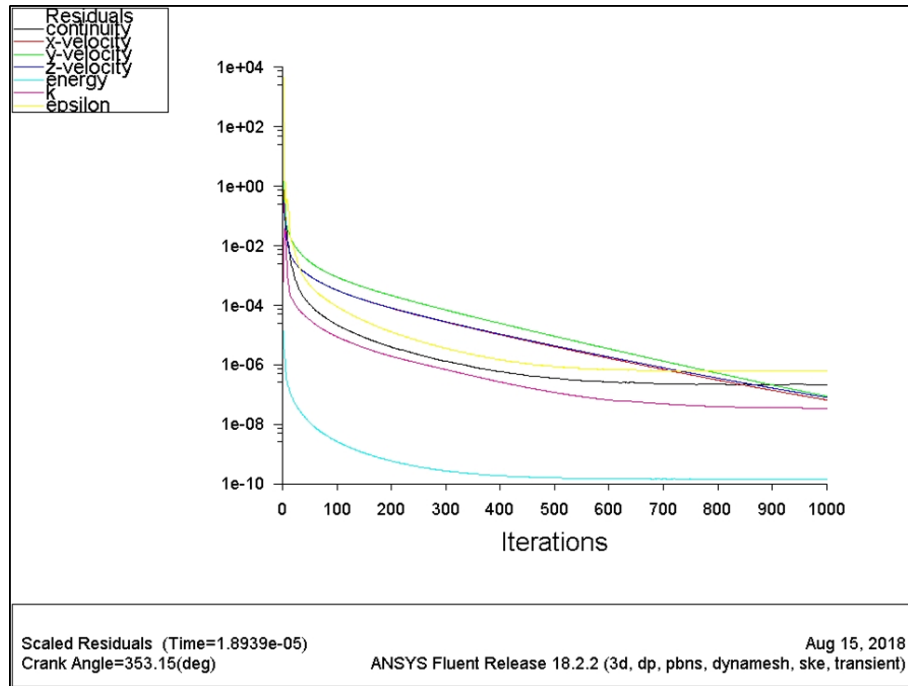
Hình 39 Quá trình Timestep 1 và tiến hành giải timestep 2

```

Console
reversed flow in 1768 faces on pressure-outlet 69.
292 3.0014e-06 3.2597e-05 1.0209e-04 3.5957e-05 5.7077e-10 1.1163e-06 2.7482e-06 0:00:52 0
reversed flow in 2549 faces on pressure-inlet 68.
reversed flow in 1768 faces on pressure-outlet 69.
iter continuity k-velocity w-velocity u-velocity energy k epsilon time/iter
293 2.8429e-06 3.2407e-05 1.0026e-04 3.5321e-05 5.6076e-10 1.0947e-06 2.6561e-06 0:00:45 7
reversed flow in 2549 faces on pressure-inlet 68.
reversed flow in 1768 faces on pressure-outlet 69.
294 solution is converged
9.8478e-05 3.4498e-05 5.5091e-10 1.0784e-06 2.6265e-06 0:00:39 6
(Mb-ice-cal-act-transient-flow "image1" 350 720 2 ("ice_outplane_1") ("velocity-magnitude") "ice_outplane_1-view" (overlay #1) (dpm #2) (i) (i))#
(Mb-ice-cal-act-transient-flow "image2" 350 720 2 ("ice_outplane_1") ("temperature") "ice_outplane_1-view" (overlay #2) (dpm #2) (i) (i))#
(Mb-ice-cal-act-transient-flow "image3" 350 720 2 ("ice_outplane_1") ("pressure") "ice_outplane_1-view" (overlay #3) (dpm #2) (i) (i))#
(Mb-ice-cal-act-transient-flow "image4" 350 720 2 ("evalve-l-port" "intf-deck-fluid-ch-lower" "invalve-l-port" "evalvalve-ch" "invalvalve-ch") ("velocity-magnitude") "ice-top-view" (overlay #4) (dpm #2) (i) (i))#
(Mb-ice-cal-act-transient-flow "image5" 350 720 2 ("evalvalve-ch" "invalvalve-ch" "intf-deck-fluid-ch-lower") ("velocity-magnitude") "ice-top-view" (overlay #5) (dpm #2) (i) (i))#
(Mb-ice-add-bygrid-events-for-new-kg-meshes)#
(Mb-ice-plot-last-monitor-values) (Mb-ice-write-iterations-per-time-step)144
(Mb-ice-adapt-time-step (enabled) #1) (max-ca-step-size 0.25) (min-ca-step-size 0.0625) (ta-increase-stab-ca 0.0625) (ta-decrease-stab-ca 0.0625) (ta-increase-iter-perc-criteria 50))10e/1
Flow time = 2.8409090909091e-05s, time step = 2, crank angle = 353.275deg
1478 more time steps
  
```

Hình 40 Sự hội tụ của timestep 2

Các giá trị hội tụ với giá trị sai số trung bình vào khoảng 10^{-5} . Để giảm các giá trị sai số này xuống thì ta cần tăng số vòng lặp trên một Timestep và điền các giá trị đánh giá sai số nhỏ hơn (ở phần Residual Monitors). Tuy nhiên để mức sai số nhỏ hơn sẽ làm tăng số vòng lặp đáng kể (ví dụ 1000 Iterations/Timestep x 1500 Timestep = 4500000 Iterations). Mặc khác việc hoàn tất một vòng lặp trên mô hình lưới 3D với số phần tử lưới lớn là đáng kể nên quá trình giải sẽ rất lâu.



Hình 41 Timestep 1 Scaled Residuals with 100 Iterations

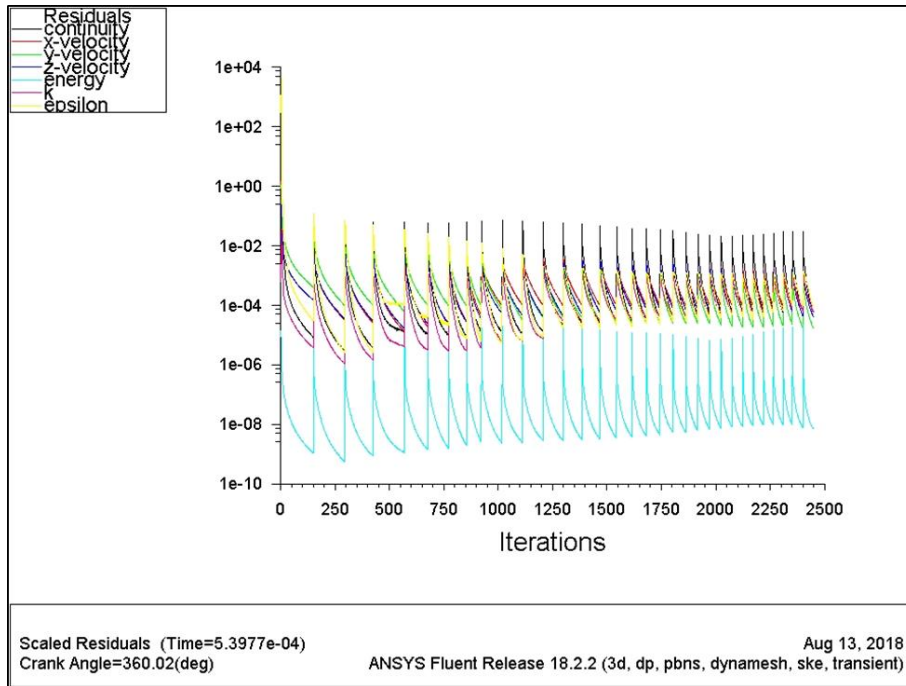
Hình 36 cho thấy sự phân tách hình học cũng như việc chia lưới là phù hợp để bài giải được hội tụ. Với 1000 vòng lặp mô hình cho kết quả hội tụ chặt chẽ với giá trị sai số bé hơn 10^{-6} . Cụ thể các giá trị sai số ở vòng lặp 1000 gồm continuity, x-velocity, y velocity, z velocity, energy, k, epsilon theo thứ tự như trong hình 41 (số 1000 đầu tiên là số vòng lặp)

```
reversed flow in 1774 faces on pressure-outlet 69.  

1000 2.1346e-07 6.6528e-08 8.8687e-08 8.1266e-08 1.4445e-10 3.4962e-08 6.3732e-07
```

Hình 42 Giá trị sai số ở vòng lặp 1000

Tuy nhiên mô hình quá nhiều bước giải nên số vòng lặp lớn trên mỗi bước giải sẽ làm tiến trình giải rất tốn thời gian. Do đó sai số khoảng 10^{-5} là được chấp nhận ở bài mô phỏng này và được xem là hội tụ tốt. Quá trình giải với mức độ hội tụ như trên diễn ra khoảng 170 giờ trên máy tính của công ty (CPU: 2.91 GHz/12 cores/24 Mb cache).



Hình 43 Scaled Residual (at CA 360.020)

Phụ lục 12
BẢNG KẾT QUẢ LƯU LƯỢNG THỂ TÍCH
(LẤY TỪ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG ANSYS – ICE)

• Trường hợp cụm họng / xúpap nạp nguyên thủy

STT	Thời gian	Timestep	Lưu lượng (m ³)	STT	Thời gian	Timestep	Lưu lượng (m ³)
1	1,89E-05	1,89E-05	0,0764	1522	0,008163	4,73E-06	0,1538
2	3,79E-05	1,89E-05	0,0763	1523	0,008168	4,73E-06	0,0906
3	5,68E-05	1,89E-05	0,0760	1524	0,008172	4,73E-06	0,0909
4	7,58E-05	9,47E-06	0,0758	1525	0,008177	4,73E-06	0,0912
5	8,52E-05	9,47E-06	0,0758	1526	0,008182	4,73E-06	0,0915
6	9,47E-05	9,47E-06	0,0758	1527	0,008187	4,73E-06	0,0919
7	0,000104	9,47E-06	0,0757	1528	0,008191	4,73E-06	0,0922
8	0,000114	9,47E-06	0,0757	1529	0,008196	4,73E-06	0,0925
9	0,000123	9,47E-06	0,0756	1530	0,008201	4,73E-06	0,0928
10	0,000133	9,47E-06	0,0755	1531	0,008205	4,73E-06	0,0932
11	0,000142	9,47E-06	0,0755	1532	0,00821	4,73E-06	0,0935
12	0,000152	9,47E-06	0,0754	1533	0,008215	4,73E-06	0,0938
13	0,000161	9,47E-06	0,0753	1534	0,00822	4,73E-06	0,0942
14	0,00017	9,47E-06	0,0751	1535	0,008224	4,73E-06	0,0945
15	0,00018	9,47E-06	0,0750	1536	0,008229	4,73E-06	0,0949
16	0,000189	9,47E-06	0,0749	1537	0,008234	4,73E-06	0,0952
17	0,000199	9,47E-06	0,0747	1538	0,008239	4,73E-06	0,0956
18	0,000208	9,47E-06	0,0745	1539	0,008243	4,73E-06	0,0960
19	0,000218	9,47E-06	0,0743	1540	0,008248	4,73E-06	0,0963
20	0,000227	9,47E-06	0,0741	1541	0,008253	4,73E-06	0,0967
21	0,000237	9,47E-06	0,0738	1542	0,008258	4,73E-06	0,0971
22	0,000246	9,47E-06	0,0735	1543	0,008262	4,73E-06	0,0974
23	0,000256	9,47E-06	0,0731	1544	0,008267	4,73E-06	0,0978

24	0,000265	9,47E-06	0,0728	1545	0,008272	4,73E-06	0,0982
25	0,000275	9,47E-06	0,0724	1546	0,008277	4,73E-06	0,0986
26	0,000284	9,47E-06	0,0720	1547	0,008281	4,73E-06	0,0989
27	0,000294	9,47E-06	0,0716	1548	0,008286	4,73E-06	0,0993
28	0,000303	9,47E-06	0,0711	1549	0,008291	4,73E-06	0,0997
29	0,000313	9,47E-06	0,0707	1550	0,008295	4,73E-06	0,1001
30	0,000322	9,47E-06	0,0703	1551	0,0083	4,73E-06	0,1005
31	0,000331	9,47E-06	0,0699	1552	0,008305	4,73E-06	0,1009
32	0,000341	9,47E-06	0,0695	1553	0,00831	4,73E-06	0,1013
33	0,00035	9,47E-06	0,0692	1554	0,008314	4,73E-06	0,1017
34	0,00036	9,47E-06	0,0689	1555	0,008319	4,73E-06	0,1021
35	0,000369	9,47E-06	0,0686	1556	0,008324	4,73E-06	0,1025
36	0,000379	9,47E-06	0,0684	1557	0,008329	4,73E-06	0,1030
37	0,000388	9,47E-06	0,0682	1558	0,008333	4,73E-06	0,1034
38	0,000398	9,47E-06	0,0681	1559	0,008338	4,73E-06	0,0906
39	0,000407	9,47E-06	0,0680	1560	0,008343	4,73E-06	0,0909
40	0,000417	9,47E-06	0,0680	1561	0,008348	4,73E-06	0,0912
41	0,000426	9,47E-06	0,0680	1562	0,008352	4,73E-06	0,0915
42	0,000436	9,47E-06	0,0680	1563	0,008357	4,73E-06	0,0919
43	0,000445	9,47E-06	0,0681	1564	0,008362	4,73E-06	0,0922
44	0,000455	9,47E-06	0,0682	1565	0,008366	4,73E-06	0,0925
45	0,000464	9,47E-06	0,0682	1566	0,008371	4,73E-06	0,0928
46	0,000473	9,47E-06	0,0683	1567	0,008376	4,73E-06	0,0932
47	0,000483	9,47E-06	0,0684	1568	0,008381	4,73E-06	0,0935
48	0,000492	9,47E-06	0,0685	1569	0,008385	4,73E-06	0,0938
49	0,000502	9,47E-06	0,0686	1570	0,00839	4,73E-06	0,0942
50	0,000511	9,47E-06	0,0687	1571	0,008395	4,73E-06	0,0945
51	0,000521	9,47E-06	0,0687	1572	0,0084	4,73E-06	0,0949
52	0,00053	9,47E-06	0,0688	1573	0,008404	4,73E-06	0,0952
53	0,00054	9,47E-06	0,0689	1574	0,008409	4,73E-06	0,0956
54	0,000549	9,47E-06	0,0690	1575	0,008414	4,73E-06	0,0960

55	0,000559	9,47E-06	0,0690	1576	0,008419	4,73E-06	0,0963
56	0,000568	9,47E-06	0,0691	1577	0,008423	4,73E-06	0,0967
57	0,000578	9,47E-06	0,0692	1578	0,008428	4,73E-06	0,0971
58	0,000587	9,47E-06	0,0693	1579	0,008433	4,73E-06	0,0974
59	0,000597	9,47E-06	0,0694	1580	0,008437	4,73E-06	0,0978
60	0,000606	9,47E-06	0,0695	1581	0,008442	4,73E-06	0,0982
61	0,000616	9,47E-06	0,0696	1582	0,008447	4,73E-06	0,0986
62	0,000625	9,47E-06	0,0697	1583	0,008452	9,47E-06	0,0139
63	0,000634	9,47E-06	0,0699	1584	0,008461	4,73E-06	0,0133
64	0,000644	9,47E-06	0,0700	1585	0,008466	4,73E-06	0,1397
65	0,000653	9,47E-06	0,0701	1586	0,008471	4,73E-06	0,1400
66	0,000663	9,47E-06	0,0702	1587	0,008475	4,73E-06	0,1405
67	0,000672	9,47E-06	0,0703	1588	0,00848	4,73E-06	0,1409
68	0,000682	9,47E-06	0,0704	1589	0,008485	4,73E-06	0,1413
69	0,000691	9,47E-06	0,0704	1590	0,00849	4,73E-06	0,1417
70	0,000701	9,47E-06	0,0705	1591	0,008494	4,73E-06	0,1421
71	0,00071	9,47E-06	0,0706	1592	0,008499	4,73E-06	0,1425
72	0,00072	9,47E-06	0,0706	1593	0,008504	4,73E-06	0,1430
73	0,000729	9,47E-06	0,0706	1594	0,008509	4,73E-06	0,1434
74	0,000739	9,47E-06	0,0707	1595	0,008513	4,73E-06	0,1470
75	0,000748	9,47E-06	0,0707	1596	0,008518	4,73E-06	0,1469
76	0,000758	9,47E-06	0,0707	1597	0,008523	4,73E-06	0,1468
77	0,000767	9,47E-06	0,0707	1598	0,008527	4,73E-06	0,1467
78	0,000777	9,47E-06	0,0707	1599	0,008532	4,73E-06	0,1466
79	0,000786	9,47E-06	0,0707	1600	0,008537	4,73E-06	0,1465
80	0,000795	9,47E-06	0,0707	1601	0,008542	4,73E-06	0,1464
81	0,000805	9,47E-06	0,0707	1602	0,008546	4,73E-06	0,1463
82	0,000814	9,47E-06	0,0707	1603	0,008551	4,73E-06	0,1462
83	0,000824	9,47E-06	0,0707	1604	0,008556	4,73E-06	0,1461
84	0,000833	9,47E-06	0,0707	1605	0,008561	4,73E-06	0,1460
85	0,000843	9,47E-06	0,0707	1606	0,008565	4,73E-06	0,1459

86	0,000852	9,47E-06	0,0707	1607	0,00857	4,73E-06	0,1458
87	0,000862	9,47E-06	0,0707	1608	0,008575	4,73E-06	0,1457
88	0,000871	9,47E-06	0,0708	1609	0,00858	4,73E-06	0,1456
89	0,000881	9,47E-06	0,0708	1610	0,008584	4,73E-06	0,1455
90	0,00089	9,47E-06	0,0709	1611	0,008589	4,73E-06	0,1453
91	0,0009	9,47E-06	0,0709	1612	0,008594	4,73E-06	0,1452
92	0,000909	9,47E-06	0,0710	1613	0,008598	4,73E-06	0,1451
93	0,000919	9,47E-06	0,0711	1614	0,008603	4,73E-06	0,1450
94	0,000928	9,47E-06	0,0711	1615	0,008608	4,73E-06	0,1449
95	0,000937	9,47E-06	0,0712	1616	0,008613	4,73E-06	0,1447
96	0,000947	9,47E-06	0,0713	1617	0,008617	4,73E-06	0,1446
97	0,000956	9,47E-06	0,0715	1618	0,008622	4,73E-06	0,1445
98	0,000966	9,47E-06	0,0716	1619	0,008627	4,73E-06	0,1444
99	0,000975	9,47E-06	0,0717	1620	0,008632	4,73E-06	0,1442
100	0,000985	9,47E-06	0,0719	1621	0,008636	4,73E-06	0,1441
101	0,000994	9,47E-06	0,0720	1622	0,008641	4,73E-06	0,1440
102	0,001004	9,47E-06	0,0722	1623	0,008646	4,73E-06	0,1438
103	0,001013	9,47E-06	0,0724	1624	0,008651	4,73E-06	0,1437
104	0,001023	9,47E-06	0,0725	1625	0,008655	4,73E-06	0,1436
105	0,001032	9,47E-06	0,0727	1626	0,00866	4,73E-06	0,1434
106	0,001042	9,47E-06	0,0729	1627	0,008665	4,73E-06	0,1433
107	0,001051	9,47E-06	0,0731	1628	0,00867	4,73E-06	0,1432
108	0,001061	9,47E-06	0,0733	1629	0,008674	4,73E-06	0,1430
109	0,00107	9,47E-06	0,0734	1630	0,008679	4,73E-06	0,1429
110	0,00108	9,47E-06	0,0736	1631	0,008684	4,73E-06	0,1427
111	0,001089	9,47E-06	0,0737	1632	0,008688	4,73E-06	0,1426
112	0,001098	9,47E-06	0,0738	1633	0,008693	4,73E-06	0,1424
113	0,001108	9,47E-06	0,0739	1634	0,008698	4,73E-06	0,1423
114	0,001117	9,47E-06	0,0740	1635	0,008703	4,73E-06	0,1421
115	0,001127	9,47E-06	0,0740	1636	0,008707	4,73E-06	0,1420
116	0,001136	9,47E-06	0,0741	1637	0,008712	4,73E-06	0,1418

117	0,001146	9,47E-06	0,0740	1638	0,008717	4,73E-06	0,1417
118	0,001155	9,47E-06	0,0740	1639	0,008722	4,73E-06	0,1415
119	0,001165	9,47E-06	0,0739	1640	0,008726	4,73E-06	0,1414
120	0,001174	9,47E-06	0,0738	1641	0,008731	4,73E-06	0,1412
121	0,001184	9,47E-06	0,0736	1642	0,008736	4,73E-06	0,1411
122	0,001193	9,47E-06	0,0734	1643	0,008741	4,73E-06	0,1409
123	0,001203	9,47E-06	0,0731	1644	0,008745	4,73E-06	0,1408
124	0,001212	9,47E-06	0,0728	1645	0,00875	4,73E-06	0,1406
125	0,001222	9,47E-06	0,0725	1646	0,008755	4,73E-06	0,1405
126	0,001231	9,47E-06	0,0721	1647	0,008759	4,73E-06	0,1403
127	0,001241	9,47E-06	0,0717	1648	0,008764	4,73E-06	0,1402
128	0,00125	9,47E-06	0,0712	1649	0,008769	4,73E-06	0,1400
129	0,001259	9,47E-06	0,0707	1650	0,008774	4,73E-06	0,1398
130	0,001269	9,47E-06	0,0702	1651	0,008778	4,73E-06	0,1397
131	0,001278	9,47E-06	0,0696	1652	0,008783	4,73E-06	0,1395
132	0,001288	9,47E-06	0,0690	1653	0,008788	4,73E-06	0,1394
133	0,001297	9,47E-06	0,0684	1654	0,008793	4,73E-06	0,1392
134	0,001307	9,47E-06	0,0677	1655	0,008797	4,73E-06	0,1391
135	0,001316	9,47E-06	0,0670	1656	0,008802	4,73E-06	0,1389
136	0,001326	9,47E-06	0,0663	1657	0,008807	4,73E-06	0,1388
137	0,001335	9,47E-06	0,0656	1658	0,008812	4,73E-06	0,1386
138	0,001345	9,47E-06	0,0648	1659	0,008816	4,73E-06	0,1384
139	0,001354	9,47E-06	0,0640	1660	0,008821	4,73E-06	0,1383
140	0,001364	9,47E-06	0,0631	1661	0,008826	4,73E-06	0,1381
141	0,001373	9,47E-06	0,0623	1662	0,00883	4,73E-06	0,1380
142	0,001383	9,47E-06	0,0614	1663	0,008835	4,73E-06	0,1378
143	0,001392	9,47E-06	0,0605	1664	0,00884	4,73E-06	0,1377
144	0,001402	9,47E-06	0,0596	1665	0,008845	4,73E-06	0,1375
145	0,001411	9,47E-06	0,0587	1666	0,008849	4,73E-06	0,1374
146	0,00142	9,47E-06	0,0577	1667	0,008854	4,73E-06	0,1372
147	0,00143	9,47E-06	0,0568	1668	0,008859	4,73E-06	0,1370

148	0,001439	9,47E-06	0,0558	1669	0,008864	4,73E-06	0,1369
149	0,001449	9,47E-06	0,0548	1670	0,008868	4,73E-06	0,1367
150	0,001458	9,47E-06	0,0538	1671	0,008873	4,73E-06	0,1366
151	0,001468	9,47E-06	0,0528	1672	0,008878	4,73E-06	0,1364
152	0,001477	9,47E-06	0,0518	1673	0,008883	4,73E-06	0,1363
153	0,001487	9,47E-06	0,0508	1674	0,008887	4,73E-06	0,1361
154	0,001496	9,47E-06	0,0498	1675	0,008892	4,73E-06	0,1359
155	0,001506	9,47E-06	0,0488	1676	0,008897	4,73E-06	0,1358
156	0,001515	9,47E-06	0,0478	1677	0,008902	4,73E-06	0,1356
157	0,001525	9,47E-06	0,0469	1678	0,008906	4,73E-06	0,1355
158	0,001534	9,47E-06	0,0459	1679	0,008911	4,73E-06	0,1353
159	0,001544	9,47E-06	0,0450	1680	0,008916	4,73E-06	0,1351
160	0,001553	9,47E-06	0,0440	1681	0,00892	4,73E-06	0,1350
161	0,001563	9,47E-06	0,0431	1682	0,008925	4,73E-06	0,1348
162	0,001572	9,47E-06	0,0422	1683	0,00893	4,73E-06	0,1346
163	0,001581	9,47E-06	0,0413	1684	0,008935	4,73E-06	0,1345
164	0,001591	9,47E-06	0,0405	1685	0,008939	4,73E-06	0,1343
165	0,0016	9,47E-06	0,0396	1686	0,008944	4,73E-06	0,1341
166	0,00161	9,47E-06	0,0388	1687	0,008949	4,73E-06	0,1340
167	0,001619	9,47E-06	0,0379	1688	0,008954	4,73E-06	0,1338
168	0,001629	9,47E-06	0,0371	1689	0,008958	4,73E-06	0,1336
169	0,001638	9,47E-06	0,0362	1690	0,008963	4,73E-06	0,1335
170	0,001648	9,47E-06	0,0354	1691	0,008968	4,73E-06	0,1333
171	0,001657	9,47E-06	0,0345	1692	0,008973	4,73E-06	0,1331
172	0,001667	9,47E-06	0,0335	1693	0,008977	4,73E-06	0,1330
173	0,001676	9,47E-06	0,0325	1694	0,008982	4,73E-06	0,1328
174	0,001686	9,47E-06	0,0315	1695	0,008987	4,73E-06	0,1326
175	0,001695	9,47E-06	0,0304	1696	0,008991	4,73E-06	0,1325
176	0,001705	9,47E-06	0,0292	1697	0,008996	4,73E-06	0,1323
177	0,001714	9,47E-06	0,0279	1698	0,009001	4,73E-06	0,1321
178	0,001723	9,47E-06	0,0265	1699	0,009006	4,73E-06	0,1319

179	0,001733	9,47E-06	0,0249	1700	0,00901	4,73E-06	0,1318
180	0,001742	4,73E-06	0,0232	1701	0,009015	4,73E-06	0,1316
181	0,001747	4,73E-06	0,0223	1702	0,00902	4,73E-06	0,1314
182	0,001752	4,73E-06	0,0214	1703	0,009025	4,73E-06	0,1312
183	0,001757	4,73E-06	0,0204	1704	0,009029	4,73E-06	0,1311
184	0,001761	4,73E-06	0,0194	1705	0,009034	4,73E-06	0,1309
185	0,001766	4,73E-06	0,0183	1706	0,009039	4,73E-06	0,1307
186	0,001771	4,73E-06	0,0172	1707	0,009044	4,73E-06	0,1305
187	0,001776	4,73E-06	0,0160	1708	0,009048	4,73E-06	0,1304
188	0,00178	4,73E-06	0,0148	1709	0,009053	4,73E-06	0,1302
189	0,001785	4,73E-06	0,0136	1710	0,009058	4,73E-06	0,1300
190	0,00179	4,73E-06	0,0122	1711	0,009062	4,73E-06	0,1298
191	0,001795	4,73E-06	0,0109	1712	0,009067	4,73E-06	0,1296
192	0,001799	4,73E-06	0,0094	1713	0,009072	4,73E-06	0,1295
193	0,001804	4,73E-06	0,0079	1714	0,009077	4,73E-06	0,1293
194	0,001809	4,73E-06	0,0064	1715	0,009081	4,73E-06	0,1291
195	0,001813	4,73E-06	0,0048	1716	0,009086	4,73E-06	0,1289
196	0,001818	4,73E-06	0,0031	1717	0,009091	4,73E-06	0,1287
197	0,001823	4,73E-06	0,0014	1718	0,009096	4,73E-06	0,1286
198	0,001828	4,73E-06	-0,0004	1719	0,0091	4,73E-06	0,1284
199	0,001832	4,73E-06	-0,0022	1720	0,009105	4,73E-06	0,1282
200	0,001837	4,73E-06	-0,0041	1721	0,00911	4,73E-06	0,1280
201	0,001842	4,73E-06	-0,0060	1722	0,009115	4,73E-06	0,1278
202	0,001847	4,73E-06	-0,0079	1723	0,009119	4,73E-06	0,1277
203	0,001851	4,73E-06	-0,0099	1724	0,009124	4,73E-06	0,1275
204	0,001856	4,73E-06	-0,0120	1725	0,009129	4,73E-06	0,1273
205	0,001861	4,73E-06	-0,0141	1726	0,009134	4,73E-06	0,1271
206	0,001866	4,73E-06	-0,0162	1727	0,009138	4,73E-06	0,1269
207	0,00187	4,73E-06	-0,0183	1728	0,009143	4,73E-06	0,1267
208	0,001875	4,73E-06	-0,0205	1729	0,009148	4,73E-06	0,1265
209	0,00188	4,73E-06	-0,0227	1730	0,009152	4,73E-06	0,1264

210	0,001884	4,73E-06	-0,0249	1731	0,009157	4,73E-06	0,1262
211	0,001889	4,73E-06	-0,0271	1732	0,009162	4,73E-06	0,1260
212	0,001894	4,73E-06	-0,0293	1733	0,009167	4,73E-06	0,1258
213	0,001899	4,73E-06	-0,0315	1734	0,009171	4,73E-06	0,1256
214	0,001903	4,73E-06	-0,0338	1735	0,009176	4,73E-06	0,1254
215	0,001908	4,73E-06	-0,0360	1736	0,009181	4,73E-06	0,1252
216	0,001913	4,73E-06	-0,0382	1737	0,009186	4,73E-06	0,1250
217	0,001918	4,73E-06	-0,0404	1738	0,00919	4,73E-06	0,1248
218	0,001922	4,73E-06	-0,0426	1739	0,009195	4,73E-06	0,1246
219	0,001927	4,73E-06	-0,0447	1740	0,0092	4,73E-06	0,1244
220	0,001932	4,73E-06	-0,0469	1741	0,009205	4,73E-06	0,1242
221	0,001937	4,73E-06	-0,0489	1742	0,009209	4,73E-06	0,1240
222	0,001941	4,73E-06	-0,0510	1743	0,009214	4,73E-06	0,1238
223	0,001946	4,73E-06	-0,0530	1744	0,009219	4,73E-06	0,1236
224	0,001951	4,73E-06	-0,0550	1745	0,009223	4,73E-06	0,1234
225	0,001955	4,73E-06	-0,0569	1746	0,009228	4,73E-06	0,1232
226	0,00196	4,73E-06	-0,0587	1747	0,009233	4,73E-06	0,1230
227	0,001965	4,73E-06	-0,0605	1748	0,009238	4,73E-06	0,1228
228	0,00197	4,73E-06	-0,0623	1749	0,009242	4,73E-06	0,1226
229	0,001974	4,73E-06	-0,0640	1750	0,009247	4,73E-06	0,1224
230	0,001979	4,73E-06	-0,0656	1751	0,009252	4,73E-06	0,1222
231	0,001984	4,73E-06	-0,0671	1752	0,009257	4,73E-06	0,1220
232	0,001989	4,73E-06	-0,0686	1753	0,009261	4,73E-06	0,1218
233	0,001993	4,73E-06	-0,0700	1754	0,009266	4,73E-06	0,1215
234	0,001998	4,73E-06	-0,0714	1755	0,009271	4,73E-06	0,1213
235	0,002003	4,73E-06	-0,0726	1756	0,009276	4,73E-06	0,1211
236	0,002008	4,73E-06	-0,0738	1757	0,00928	4,73E-06	0,1209
237	0,002012	4,73E-06	-0,0750	1758	0,009285	4,73E-06	0,1207
238	0,002017	4,73E-06	-0,0761	1759	0,00929	4,73E-06	0,1205
239	0,002022	4,73E-06	-0,0771	1760	0,009295	4,73E-06	0,1203
240	0,002027	4,73E-06	-0,0780	1761	0,009299	4,73E-06	0,1201

241	0,002031	4,73E-06	-0,0789	1762	0,009304	4,73E-06	0,1199
242	0,002036	4,73E-06	-0,0797	1763	0,009309	9,47E-06	0,1196
243	0,002041	4,73E-06	-0,0804	1764	0,009318	4,73E-06	0,1192
244	0,002045	4,73E-06	-0,0811	1765	0,009323	4,73E-06	0,1190
245	0,00205	4,73E-06	-0,0817	1766	0,009328	4,73E-06	0,1188
246	0,002055	4,73E-06	-0,0823	1767	0,009332	4,73E-06	0,1186
247	0,00206	4,73E-06	-0,0828	1768	0,009337	4,73E-06	0,1184
248	0,002064	4,73E-06	-0,0833	1769	0,009342	4,73E-06	0,1182
249	0,002069	4,73E-06	-0,0837	1770	0,009347	4,73E-06	0,1180
250	0,002074	4,73E-06	-0,0841	1771	0,009351	4,73E-06	0,1178
251	0,002079	4,73E-06	-0,0844	1772	0,009356	4,73E-06	0,1176
252	0,002083	4,73E-06	-0,0847	1773	0,009361	4,73E-06	0,1174
253	0,002088	4,73E-06	-0,0849	1774	0,009366	4,73E-06	0,1172
254	0,002093	4,73E-06	-0,0851	1775	0,00937	4,73E-06	0,1170
255	0,002098	4,73E-06	-0,0853	1776	0,009375	4,73E-06	0,1168
256	0,002102	4,73E-06	-0,0854	1777	0,00938	4,73E-06	0,1166
257	0,002107	4,73E-06	-0,0855	1778	0,009384	4,73E-06	0,1164
258	0,002112	4,73E-06	-0,0856	1779	0,009389	4,73E-06	0,1162
259	0,002116	4,73E-06	-0,0857	1780	0,009394	4,73E-06	0,1161
260	0,002121	4,73E-06	-0,0857	1781	0,009399	4,73E-06	0,1159
261	0,002126	4,73E-06	-0,0857	1782	0,009403	4,73E-06	0,1157
262	0,002131	4,73E-06	-0,0856	1783	0,009408	4,73E-06	0,1155
263	0,002135	4,73E-06	-0,0856	1784	0,009413	4,73E-06	0,1153
264	0,00214	4,73E-06	-0,0855	1785	0,009418	4,73E-06	0,1152
265	0,002145	4,73E-06	-0,0854	1786	0,009422	4,73E-06	0,1150
266	0,00215	4,73E-06	-0,0854	1787	0,009427	4,73E-06	0,1148
267	0,002154	4,73E-06	-0,0852	1788	0,009432	4,73E-06	0,1146
268	0,002159	4,73E-06	-0,0851	1789	0,009437	4,73E-06	0,1145
269	0,002164	4,73E-06	-0,0850	1790	0,009441	4,73E-06	0,1143
270	0,002169	4,73E-06	-0,0848	1791	0,009446	4,73E-06	0,1141
271	0,002173	4,73E-06	-0,0847	1792	0,009451	4,73E-06	0,1140

272	0,002178	4,73E-06	-0,0845	1793	0,009455	4,73E-06	0,1138
273	0,002183	4,73E-06	-0,0843	1794	0,00946	4,73E-06	0,1137
274	0,002188	4,73E-06	-0,0841	1795	0,009465	4,73E-06	0,1135
275	0,002192	4,73E-06	-0,0839	1796	0,00947	4,73E-06	0,1134
276	0,002197	4,73E-06	-0,0837	1797	0,009474	4,73E-06	0,1132
277	0,002202	4,73E-06	-0,0835	1798	0,009479	4,73E-06	0,1131
278	0,002206	4,73E-06	-0,0832	1799	0,009484	4,73E-06	0,1129
279	0,002211	4,73E-06	-0,0830	1800	0,009489	4,73E-06	0,1128
280	0,002216	4,73E-06	-0,0828	1801	0,009493	4,73E-06	0,1126
281	0,002221	4,73E-06	-0,0825	1802	0,009498	4,73E-06	0,1125
282	0,002225	4,73E-06	-0,0822	1803	0,009503	4,73E-06	0,1123
283	0,00223	4,73E-06	-0,0820	1804	0,009508	4,73E-06	0,1122
284	0,002235	4,73E-06	-0,0817	1805	0,009512	4,73E-06	0,1121
285	0,00224	4,73E-06	-0,0814	1806	0,009517	4,73E-06	0,1119
286	0,002244	4,73E-06	-0,0811	1807	0,009522	4,73E-06	0,1118
287	0,002249	4,73E-06	-0,0808	1808	0,009527	4,73E-06	0,1117
288	0,002254	4,73E-06	-0,0805	1809	0,009531	4,73E-06	0,1115
289	0,002259	4,73E-06	-0,0802	1810	0,009536	4,73E-06	0,1114
290	0,002263	4,73E-06	-0,0799	1811	0,009541	4,73E-06	0,1113
291	0,002268	4,73E-06	-0,0796	1812	0,009545	4,73E-06	0,1112
292	0,002273	4,73E-06	-0,0792	1813	0,00955	4,73E-06	0,1110
293	0,002277	4,73E-06	-0,0789	1814	0,009555	4,73E-06	0,1109
294	0,002282	4,73E-06	-0,0785	1815	0,00956	4,73E-06	0,1108
295	0,002287	4,73E-06	-0,0782	1816	0,009564	4,73E-06	0,1107
296	0,002292	4,73E-06	-0,0778	1817	0,009569	4,73E-06	0,1106
297	0,002296	4,73E-06	-0,0774	1818	0,009574	4,73E-06	0,1104
298	0,002301	4,73E-06	-0,0770	1819	0,009579	4,73E-06	0,1103
299	0,002306	4,73E-06	-0,0766	1820	0,009583	4,73E-06	0,1102
300	0,002311	4,73E-06	-0,0762	1821	0,009588	4,73E-06	0,1101
301	0,002315	4,73E-06	-0,0758	1822	0,009593	4,73E-06	0,1100
302	0,00232	4,73E-06	-0,0754	1823	0,009598	4,73E-06	0,1099

303	0,002325	4,73E-06	-0,0749	1824	0,009602	4,73E-06	0,1098
304	0,00233	4,73E-06	-0,0745	1825	0,009607	4,73E-06	0,1096
305	0,002334	4,73E-06	-0,0741	1826	0,009612	4,73E-06	0,1095
306	0,002339	4,73E-06	-0,0736	1827	0,009616	4,73E-06	0,1094
307	0,002344	4,73E-06	-0,0731	1828	0,009621	4,73E-06	0,1093
308	0,002348	4,73E-06	-0,0727	1829	0,009626	4,73E-06	0,1092
309	0,002353	4,73E-06	-0,0722	1830	0,009631	4,73E-06	0,1091
310	0,002358	4,73E-06	-0,0717	1831	0,009635	4,73E-06	0,1090
311	0,002363	4,73E-06	-0,0712	1832	0,00964	4,73E-06	0,1089
312	0,002367	4,73E-06	-0,0707	1833	0,009645	4,73E-06	0,1088
313	0,002372	4,73E-06	-0,0702	1834	0,00965	4,73E-06	0,1087
314	0,002377	4,73E-06	-0,0697	1835	0,009654	4,73E-06	0,1086
315	0,002382	4,73E-06	-0,0692	1836	0,009659	4,73E-06	0,1085
316	0,002386	4,73E-06	-0,0687	1837	0,009664	4,73E-06	0,1084
317	0,002391	4,73E-06	-0,0681	1838	0,009669	4,73E-06	0,1083
318	0,002396	4,73E-06	-0,0676	1839	0,009673	4,73E-06	0,1082
319	0,002401	4,73E-06	-0,0671	1840	0,009678	4,73E-06	0,1081
320	0,002405	4,73E-06	-0,0666	1841	0,009683	4,73E-06	0,1079
321	0,00241	4,73E-06	-0,0660	1842	0,009687	4,73E-06	0,1078
322	0,002415	4,73E-06	-0,0655	1843	0,009692	4,73E-06	0,1077
323	0,00242	4,73E-06	-0,0650	1844	0,009697	4,73E-06	0,1076
324	0,002424	4,73E-06	-0,0644	1845	0,009702	4,73E-06	0,1075
325	0,002429	4,73E-06	-0,0639	1846	0,009706	4,73E-06	0,1074
326	0,002434	4,73E-06	-0,0634	1847	0,009711	4,73E-06	0,1073
327	0,002438	4,73E-06	-0,0628	1848	0,009716	4,73E-06	0,1072
328	0,002443	4,73E-06	-0,0623	1849	0,009721	4,73E-06	0,1071
329	0,002448	4,73E-06	-0,0618	1850	0,009725	4,73E-06	0,1070
330	0,002453	4,73E-06	-0,0612	1851	0,00973	9,47E-06	0,1069
331	0,002457	4,73E-06	-0,0607	1852	0,00974	4,73E-06	0,1067
332	0,002462	4,73E-06	-0,0602	1853	0,009744	4,73E-06	0,1066
333	0,002467	4,73E-06	-0,0597	1854	0,009749	4,73E-06	0,1065

334	0,002472	4,73E-06	-0,0592	1855	0,009754	4,73E-06	0,1064
335	0,002476	4,73E-06	-0,0587	1856	0,009759	4,73E-06	0,1062
336	0,002481	4,73E-06	-0,0582	1857	0,009763	4,73E-06	0,1061
337	0,002486	4,73E-06	-0,0577	1858	0,009768	4,73E-06	0,1060
338	0,002491	4,73E-06	-0,0572	1859	0,009773	4,73E-06	0,1059
339	0,002495	4,73E-06	-0,0567	1860	0,009777	4,73E-06	0,1058
340	0,0025	4,73E-06	-0,0562	1861	0,009782	4,73E-06	0,1057
341	0,002505	4,73E-06	-0,0558	1862	0,009787	4,73E-06	0,1056
342	0,002509	4,73E-06	-0,0553	1863	0,009792	4,73E-06	0,1055
343	0,002514	4,73E-06	-0,0548	1864	0,009796	4,73E-06	0,1053
344	0,002519	4,73E-06	-0,0544	1865	0,009801	4,73E-06	0,1052
345	0,002524	4,73E-06	-0,0540	1866	0,009806	4,73E-06	0,1051
346	0,002528	4,73E-06	-0,0535	1867	0,009811	4,73E-06	0,1050
347	0,002533	4,73E-06	-0,0531	1868	0,009815	4,73E-06	0,1049
348	0,002538	4,73E-06	-0,0527	1869	0,00982	4,73E-06	0,1048
349	0,002543	4,73E-06	-0,0523	1870	0,009825	4,73E-06	0,1046
350	0,002547	4,73E-06	-0,0519	1871	0,00983	4,73E-06	0,1045
351	0,002552	4,73E-06	-0,0515	1872	0,009834	4,73E-06	0,1044
352	0,002557	4,73E-06	-0,0512	1873	0,009839	4,73E-06	0,1043
353	0,002562	4,73E-06	-0,0508	1874	0,009844	4,73E-06	0,1042
354	0,002566	4,73E-06	-0,0505	1875	0,009848	4,73E-06	0,1041
355	0,002571	4,73E-06	-0,0501	1876	0,009853	4,73E-06	0,1039
356	0,002576	4,73E-06	-0,0498	1877	0,009858	4,73E-06	0,1038
357	0,00258	4,73E-06	-0,0495	1878	0,009863	4,73E-06	0,1037
358	0,002585	4,73E-06	-0,0492	1879	0,009867	4,73E-06	0,1036
359	0,00259	4,73E-06	-0,0489	1880	0,009872	4,73E-06	0,1034
360	0,002595	4,73E-06	-0,0486	1881	0,009877	4,73E-06	0,1033
361	0,002599	4,73E-06	-0,0483	1882	0,009882	4,73E-06	0,1032
362	0,002604	4,73E-06	-0,0480	1883	0,009886	4,73E-06	0,1031
363	0,002609	4,73E-06	-0,0478	1884	0,009891	4,73E-06	0,1030
364	0,002614	4,73E-06	-0,0475	1885	0,009896	4,73E-06	0,1028

365	0,002618	4,73E-06	-0,0473	1886	0,009901	4,73E-06	0,1027
366	0,002623	4,73E-06	-0,0471	1887	0,009905	4,73E-06	0,1026
367	0,002628	4,73E-06	-0,0468	1888	0,00991	4,73E-06	0,1025
368	0,002633	4,73E-06	-0,0466	1889	0,009915	4,73E-06	0,1023
369	0,002637	4,73E-06	-0,0464	1890	0,00992	4,73E-06	0,1022
370	0,002642	4,73E-06	-0,0462	1891	0,009924	4,73E-06	0,1021
371	0,002647	4,73E-06	-0,0461	1892	0,009929	4,73E-06	0,1020
372	0,002652	4,73E-06	-0,0459	1893	0,009934	4,73E-06	0,1018
373	0,002656	4,73E-06	-0,0457	1894	0,009938	4,73E-06	0,1017
374	0,002661	4,73E-06	-0,0456	1895	0,009943	4,73E-06	0,1016
375	0,002666	4,73E-06	-0,0454	1896	0,009948	4,73E-06	0,1015
376	0,00267	4,73E-06	-0,0453	1897	0,009953	4,73E-06	0,1014
377	0,002675	4,73E-06	-0,0452	1898	0,009957	4,73E-06	0,1012
378	0,00268	4,73E-06	-0,0450	1899	0,009962	4,73E-06	0,1011
379	0,002685	4,73E-06	-0,0449	1900	0,009967	4,73E-06	0,1010
380	0,002689	4,73E-06	-0,0448	1901	0,009972	4,73E-06	0,1008
381	0,002694	4,73E-06	-0,0447	1902	0,009976	4,73E-06	0,1007
382	0,002699	4,73E-06	-0,0447	1903	0,009981	4,73E-06	0,1006
383	0,002704	4,73E-06	-0,0446	1904	0,009986	4,73E-06	0,1005
384	0,002708	4,73E-06	-0,0445	1905	0,009991	4,73E-06	0,1003
385	0,002713	4,73E-06	-0,0444	1906	0,009995	4,73E-06	0,1002
386	0,002718	4,73E-06	-0,0444	1907	0,01	4,73E-06	0,1001
387	0,002723	4,73E-06	-0,0443	1908	0,010005	4,73E-06	0,1000
388	0,002727	4,73E-06	-0,0443	1909	0,010009	4,73E-06	0,0998
389	0,002732	4,73E-06	-0,0442	1910	0,010014	4,73E-06	0,0997
390	0,002737	4,73E-06	-0,0442	1911	0,010019	4,73E-06	0,0996
391	0,002741	4,73E-06	-0,0442	1912	0,010024	4,73E-06	0,0995
392	0,002746	4,73E-06	-0,0441	1913	0,010028	4,73E-06	0,0993
393	0,002751	4,73E-06	-0,0441	1914	0,010033	4,73E-06	0,0992
394	0,002756	4,73E-06	-0,0441	1915	0,010038	4,73E-06	0,0991
395	0,00276	4,73E-06	-0,0441	1916	0,010043	4,73E-06	0,0990

396	0,002765	4,73E-06	-0,0440	1917	0,010047	4,73E-06	0,0988
397	0,00277	4,73E-06	-0,0440	1918	0,010052	4,73E-06	0,0987
398	0,002775	4,73E-06	-0,0440	1919	0,010057	4,73E-06	0,0986
399	0,002779	4,73E-06	-0,0440	1920	0,010062	4,73E-06	0,0984
400	0,002784	4,73E-06	-0,0440	1921	0,010066	4,73E-06	0,0983
401	0,002789	4,73E-06	-0,0440	1922	0,010071	4,73E-06	0,0982
402	0,002794	4,73E-06	-0,0440	1923	0,010076	4,73E-06	0,0981
403	0,002798	4,73E-06	-0,0440	1924	0,01008	4,73E-06	0,0979
404	0,002803	4,73E-06	-0,0440	1925	0,010085	4,73E-06	0,0978
405	0,002808	4,73E-06	-0,0440	1926	0,01009	4,73E-06	0,0977
406	0,002813	4,73E-06	-0,0439	1927	0,010095	4,73E-06	0,0976
407	0,002817	4,73E-06	-0,0439	1928	0,010099	4,73E-06	0,0974
408	0,002822	4,73E-06	-0,0439	1929	0,010104	4,73E-06	0,0973
409	0,002827	4,73E-06	-0,0439	1930	0,010109	4,73E-06	0,0972
410	0,002831	4,73E-06	-0,0439	1931	0,010114	4,73E-06	0,0971
411	0,002836	4,73E-06	-0,0438	1932	0,010118	4,73E-06	0,0969
412	0,002841	4,73E-06	-0,0438	1933	0,010123	4,73E-06	0,0968
413	0,002846	4,73E-06	-0,0438	1934	0,010128	4,73E-06	0,0967
414	0,00285	4,73E-06	-0,0437	1935	0,010133	4,73E-06	0,0966
415	0,002855	4,73E-06	-0,0437	1936	0,010137	4,73E-06	0,0964
416	0,00286	4,73E-06	-0,0436	1937	0,010142	4,73E-06	0,0963
417	0,002865	4,73E-06	-0,0436	1938	0,010147	4,73E-06	0,0962
418	0,002869	4,73E-06	-0,0435	1939	0,010152	4,73E-06	0,0961
419	0,002874	4,73E-06	-0,0434	1940	0,010156	4,73E-06	0,0960
420	0,002879	4,73E-06	-0,0433	1941	0,010161	4,73E-06	0,0958
421	0,002884	4,73E-06	-0,0432	1942	0,010166	4,73E-06	0,0957
422	0,002888	4,73E-06	-0,0431	1943	0,01017	4,73E-06	0,0956
423	0,002893	4,73E-06	-0,0430	1944	0,010175	4,73E-06	0,0955
424	0,002898	4,73E-06	-0,0429	1945	0,01018	4,73E-06	0,0954
425	0,002902	4,73E-06	-0,0428	1946	0,010185	4,73E-06	0,0952
426	0,002907	4,73E-06	-0,0426	1947	0,010189	4,73E-06	0,0951

427	0,002912	4,73E-06	-0,0425	1948	0,010194	4,73E-06	0,0950
428	0,002917	4,73E-06	-0,0423	1949	0,010199	4,73E-06	0,0949
429	0,002921	4,73E-06	-0,0422	1950	0,010204	4,73E-06	0,0948
430	0,002926	4,73E-06	-0,0420	1951	0,010208	4,73E-06	0,0947
431	0,002931	4,73E-06	-0,0418	1952	0,010213	4,73E-06	0,0946
432	0,002936	4,73E-06	-0,0416	1953	0,010218	4,73E-06	0,0945
433	0,00294	4,73E-06	-0,0414	1954	0,010223	4,73E-06	0,0943
434	0,002945	4,73E-06	-0,0411	1955	0,010227	4,73E-06	0,0942
435	0,00295	4,73E-06	-0,0409	1956	0,010232	4,73E-06	0,0941
436	0,002955	4,73E-06	-0,0407	1957	0,010237	4,73E-06	0,0940
437	0,002959	4,73E-06	-0,0404	1958	0,010241	4,73E-06	0,0939
438	0,002964	4,73E-06	-0,0402	1959	0,010246	4,73E-06	0,0938
439	0,002969	4,73E-06	-0,0399	1960	0,010251	4,73E-06	0,0937
440	0,002973	4,73E-06	-0,0396	1961	0,010256	4,73E-06	0,0936
441	0,002978	4,73E-06	-0,0393	1962	0,01026	4,73E-06	0,0935
442	0,002983	4,73E-06	-0,0390	1963	0,010265	4,73E-06	0,0934
443	0,002988	4,73E-06	-0,0387	1964	0,01027	4,73E-06	0,0933
444	0,002992	4,73E-06	-0,0383	1965	0,010275	4,73E-06	0,0932
445	0,002997	4,73E-06	-0,0380	1966	0,010279	4,73E-06	0,0931
446	0,003002	4,73E-06	-0,0377	1967	0,010284	4,73E-06	0,0930
447	0,003007	4,73E-06	-0,0373	1968	0,010289	4,73E-06	0,0929
448	0,003011	4,73E-06	-0,0369	1969	0,010294	4,73E-06	0,0928
449	0,003016	4,73E-06	-0,0366	1970	0,010298	4,73E-06	0,0927
450	0,003021	4,73E-06	-0,0362	1971	0,010303	4,73E-06	0,0926
451	0,003026	4,73E-06	-0,0358	1972	0,010308	4,73E-06	0,0925
452	0,00303	4,73E-06	-0,0354	1973	0,010312	4,73E-06	0,0923
453	0,003035	4,73E-06	-0,0350	1974	0,010317	4,73E-06	0,0922
454	0,00304	4,73E-06	-0,0345	1975	0,010322	4,73E-06	0,0921
455	0,003045	4,73E-06	-0,0341	1976	0,010327	4,73E-06	0,0921
456	0,003049	4,73E-06	-0,0337	1977	0,010331	4,73E-06	0,0920
457	0,003054	4,73E-06	-0,0332	1978	0,010336	4,73E-06	0,0919

458	0,003059	4,73E-06	-0,0328	1979	0,010341	4,73E-06	0,0918
459	0,003063	4,73E-06	-0,0323	1980	0,010346	4,73E-06	0,0917
460	0,003068	4,73E-06	-0,0318	1981	0,01035	4,73E-06	0,0916
461	0,003073	4,73E-06	-0,0313	1982	0,010355	4,73E-06	0,0915
462	0,003078	4,73E-06	-0,0309	1983	0,01036	4,73E-06	0,0914
463	0,003082	4,73E-06	-0,0304	1984	0,010365	4,73E-06	0,0913
464	0,003087	4,73E-06	-0,0299	1985	0,010369	4,73E-06	0,0912
465	0,003092	4,73E-06	-0,0294	1986	0,010374	4,73E-06	0,0911
466	0,003097	4,73E-06	-0,0288	1987	0,010379	4,73E-06	0,0910
467	0,003101	4,73E-06	-0,0283	1988	0,010384	4,73E-06	0,0909
468	0,003106	4,73E-06	-0,0278	1989	0,010388	4,73E-06	0,0908
469	0,003111	4,73E-06	-0,0273	1990	0,010393	4,73E-06	0,0907
470	0,003116	4,73E-06	-0,0267	1991	0,010398	4,73E-06	0,0906
471	0,00312	4,73E-06	-0,0262	1992	0,010402	4,73E-06	0,0905
472	0,003125	4,73E-06	-0,0256	1993	0,010407	4,73E-06	0,0904
473	0,00313	4,73E-06	-0,0251	1994	0,010412	4,73E-06	0,0903
474	0,003134	4,73E-06	-0,0245	1995	0,010417	4,73E-06	0,0902
475	0,003139	4,73E-06	-0,0239	1996	0,010421	4,73E-06	0,0901
476	0,003144	4,73E-06	-0,0234	1997	0,010426	4,73E-06	0,0900
477	0,003149	4,73E-06	-0,0228	1998	0,010431	4,73E-06	0,0899
478	0,003153	4,73E-06	-0,0222	1999	0,010436	4,73E-06	0,0898
479	0,003158	4,73E-06	-0,0216	2000	0,01044	4,73E-06	0,0897
480	0,003163	4,73E-06	-0,0210	2001	0,010445	4,73E-06	0,0896
481	0,003168	4,73E-06	-0,0204	2002	0,01045	4,73E-06	0,0895
482	0,003172	4,73E-06	-0,0198	2003	0,010455	4,73E-06	0,0894
483	0,003177	4,73E-06	-0,0192	2004	0,010459	4,73E-06	0,0893
484	0,003182	4,73E-06	-0,0186	2005	0,010464	4,73E-06	0,0892
485	0,003187	4,73E-06	-0,0180	2006	0,010469	4,73E-06	0,0891
486	0,003191	4,73E-06	-0,0174	2007	0,010473	4,73E-06	0,0890
487	0,003196	4,73E-06	-0,0168	2008	0,010478	4,73E-06	0,0889
488	0,003201	4,73E-06	-0,0162	2009	0,010483	4,73E-06	0,0888

489	0,003205	4,73E-06	-0,0156	2010	0,010488	4,73E-06	0,0887
490	0,00321	4,73E-06	-0,0150	2011	0,010492	4,73E-06	0,0886
491	0,003215	4,73E-06	-0,0143	2012	0,010497	4,73E-06	0,0885
492	0,00322	4,73E-06	-0,0137	2013	0,010502	4,73E-06	0,0884
493	0,003224	4,73E-06	-0,0131	2014	0,010507	4,73E-06	0,0883
494	0,003229	4,73E-06	-0,0125	2015	0,010511	4,73E-06	0,0882
495	0,003234	4,73E-06	-0,0118	2016	0,010516	4,73E-06	0,0881
496	0,003239	4,73E-06	-0,0112	2017	0,010521	4,73E-06	0,0880
497	0,003243	4,73E-06	-0,0106	2018	0,010526	4,73E-06	0,0879
498	0,003248	4,73E-06	-0,0099	2019	0,01053	4,73E-06	0,0878
499	0,003253	4,73E-06	-0,0093	2020	0,010535	4,73E-06	0,0877
500	0,003258	4,73E-06	-0,0087	2021	0,01054	4,73E-06	0,0876
501	0,003262	4,73E-06	-0,0080	2022	0,010545	4,73E-06	0,0875
502	0,003267	4,73E-06	-0,0074	2023	0,010549	4,73E-06	0,0874
503	0,003272	4,73E-06	-0,0068	2024	0,010554	4,73E-06	0,0873
504	0,003277	4,73E-06	-0,0061	2025	0,010559	4,73E-06	0,0872
505	0,003281	4,73E-06	-0,0055	2026	0,010563	4,73E-06	0,0871
506	0,003286	4,73E-06	-0,0048	2027	0,010568	4,73E-06	0,0870
507	0,003291	4,73E-06	-0,0042	2028	0,010573	4,73E-06	0,0869
508	0,003295	4,73E-06	-0,0035	2029	0,010578	4,73E-06	0,0868
509	0,0033	4,73E-06	-0,0029	2030	0,010582	4,73E-06	0,0866
510	0,003305	4,73E-06	-0,0022	2031	0,010587	4,73E-06	0,0865
511	0,00331	4,73E-06	-0,0016	2032	0,010592	4,73E-06	0,0864
512	0,003314	4,73E-06	-0,0009	2033	0,010597	4,73E-06	0,0863
513	0,003319	4,73E-06	-0,0003	2034	0,010601	9,47E-06	0,0862
514	0,003324	4,73E-06	0,0004	2035	0,010611	4,73E-06	0,0860
515	0,003329	4,73E-06	0,0010	2036	0,010616	4,73E-06	0,0859
516	0,003333	4,73E-06	0,0017	2037	0,01062	4,73E-06	0,0858
517	0,003338	4,73E-06	0,0023	2038	0,010625	4,73E-06	0,0857
518	0,003343	4,73E-06	0,0029	2039	0,01063	4,73E-06	0,0855
519	0,003348	4,73E-06	0,0035	2040	0,010634	4,73E-06	0,0854

520	0,003352	4,73E-06	0,0042	2041	0,010639	4,73E-06	0,0853
521	0,003357	4,73E-06	0,0048	2042	0,010644	4,73E-06	0,0852
522	0,003362	4,73E-06	0,0054	2043	0,010649	4,73E-06	0,0851
523	0,003366	4,73E-06	0,0060	2044	0,010653	4,73E-06	0,0850
524	0,003371	4,73E-06	0,0066	2045	0,010658	4,73E-06	0,0849
525	0,003376	4,73E-06	0,0073	2046	0,010663	4,73E-06	0,0848
526	0,003381	4,73E-06	0,0079	2047	0,010668	4,73E-06	0,0846
527	0,003385	4,73E-06	0,0085	2048	0,010672	4,73E-06	0,0845
528	0,00339	4,73E-06	0,0091	2049	0,010677	4,73E-06	0,0844
529	0,003395	9,47E-06	0,0098	2050	0,010682	4,73E-06	0,0843
530	0,003404	4,73E-06	0,0110	2051	0,010687	4,73E-06	0,0842
531	0,003409	4,73E-06	0,0116	2052	0,010691	4,73E-06	0,0841
532	0,003414	4,73E-06	0,0122	2053	0,010696	4,73E-06	0,0839
533	0,003419	9,47E-06	0,0129	2054	0,010701	4,73E-06	0,0838
534	0,003428	4,73E-06	0,0135	2055	0,010705	4,73E-06	0,0837
535	0,003433	4,73E-06	0,0141	2056	0,01071	4,73E-06	0,0836
536	0,003438	4,73E-06	0,0147	2057	0,010715	4,73E-06	0,0835
537	0,003442	4,73E-06	0,0153	2058	0,01072	4,73E-06	0,0834
538	0,003447	4,73E-06	0,0159	2059	0,010724	4,73E-06	0,0832
539	0,003452	4,73E-06	0,0166	2060	0,010729	4,73E-06	0,0831
540	0,003456	4,73E-06	0,0172	2061	0,010734	4,73E-06	0,0830
541	0,003461	4,73E-06	0,0178	2062	0,010739	4,73E-06	0,0829
542	0,003466	4,73E-06	0,0184	2063	0,010743	4,73E-06	0,0828
543	0,003471	4,73E-06	0,0190	2064	0,010748	4,73E-06	0,0826
544	0,003475	4,73E-06	0,0196	2065	0,010753	4,73E-06	0,0825
545	0,00348	4,73E-06	0,0202	2066	0,010758	4,73E-06	0,0824
546	0,003485	4,73E-06	0,0209	2067	0,010762	4,73E-06	0,0823
547	0,00349	4,73E-06	0,0215	2068	0,010767	4,73E-06	0,0822
548	0,003494	4,73E-06	0,0221	2069	0,010772	4,73E-06	0,0820
549	0,003499	4,73E-06	0,0227	2070	0,010777	4,73E-06	0,0819
550	0,003504	4,73E-06	0,0233	2071	0,010781	4,73E-06	0,0818

551	0,003509	4,73E-06	0,0239	2072	0,010786	4,73E-06	0,0817
552	0,003513	4,73E-06	0,0245	2073	0,010791	4,73E-06	0,0815
553	0,003518	4,73E-06	0,0252	2074	0,010795	4,73E-06	0,0814
554	0,003523	4,73E-06	0,0258	2075	0,0108	4,73E-06	0,0813
555	0,003527	4,73E-06	0,0264	2076	0,010805	4,73E-06	0,0812
556	0,003532	4,73E-06	0,0270	2077	0,01081	4,73E-06	0,0810
557	0,003537	4,73E-06	0,0276	2078	0,010814	4,73E-06	0,0809
558	0,003542	4,73E-06	0,0282	2079	0,010819	4,73E-06	0,0808
559	0,003546	4,73E-06	0,0288	2080	0,010824	4,73E-06	0,0806
560	0,003551	4,73E-06	0,0295	2081	0,010829	4,73E-06	0,0805
561	0,003556	4,73E-06	0,0301	2082	0,010833	4,73E-06	0,0804
562	0,003561	4,73E-06	0,0307	2083	0,010838	4,73E-06	0,0802
563	0,003565	4,73E-06	0,0313	2084	0,010843	4,73E-06	0,0801
564	0,00357	4,73E-06	0,0320	2085	0,010848	4,73E-06	0,0800
565	0,003575	4,73E-06	0,0326	2086	0,010852	4,73E-06	0,0798
566	0,00358	4,73E-06	0,0332	2087	0,010857	4,73E-06	0,0797
567	0,003584	4,73E-06	0,0338	2088	0,010862	4,73E-06	0,0796
568	0,003589	4,73E-06	0,0345	2089	0,010866	4,73E-06	0,0794
569	0,003594	4,73E-06	0,0351	2090	0,010871	4,73E-06	0,0793
570	0,003598	4,73E-06	0,0357	2091	0,010876	4,73E-06	0,0791
571	0,003603	4,73E-06	0,0364	2092	0,010881	4,73E-06	0,0790
572	0,003608	4,73E-06	0,0370	2093	0,010885	4,73E-06	0,0789
573	0,003613	4,73E-06	0,0377	2094	0,01089	4,73E-06	0,0787
574	0,003617	4,73E-06	0,0383	2095	0,010895	4,73E-06	0,0786
575	0,003622	4,73E-06	0,0390	2096	0,0109	4,73E-06	0,0784
576	0,003627	4,73E-06	0,0396	2097	0,010904	4,73E-06	0,0783
577	0,003632	4,73E-06	0,0403	2098	0,010909	4,73E-06	0,0781
578	0,003636	4,73E-06	0,0409	2099	0,010914	4,73E-06	0,0780
579	0,003641	4,73E-06	0,0416	2100	0,010919	4,73E-06	0,0778
580	0,003646	4,73E-06	0,0422	2101	0,010923	4,73E-06	0,0777
581	0,003651	4,73E-06	0,0429	2102	0,010928	4,73E-06	0,0775

582	0,003655	4,73E-06	0,0436	2103	0,010933	4,73E-06	0,0774
583	0,00366	4,73E-06	0,0443	2104	0,010937	4,73E-06	0,0773
584	0,003665	4,73E-06	0,0449	2105	0,010942	4,73E-06	0,0771
585	0,00367	4,73E-06	0,0456	2106	0,010947	4,73E-06	0,0770
586	0,003674	4,73E-06	0,0463	2107	0,010952	4,73E-06	0,0768
587	0,003679	4,73E-06	0,0470	2108	0,010956	4,73E-06	0,0766
588	0,003684	4,73E-06	0,0477	2109	0,010961	4,73E-06	0,0765
589	0,003688	4,73E-06	0,0484	2110	0,010966	4,73E-06	0,0763
590	0,003693	4,73E-06	0,0491	2111	0,010971	4,73E-06	0,0762
591	0,003698	9,47E-06	0,0498	2112	0,010975	4,73E-06	0,0760
592	0,003707	4,73E-06	0,0512	2113	0,01098	4,73E-06	0,0759
593	0,003712	4,73E-06	0,0519	2114	0,010985	4,73E-06	0,0757
594	0,003717	4,73E-06	0,0527	2115	0,01099	4,73E-06	0,0756
595	0,003722	4,73E-06	0,0534	2116	0,010994	4,73E-06	0,0754
596	0,003726	4,73E-06	0,0541	2117	0,010999	4,73E-06	0,0753
597	0,003731	4,73E-06	0,0549	2118	0,011004	1,42E-05	0,0751
598	0,003736	4,73E-06	0,0556	2119	0,011018	4,73E-06	0,0747
599	0,003741	4,73E-06	0,0563	2120	0,011023	4,73E-06	0,0745
600	0,003745	4,73E-06	0,0571	2121	0,011027	4,73E-06	0,0744
601	0,00375	4,73E-06	0,0578	2122	0,011032	4,73E-06	0,0742
602	0,003755	4,73E-06	0,0586	2123	0,011037	4,73E-06	0,0741
603	0,003759	4,73E-06	0,0593	2124	0,011042	4,73E-06	0,0739
604	0,003764	4,73E-06	0,0601	2125	0,011046	4,73E-06	0,0738
605	0,003769	4,73E-06	0,0608	2126	0,011051	4,73E-06	0,0736
606	0,003774	4,73E-06	0,0616	2127	0,011056	4,73E-06	0,0735
607	0,003778	4,73E-06	0,0624	2128	0,011061	4,73E-06	0,0733
608	0,003783	4,73E-06	0,0631	2129	0,011065	4,73E-06	0,0732
609	0,003788	4,73E-06	0,0639	2130	0,01107	4,73E-06	0,0730
610	0,003793	4,73E-06	0,0647	2131	0,011075	4,73E-06	0,0729
611	0,003797	4,73E-06	0,0654	2132	0,01108	4,73E-06	0,0727
612	0,003802	4,73E-06	0,0662	2133	0,011084	4,73E-06	0,0726

613	0,003807	4,73E-06	0,0670	2134	0,011089	4,73E-06	0,0724
614	0,003812	9,47E-06	0,0678	2135	0,011094	4,73E-06	0,0723
615	0,003821	4,73E-06	0,0693	2136	0,011098	4,73E-06	0,0721
616	0,003826	9,47E-06	0,0701	2137	0,011103	4,73E-06	0,0720
617	0,003835	4,73E-06	0,0717	2138	0,011108	4,73E-06	0,0718
618	0,00384	4,73E-06	0,0724	2139	0,011113	4,73E-06	0,0717
619	0,003845	4,73E-06	0,0732	2140	0,011117	4,73E-06	0,0715
620	0,003849	4,73E-06	0,0740	2141	0,011122	4,73E-06	0,0714
621	0,003854	4,73E-06	0,0748	2142	0,011127	4,73E-06	0,0712
622	0,003859	4,73E-06	0,0756	2143	0,011132	4,73E-06	0,0711
623	0,003864	4,73E-06	0,0764	2144	0,011136	4,73E-06	0,0709
624	0,003868	4,73E-06	0,0771	2145	0,011141	4,73E-06	0,0708
625	0,003873	4,73E-06	0,0779	2146	0,011146	4,73E-06	0,0706
626	0,003878	4,73E-06	0,0787	2147	0,011151	4,73E-06	0,0705
627	0,003883	4,73E-06	0,0795	2148	0,011155	4,73E-06	0,0703
628	0,003887	4,73E-06	0,0802	2149	0,01116	4,73E-06	0,0702
629	0,003892	4,73E-06	0,0810	2150	0,011165	4,73E-06	0,0701
630	0,003897	4,73E-06	0,0818	2151	0,01117	4,73E-06	0,0699
631	0,003902	4,73E-06	0,0826	2152	0,011174	4,73E-06	0,0698
632	0,003906	4,73E-06	0,0833	2153	0,011179	4,73E-06	0,0696
633	0,003911	4,73E-06	0,0841	2154	0,011184	4,73E-06	0,0695
634	0,003916	4,73E-06	0,0849	2155	0,011188	4,73E-06	0,0693
635	0,00392	4,73E-06	0,0856	2156	0,011193	4,73E-06	0,0692
636	0,003925	4,73E-06	0,0864	2157	0,011198	4,73E-06	0,0690
637	0,00393	4,73E-06	0,0871	2158	0,011203	4,73E-06	0,0689
638	0,003935	4,73E-06	0,0879	2159	0,011207	4,73E-06	0,0688
639	0,003939	4,73E-06	0,0886	2160	0,011212	4,73E-06	0,0686
640	0,003944	4,73E-06	0,0894	2161	0,011217	4,73E-06	0,0685
641	0,003949	4,73E-06	0,0901	2162	0,011222	4,73E-06	0,0683
642	0,003954	4,73E-06	0,0909	2163	0,011226	4,73E-06	0,0682
643	0,003958	4,73E-06	0,0916	2164	0,011231	4,73E-06	0,0680

644	0,003963	4,73E-06	0,0923	2165	0,011236	4,73E-06	0,0679
645	0,003968	4,73E-06	0,0930	2166	0,011241	4,73E-06	0,0678
646	0,003973	4,73E-06	0,0937	2167	0,011245	4,73E-06	0,0676
647	0,003977	4,73E-06	0,0944	2168	0,01125	4,73E-06	0,0675
648	0,003982	4,73E-06	0,0951	2169	0,011255	4,73E-06	0,0673
649	0,003987	4,73E-06	0,0958	2170	0,011259	4,73E-06	0,0672
650	0,003991	4,73E-06	0,0965	2171	0,011264	4,73E-06	0,0671
651	0,003996	4,73E-06	0,0972	2172	0,011269	4,73E-06	0,0669
652	0,004001	4,73E-06	0,0979	2173	0,011274	4,73E-06	0,0668
653	0,004006	4,73E-06	0,0986	2174	0,011278	4,73E-06	0,0666
654	0,00401	4,73E-06	0,0992	2175	0,011283	4,73E-06	0,0665
655	0,004015	4,73E-06	0,0999	2176	0,011288	4,73E-06	0,0664
656	0,00402	4,73E-06	0,1005	2177	0,011293	4,73E-06	0,0662
657	0,004025	4,73E-06	0,1012	2178	0,011297	4,73E-06	0,0661
658	0,004029	4,73E-06	0,1018	2179	0,011302	9,47E-06	0,0660
659	0,004034	4,73E-06	0,1024	2180	0,011312	4,73E-06	0,0657
660	0,004039	4,73E-06	0,1030	2181	0,011316	4,73E-06	0,0655
661	0,004044	4,73E-06	0,1036	2182	0,011321	4,73E-06	0,0654
662	0,004048	4,73E-06	0,1042	2183	0,011326	4,73E-06	0,0653
663	0,004053	4,73E-06	0,1048	2184	0,01133	4,73E-06	0,0651
664	0,004058	4,73E-06	0,1054	2185	0,011335	4,73E-06	0,0650
665	0,004063	4,73E-06	0,1060	2186	0,01134	4,73E-06	0,0649
666	0,004067	4,73E-06	0,1065	2187	0,011345	4,73E-06	0,0647
667	0,004072	4,73E-06	0,1071	2188	0,011349	4,73E-06	0,0646
668	0,004077	4,73E-06	0,1076	2189	0,011354	4,73E-06	0,0645
669	0,004081	4,73E-06	0,1081	2190	0,011359	4,73E-06	0,0643
670	0,004086	4,73E-06	0,1087	2191	0,011364	4,73E-06	0,0642
671	0,004091	4,73E-06	0,1092	2192	0,011368	4,73E-06	0,0641
672	0,004096	4,73E-06	0,1097	2193	0,011373	4,73E-06	0,0639
673	0,0041	4,73E-06	0,1101	2194	0,011378	4,73E-06	0,0638
674	0,004105	4,73E-06	0,1106	2195	0,011383	4,73E-06	0,0637

675	0,00411	4,73E-06	0,1111	2196	0,011387	4,73E-06	0,0636
676	0,004115	4,73E-06	0,1115	2197	0,011392	4,73E-06	0,0634
677	0,004119	4,73E-06	0,1119	2198	0,011397	4,73E-06	0,0633
678	0,004124	4,73E-06	0,1124	2199	0,011402	4,73E-06	0,0632
679	0,004129	4,73E-06	0,1128	2200	0,011406	4,73E-06	0,0630
680	0,004134	4,73E-06	0,1132	2201	0,011411	4,73E-06	0,0629
681	0,004138	4,73E-06	0,1135	2202	0,011416	4,73E-06	0,0628
682	0,004143	4,73E-06	0,1139	2203	0,01142	4,73E-06	0,0627
683	0,004148	4,73E-06	0,1143	2204	0,011425	4,73E-06	0,0625
684	0,004152	4,73E-06	0,1146	2205	0,01143	4,73E-06	0,0624
685	0,004157	4,73E-06	0,1149	2206	0,011435	4,73E-06	0,0623
686	0,004162	4,73E-06	0,1152	2207	0,011439	4,73E-06	0,0621
687	0,004167	4,73E-06	0,1155	2208	0,011444	4,73E-06	0,0620
688	0,004171	4,73E-06	0,1158	2209	0,011449	4,73E-06	0,0619
689	0,004176	4,73E-06	0,1161	2210	0,011454	4,73E-06	0,0618
690	0,004181	4,73E-06	0,1163	2211	0,011458	4,73E-06	0,0616
691	0,004186	4,73E-06	0,1166	2212	0,011463	4,73E-06	0,0615
692	0,00419	4,73E-06	0,1168	2213	0,011468	4,73E-06	0,0614
693	0,004195	4,73E-06	0,1170	2214	0,011473	4,73E-06	0,0613
694	0,0042	4,73E-06	0,1172	2215	0,011477	4,73E-06	0,0611
695	0,004205	4,73E-06	0,1174	2216	0,011482	4,73E-06	0,0610
696	0,004209	4,73E-06	0,1175	2217	0,011487	4,73E-06	0,0609
697	0,004214	4,73E-06	0,1177	2218	0,011491	4,73E-06	0,0608
698	0,004219	4,73E-06	0,1178	2219	0,011496	4,73E-06	0,0606
699	0,004223	4,73E-06	0,1179	2220	0,011501	4,73E-06	0,0605
700	0,004228	9,47E-06	0,1180	2221	0,011506	4,73E-06	0,0604
701	0,004238	4,73E-06	0,1182	2222	0,01151	4,73E-06	0,0603
702	0,004242	4,73E-06	0,1182	2223	0,011515	4,73E-06	0,0601
703	0,004247	4,73E-06	0,1183	2224	0,01152	4,73E-06	0,0600
704	0,004252	4,73E-06	0,1183	2225	0,011525	4,73E-06	0,0599
705	0,004257	9,47E-06	0,1183	2226	0,011529	4,73E-06	0,0598

706	0,004266	4,73E-06	0,1183	2227	0,011534	4,73E-06	0,0596
707	0,004271	4,73E-06	0,1183	2228	0,011539	4,73E-06	0,0595
708	0,004276	4,73E-06	0,1182	2229	0,011544	4,73E-06	0,0594
709	0,00428	4,73E-06	0,1182	2230	0,011548	4,73E-06	0,0593
710	0,004285	4,73E-06	0,1181	2231	0,011553	4,73E-06	0,0591
711	0,00429	4,73E-06	0,1180	2232	0,011558	4,73E-06	0,0590
712	0,004295	4,73E-06	0,1179	2233	0,011562	4,73E-06	0,0589
713	0,004299	4,73E-06	0,1178	2234	0,011567	4,73E-06	0,0588
714	0,004304	4,73E-06	0,1176	2235	0,011572	4,73E-06	0,0586
715	0,004309	4,73E-06	0,1175	2236	0,011577	4,73E-06	0,0585
716	0,004313	4,73E-06	0,1173	2237	0,011581	4,73E-06	0,0584
717	0,004318	4,73E-06	0,1172	2238	0,011586	4,73E-06	0,0582
718	0,004323	4,73E-06	0,1170	2239	0,011591	4,73E-06	0,0581
719	0,004328	4,73E-06	0,1168	2240	0,011596	4,73E-06	0,0580
720	0,004332	4,73E-06	0,1166	2241	0,0116	4,73E-06	0,0579
721	0,004337	4,73E-06	0,1164	2242	0,011605	4,73E-06	0,0577
722	0,004342	4,73E-06	0,1161	2243	0,01161	4,73E-06	0,0576
723	0,004347	4,73E-06	0,1159	2244	0,011615	4,73E-06	0,0575
724	0,004351	4,73E-06	0,1156	2245	0,011619	4,73E-06	0,0574
725	0,004356	4,73E-06	0,1154	2246	0,011624	4,73E-06	0,0572
726	0,004361	4,73E-06	0,1151	2247	0,011629	4,73E-06	0,0571
727	0,004366	4,73E-06	0,1148	2248	0,011634	4,73E-06	0,0570
728	0,00437	4,73E-06	0,1145	2249	0,011638	4,73E-06	0,0569
729	0,004375	4,73E-06	0,1142	2250	0,011643	4,73E-06	0,0567
730	0,00438	4,73E-06	0,1139	2251	0,011648	4,73E-06	0,0566
731	0,004384	4,73E-06	0,1136	2252	0,011652	4,73E-06	0,0565
732	0,004389	4,73E-06	0,1133	2253	0,011657	4,73E-06	0,0564
733	0,004394	4,73E-06	0,1129	2254	0,011662	4,73E-06	0,0562
734	0,004399	4,73E-06	0,1126	2255	0,011667	4,73E-06	0,0561
735	0,004403	4,73E-06	0,1122	2256	0,011671	4,73E-06	0,0560
736	0,004408	4,73E-06	0,1119	2257	0,011676	4,73E-06	0,0559

737	0,004413	4,73E-06	0,1115	2258	0,011681	4,73E-06	0,0557
738	0,004418	4,73E-06	0,1111	2259	0,011686	4,73E-06	0,0556
739	0,004422	4,73E-06	0,1107	2260	0,01169	4,73E-06	0,0555
740	0,004427	4,73E-06	0,1104	2261	0,011695	4,73E-06	0,0554
741	0,004432	4,73E-06	0,1100	2262	0,0117	4,73E-06	0,0553
742	0,004437	4,73E-06	0,1096	2263	0,011705	4,73E-06	0,0551
743	0,004441	4,73E-06	0,1092	2264	0,011709	4,73E-06	0,0550
744	0,004446	4,73E-06	0,1088	2265	0,011714	4,73E-06	0,0549
745	0,004451	4,73E-06	0,1084	2266	0,011719	4,73E-06	0,0548
746	0,004455	4,73E-06	0,1079	2267	0,011723	4,73E-06	0,0546
747	0,00446	4,73E-06	0,1075	2268	0,011728	4,73E-06	0,0545
748	0,004465	4,73E-06	0,1071	2269	0,011733	4,73E-06	0,0544
749	0,00447	4,73E-06	0,1067	2270	0,011738	4,73E-06	0,0543
750	0,004474	4,73E-06	0,1063	2271	0,011742	4,73E-06	0,0541
751	0,004479	4,73E-06	0,1058	2272	0,011747	4,73E-06	0,0540
752	0,004484	4,73E-06	0,1054	2273	0,011752	4,73E-06	0,0539
753	0,004489	4,73E-06	0,1050	2274	0,011757	4,73E-06	0,0538
754	0,004493	4,73E-06	0,1045	2275	0,011761	4,73E-06	0,0536
755	0,004498	4,73E-06	0,1041	2276	0,011766	4,73E-06	0,0535
756	0,004503	4,73E-06	0,1037	2277	0,011771	4,73E-06	0,0534
757	0,004508	4,73E-06	0,1032	2278	0,011776	4,73E-06	0,0533
758	0,004512	4,73E-06	0,1028	2279	0,01178	4,73E-06	0,0531
759	0,004517	4,73E-06	0,1023	2280	0,011785	4,73E-06	0,0530
760	0,004522	4,73E-06	0,1019	2281	0,01179	4,73E-06	0,0529
761	0,004527	4,73E-06	0,1015	2282	0,011795	4,73E-06	0,0528
762	0,004531	4,73E-06	0,1010	2283	0,011799	4,73E-06	0,0526
763	0,004536	4,73E-06	0,1006	2284	0,011804	4,73E-06	0,0525
764	0,004541	4,73E-06	0,1002	2285	0,011809	4,73E-06	0,0524
765	0,004545	4,73E-06	0,0997	2286	0,011813	4,73E-06	0,0522
766	0,00455	4,73E-06	0,0993	2287	0,011818	4,73E-06	0,0521
767	0,004555	4,73E-06	0,0989	2288	0,011823	4,73E-06	0,0520

768	0,00456	4,73E-06	0,0985	2289	0,011828	4,73E-06	0,0519
769	0,004564	4,73E-06	0,0981	2290	0,011832	4,73E-06	0,0517
770	0,004569	4,73E-06	0,0976	2291	0,011837	4,73E-06	0,0516
771	0,004574	4,73E-06	0,0972	2292	0,011842	4,73E-06	0,0515
772	0,004579	4,73E-06	0,0968	2293	0,011847	4,73E-06	0,0513
773	0,004583	4,73E-06	0,0964	2294	0,011851	4,73E-06	0,0512
774	0,004588	4,73E-06	0,0960	2295	0,011856	4,73E-06	0,0511
775	0,004593	4,73E-06	0,0956	2296	0,011861	4,73E-06	0,0510
776	0,004598	4,73E-06	0,0953	2297	0,011866	4,73E-06	0,0508
777	0,004602	4,73E-06	0,0949	2298	0,01187	4,73E-06	0,0507
778	0,004607	4,73E-06	0,0945	2299	0,011875	4,73E-06	0,0506
779	0,004612	4,73E-06	0,0942	2300	0,01188	4,73E-06	0,0504
780	0,004616	4,73E-06	0,0938	2301	0,011884	4,73E-06	0,0503
781	0,004621	4,73E-06	0,0935	2302	0,011889	4,73E-06	0,0502
782	0,004626	4,73E-06	0,0931	2303	0,011894	4,73E-06	0,0500
783	0,004631	4,73E-06	0,0928	2304	0,011899	4,73E-06	0,0499
784	0,004635	4,73E-06	0,0925	2305	0,011903	4,73E-06	0,0498
785	0,00464	4,73E-06	0,0921	2306	0,011908	9,47E-06	0,0497
786	0,004645	4,73E-06	0,0918	2307	0,011918	4,73E-06	0,0495
787	0,00465	4,73E-06	0,0915	2308	0,011922	4,73E-06	0,0494
788	0,004654	4,73E-06	0,0912	2309	0,011927	4,73E-06	0,0493
789	0,004659	4,73E-06	0,0910	2310	0,011932	4,73E-06	0,0492
790	0,004664	4,73E-06	0,0907	2311	0,011937	4,73E-06	0,0490
791	0,004669	4,73E-06	0,0904	2312	0,011941	4,73E-06	0,0489
792	0,004673	4,73E-06	0,0902	2313	0,011946	4,73E-06	0,0488
793	0,004678	4,73E-06	0,0899	2314	0,011951	4,73E-06	0,0486
794	0,004683	4,73E-06	0,0897	2315	0,011955	4,73E-06	0,0485
795	0,004688	4,73E-06	0,0895	2316	0,01196	4,73E-06	0,0484
796	0,004692	4,73E-06	0,0892	2317	0,011965	4,73E-06	0,0483
797	0,004697	4,73E-06	0,0890	2318	0,01197	4,73E-06	0,0481
798	0,004702	4,73E-06	0,0888	2319	0,011974	4,73E-06	0,0480

799	0,004706	4,73E-06	0,0886	2320	0,011979	4,73E-06	0,0479
800	0,004711	4,73E-06	0,0885	2321	0,011984	4,73E-06	0,0478
801	0,004716	4,73E-06	0,0883	2322	0,011989	4,73E-06	0,0477
802	0,004721	4,73E-06	0,0881	2323	0,011993	4,73E-06	0,0475
803	0,004725	4,73E-06	0,0880	2324	0,011998	4,73E-06	0,0474
804	0,00473	4,73E-06	0,0878	2325	0,012003	4,73E-06	0,0473
805	0,004735	4,73E-06	0,0877	2326	0,012008	4,73E-06	0,0472
806	0,00474	4,73E-06	0,0876	2327	0,012012	4,73E-06	0,0470
807	0,004744	4,73E-06	0,0875	2328	0,012017	4,73E-06	0,0469
808	0,004749	4,73E-06	0,0874	2329	0,012022	4,73E-06	0,0468
809	0,004754	4,73E-06	0,0873	2330	0,012027	4,73E-06	0,0467
810	0,004759	4,73E-06	0,0872	2331	0,012031	4,73E-06	0,0466
811	0,004763	4,73E-06	0,0871	2332	0,012036	4,73E-06	0,0464
812	0,004768	4,73E-06	0,0870	2333	0,012041	4,73E-06	0,0463
813	0,004773	4,73E-06	0,0870	2334	0,012045	4,73E-06	0,0462
814	0,004777	4,73E-06	0,0869	2335	0,01205	4,73E-06	0,0461
815	0,004782	4,73E-06	0,0868	2336	0,012055	4,73E-06	0,0460
816	0,004787	4,73E-06	0,0868	2337	0,01206	4,73E-06	0,0458
817	0,004792	4,73E-06	0,0868	2338	0,012064	4,73E-06	0,0457
818	0,004796	4,73E-06	0,0867	2339	0,012069	4,73E-06	0,0456
819	0,004801	4,73E-06	0,0867	2340	0,012074	4,73E-06	0,0455
820	0,004806	4,73E-06	0,0867	2341	0,012079	4,73E-06	0,0454
821	0,004811	9,47E-06	0,0867	2342	0,012083	4,73E-06	0,0452
822	0,00482	4,73E-06	0,0866	2343	0,012088	4,73E-06	0,0451
823	0,004825	4,73E-06	0,0866	2344	0,012093	4,73E-06	0,0450
824	0,00483	4,73E-06	0,0866	2345	0,012098	4,73E-06	0,0449
825	0,004834	4,73E-06	0,0866	2346	0,012102	4,73E-06	0,0448
826	0,004839	4,73E-06	0,0866	2347	0,012107	4,73E-06	0,0447
827	0,004844	4,73E-06	0,0866	2348	0,012112	4,73E-06	0,0445
828	0,004848	4,73E-06	0,0866	2349	0,012116	4,73E-06	0,0444
829	0,004853	4,73E-06	0,0866	2350	0,012121	4,73E-06	0,0443

830	0,004858	4,73E-06	0,0866	2351	0,012126	4,73E-06	0,0442
831	0,004863	4,73E-06	0,0866	2352	0,012131	4,73E-06	0,0441
832	0,004867	4,73E-06	0,0866	2353	0,012135	4,73E-06	0,0440
833	0,004872	4,73E-06	0,0867	2354	0,01214	4,73E-06	0,0439
834	0,004877	4,73E-06	0,0867	2355	0,012145	4,73E-06	0,0437
835	0,004882	4,73E-06	0,0867	2356	0,01215	4,73E-06	0,0436
836	0,004886	4,73E-06	0,0867	2357	0,012154	4,73E-06	0,0435
837	0,004891	4,73E-06	0,0867	2358	0,012159	4,73E-06	0,0434
838	0,004896	4,73E-06	0,0867	2359	0,012164	4,73E-06	0,0433
839	0,004901	4,73E-06	0,0867	2360	0,012169	4,73E-06	0,0432
840	0,004905	4,73E-06	0,0867	2361	0,012173	4,73E-06	0,0431
841	0,00491	4,73E-06	0,0867	2362	0,012178	4,73E-06	0,0430
842	0,004915	4,73E-06	0,0867	2363	0,012183	4,73E-06	0,0429
843	0,00492	4,73E-06	0,0867	2364	0,012187	9,47E-06	0,0427
844	0,004924	4,73E-06	0,0866	2365	0,012197	4,73E-06	0,0425
845	0,004929	4,73E-06	0,0866	2366	0,012202	4,73E-06	0,0424
846	0,004934	4,73E-06	0,0866	2367	0,012206	4,73E-06	0,0423
847	0,004938	4,73E-06	0,0866	2368	0,012211	4,73E-06	0,0422
848	0,004943	4,73E-06	0,0865	2369	0,012216	4,73E-06	0,0421
849	0,004948	4,73E-06	0,0865	2370	0,012221	4,73E-06	0,0420
850	0,004953	4,73E-06	0,0864	2371	0,012225	4,73E-06	0,0419
851	0,004957	4,73E-06	0,0864	2372	0,01223	4,73E-06	0,0418
852	0,004962	4,73E-06	0,0863	2373	0,012235	4,73E-06	0,0417
853	0,004967	4,73E-06	0,0863	2374	0,01224	4,73E-06	0,0416
854	0,004972	4,73E-06	0,0862	2375	0,012244	4,73E-06	0,0415
855	0,004976	4,73E-06	0,0861	2376	0,012249	4,73E-06	0,0414
856	0,004981	4,73E-06	0,0860	2377	0,012254	4,73E-06	0,0413
857	0,004986	4,73E-06	0,0860	2378	0,012259	4,73E-06	0,0412
858	0,004991	4,73E-06	0,0859	2379	0,012263	4,73E-06	0,0411
859	0,004995	4,73E-06	0,0858	2380	0,012268	4,73E-06	0,0410
860	0,005	4,73E-06	0,0856	2381	0,012273	4,73E-06	0,0409

861	0,005005	4,73E-06	0,0855	2382	0,012277	4,73E-06	0,0408
862	0,005009	4,73E-06	0,0854	2383	0,012282	4,73E-06	0,0407
863	0,005014	4,73E-06	0,0852	2384	0,012287	4,73E-06	0,0406
864	0,005019	4,73E-06	0,0851	2385	0,012292	4,73E-06	0,0405
865	0,005024	4,73E-06	0,0849	2386	0,012296	4,73E-06	0,0404
866	0,005028	4,73E-06	0,0848	2387	0,012301	4,73E-06	0,0403
867	0,005033	4,73E-06	0,0846	2388	0,012306	4,73E-06	0,0402
868	0,005038	4,73E-06	0,0844	2389	0,012311	4,73E-06	0,0401
869	0,005043	4,73E-06	0,0842	2390	0,012315	4,73E-06	0,0400
870	0,005047	4,73E-06	0,0840	2391	0,01232	4,73E-06	0,0399
871	0,005052	4,73E-06	0,0838	2392	0,012325	4,73E-06	0,0398
872	0,005057	4,73E-06	0,0836	2393	0,01233	4,73E-06	0,0397
873	0,005062	4,73E-06	0,0834	2394	0,012334	4,73E-06	0,0396
874	0,005066	4,73E-06	0,0831	2395	0,012339	4,73E-06	0,0395
875	0,005071	4,73E-06	0,0829	2396	0,012344	4,73E-06	0,0393
876	0,005076	4,73E-06	0,0826	2397	0,012348	4,73E-06	0,0392
877	0,00508	4,73E-06	0,0823	2398	0,012353	4,73E-06	0,0391
878	0,005085	4,73E-06	0,0820	2399	0,012358	4,73E-06	0,0390
879	0,00509	4,73E-06	0,0817	2400	0,012363	4,73E-06	0,0389
880	0,005095	4,73E-06	0,0814	2401	0,012367	4,73E-06	0,0388
881	0,005099	4,73E-06	0,0811	2402	0,012372	4,73E-06	0,0387
882	0,005104	4,73E-06	0,0808	2403	0,012377	4,73E-06	0,0386
883	0,005109	4,73E-06	0,0805	2404	0,012382	4,73E-06	0,0385
884	0,005114	9,47E-06	0,0801	2405	0,012386	4,73E-06	0,0384
885	0,005123	4,73E-06	0,0794	2406	0,012391	4,73E-06	0,0383
886	0,005128	4,73E-06	0,0790	2407	0,012396	4,73E-06	0,0382
887	0,005133	4,73E-06	0,0786	2408	0,012401	4,73E-06	0,0381
888	0,005137	4,73E-06	0,0782	2409	0,012405	4,73E-06	0,0380
889	0,005142	4,73E-06	0,0778	2410	0,01241	4,73E-06	0,0378
890	0,005147	4,73E-06	0,0774	2411	0,012415	4,73E-06	0,0377
891	0,005152	4,73E-06	0,0770	2412	0,01242	4,73E-06	0,0376

892	0,005156	4,73E-06	0,0766	2413	0,012424	4,73E-06	0,0375
893	0,005161	4,73E-06	0,0761	2414	0,012429	4,73E-06	0,0374
894	0,005166	4,73E-06	0,0757	2415	0,012434	4,73E-06	0,0373
895	0,00517	4,73E-06	0,0752	2416	0,012438	4,73E-06	0,0372
896	0,005175	4,73E-06	0,0748	2417	0,012443	4,73E-06	0,0371
897	0,00518	4,73E-06	0,0743	2418	0,012448	4,73E-06	0,0370
898	0,005185	4,73E-06	0,0738	2419	0,012453	4,73E-06	0,0369
899	0,005189	4,73E-06	0,0733	2420	0,012457	4,73E-06	0,0368
900	0,005194	4,73E-06	0,0728	2421	0,012462	4,73E-06	0,0366
901	0,005199	4,73E-06	0,0723	2422	0,012467	4,73E-06	0,0365
902	0,005204	4,73E-06	0,0718	2423	0,012472	4,73E-06	0,0364
903	0,005208	4,73E-06	0,0713	2424	0,012476	4,73E-06	0,0363
904	0,005213	4,73E-06	0,0707	2425	0,012481	4,73E-06	0,0362
905	0,005218	4,73E-06	0,0702	2426	0,012486	4,73E-06	0,0361
906	0,005223	4,73E-06	0,0697	2427	0,012491	4,73E-06	0,0360
907	0,005227	4,73E-06	0,0691	2428	0,012495	4,73E-06	0,0359
908	0,005232	4,73E-06	0,0686	2429	0,0125	4,73E-06	0,0358
909	0,005237	4,73E-06	0,0680	2430	0,012505	4,73E-06	0,0357
910	0,005241	4,73E-06	0,0675	2431	0,012509	4,73E-06	0,0356
911	0,005246	4,73E-06	0,0669	2432	0,012514	4,73E-06	0,0355
912	0,005251	4,73E-06	0,0663	2433	0,012519	4,73E-06	0,0354
913	0,005256	4,73E-06	0,0658	2434	0,012524	4,73E-06	0,0353
914	0,00526	4,73E-06	0,0652	2435	0,012528	4,73E-06	0,0352
915	0,005265	4,73E-06	0,0646	2436	0,012533	4,73E-06	0,0351
916	0,00527	4,73E-06	0,0640	2437	0,012538	4,73E-06	0,0350
917	0,005275	4,73E-06	0,0634	2438	0,012543	4,73E-06	0,0349
918	0,005279	4,73E-06	0,0629	2439	0,012547	4,73E-06	0,0348
919	0,005284	4,73E-06	0,0623	2440	0,012552	4,73E-06	0,0347
920	0,005289	4,73E-06	0,0617	2441	0,012557	4,73E-06	0,0346
921	0,005294	4,73E-06	0,0611	2442	0,012562	4,73E-06	0,0345
922	0,005298	4,73E-06	0,0605	2443	0,012566	4,73E-06	0,0344

923	0,005303	4,73E-06	0,0599	2444	0,012571	4,73E-06	0,0343
924	0,005308	4,73E-06	0,0594	2445	0,012576	4,73E-06	0,0342
925	0,005313	4,73E-06	0,0588	2446	0,01258	4,73E-06	0,0341
926	0,005317	4,73E-06	0,0582	2447	0,012585	4,73E-06	0,0340
927	0,005322	4,73E-06	0,0576	2448	0,01259	4,73E-06	0,0339
928	0,005327	4,73E-06	0,0570	2449	0,012595	4,73E-06	0,0338
929	0,005331	4,73E-06	0,0565	2450	0,012599	4,73E-06	0,0337
930	0,005336	4,73E-06	0,0559	2451	0,012604	4,73E-06	0,0336
931	0,005341	4,73E-06	0,0553	2452	0,012609	4,73E-06	0,0335
932	0,005346	4,73E-06	0,0548	2453	0,012614	4,73E-06	0,0335
933	0,00535	4,73E-06	0,0542	2454	0,012618	4,73E-06	0,0334
934	0,005355	4,73E-06	0,0536	2455	0,012623	4,73E-06	0,0333
935	0,00536	4,73E-06	0,0531	2456	0,012628	4,73E-06	0,0332
936	0,005365	4,73E-06	0,0525	2457	0,012633	4,73E-06	0,0331
937	0,005369	4,73E-06	0,0520	2458	0,012637	4,73E-06	0,0330
938	0,005374	4,73E-06	0,0514	2459	0,012642	4,73E-06	0,0329
939	0,005379	4,73E-06	0,0509	2460	0,012647	4,73E-06	0,0328
940	0,005384	4,73E-06	0,0504	2461	0,012652	4,73E-06	0,0327
941	0,005388	4,73E-06	0,0498	2462	0,012656	4,73E-06	0,0327
942	0,005393	4,73E-06	0,0493	2463	0,012661	4,73E-06	0,0326
943	0,005398	4,73E-06	0,0488	2464	0,012666	4,73E-06	0,0325
944	0,005402	4,73E-06	0,0483	2465	0,01267	4,73E-06	0,0324
945	0,005407	4,73E-06	0,0478	2466	0,012675	4,73E-06	0,0323
946	0,005412	4,73E-06	0,0473	2467	0,01268	4,73E-06	0,0322
947	0,005417	4,73E-06	0,0468	2468	0,012685	4,73E-06	0,0321
948	0,005421	4,73E-06	0,0463	2469	0,012689	4,73E-06	0,0320
949	0,005426	4,73E-06	0,0458	2470	0,012694	4,73E-06	0,0320
950	0,005431	4,73E-06	0,0453	2471	0,012699	4,73E-06	0,0319
951	0,005436	4,73E-06	0,0448	2472	0,012704	4,73E-06	0,0318
952	0,00544	4,73E-06	0,0443	2473	0,012708	4,73E-06	0,0317
953	0,005445	4,73E-06	0,0439	2474	0,012713	4,73E-06	0,0316

954	0,00545	4,73E-06	0,0434	2475	0,012718	4,73E-06	0,0315
955	0,005455	4,73E-06	0,0430	2476	0,012723	4,73E-06	0,0314
956	0,005459	4,73E-06	0,0425	2477	0,012727	4,73E-06	0,0314
957	0,005464	4,73E-06	0,0421	2478	0,012732	4,73E-06	0,0313
958	0,005469	4,73E-06	0,0416	2479	0,012737	4,73E-06	0,0312
959	0,005473	4,73E-06	0,0412	2480	0,012741	4,73E-06	0,0311
960	0,005478	4,73E-06	0,0408	2481	0,012746	4,73E-06	0,0310
961	0,005483	4,73E-06	0,0404	2482	0,012751	4,73E-06	0,0309
962	0,005488	4,73E-06	0,0399	2483	0,012756	4,73E-06	0,0308
963	0,005492	4,73E-06	0,0395	2484	0,01276	4,73E-06	0,0308
964	0,005497	4,73E-06	0,0391	2485	0,012765	4,73E-06	0,0307
965	0,005502	4,73E-06	0,0387	2486	0,01277	4,73E-06	0,0306
966	0,005507	4,73E-06	0,0383	2487	0,012775	4,73E-06	0,0305
967	0,005511	4,73E-06	0,0379	2488	0,012779	4,73E-06	0,0304
968	0,005516	4,73E-06	0,0376	2489	0,012784	4,73E-06	0,0303
969	0,005521	4,73E-06	0,0372	2490	0,012789	4,73E-06	0,0303
970	0,005526	4,73E-06	0,0368	2491	0,012794	4,73E-06	0,0302
971	0,00553	4,73E-06	0,0364	2492	0,012798	4,73E-06	0,0301
972	0,005535	4,73E-06	0,0361	2493	0,012803	4,73E-06	0,0300
973	0,00554	4,73E-06	0,0357	2494	0,012808	4,73E-06	0,0299
974	0,005545	4,73E-06	0,0353	2495	0,012812	4,73E-06	0,0298
975	0,005549	4,73E-06	0,0350	2496	0,012817	4,73E-06	0,0298
976	0,005554	4,73E-06	0,0346	2497	0,012822	4,73E-06	0,0297
977	0,005559	4,73E-06	0,0343	2498	0,012827	4,73E-06	0,0296
978	0,005563	4,73E-06	0,0340	2499	0,012831	4,73E-06	0,0295
979	0,005568	4,73E-06	0,0336	2500	0,012836	4,73E-06	0,0295
980	0,005573	4,73E-06	0,0333	2501	0,012841	4,73E-06	0,0294
981	0,005578	4,73E-06	0,0329	2502	0,012846	4,73E-06	0,0293
982	0,005582	4,73E-06	0,0326	2503	0,01285	4,73E-06	0,0292
983	0,005587	4,73E-06	0,0323	2504	0,012855	4,73E-06	0,0292
984	0,005592	4,73E-06	0,0320	2505	0,01286	4,73E-06	0,0291

985	0,005597	4,73E-06	0,0316	2506	0,012865	4,73E-06	0,0290
986	0,005601	4,73E-06	0,0313	2507	0,012869	4,73E-06	0,0290
987	0,005606	4,73E-06	0,0310	2508	0,012874	4,73E-06	0,0289
988	0,005611	4,73E-06	0,0307	2509	0,012879	4,73E-06	0,0288
989	0,005616	4,73E-06	0,0304	2510	0,012884	4,73E-06	0,0288
990	0,00562	4,73E-06	0,0301	2511	0,012888	4,73E-06	0,0287
991	0,005625	4,73E-06	0,0298	2512	0,012893	4,73E-06	0,0286
992	0,00563	4,73E-06	0,0295	2513	0,012898	4,73E-06	0,0286
993	0,005634	4,73E-06	0,0292	2514	0,012902	4,73E-06	0,0285
994	0,005639	4,73E-06	0,0289	2515	0,012907	4,73E-06	0,0284
995	0,005644	4,73E-06	0,0286	2516	0,012912	4,73E-06	0,0284
996	0,005649	4,73E-06	0,0283	2517	0,012917	4,73E-06	0,0283
997	0,005653	4,73E-06	0,0280	2518	0,012921	4,73E-06	0,0282
998	0,005658	4,73E-06	0,0277	2519	0,012926	4,73E-06	0,0282
999	0,005663	4,73E-06	0,0274	2520	0,012931	4,73E-06	0,0281
1000	0,005668	4,73E-06	0,0271	2521	0,012936	4,73E-06	0,0281
1001	0,005672	4,73E-06	0,0269	2522	0,01294	4,73E-06	0,0280
1002	0,005677	4,73E-06	0,0266	2523	0,012945	4,73E-06	0,0279
1003	0,005682	4,73E-06	0,0263	2524	0,01295	4,73E-06	0,0279
1004	0,005687	9,47E-06	0,0260	2525	0,012955	4,73E-06	0,0278
1005	0,005696	4,73E-06	0,0255	2526	0,012959	4,73E-06	0,0278
1006	0,005701	4,73E-06	0,0252	2527	0,012964	4,73E-06	0,0277
1007	0,005705	4,73E-06	0,0249	2528	0,012969	4,73E-06	0,0277
1008	0,00571	4,73E-06	0,0247	2529	0,012973	4,73E-06	0,0276
1009	0,005715	4,73E-06	0,0244	2530	0,012978	4,73E-06	0,0275
1010	0,00572	4,73E-06	0,0241	2531	0,012983	4,73E-06	0,0275
1011	0,005724	4,73E-06	0,0239	2532	0,012988	4,73E-06	0,0274
1012	0,005729	4,73E-06	0,0236	2533	0,012992	4,73E-06	0,0274
1013	0,005734	4,73E-06	0,0234	2534	0,012997	4,73E-06	0,0273
1014	0,005739	4,73E-06	0,0231	2535	0,013002	4,73E-06	0,0272
1015	0,005743	4,73E-06	0,0229	2536	0,013007	4,73E-06	0,0272

1016	0,005748	4,73E-06	0,0226	2537	0,013011	4,73E-06	0,0271
1017	0,005753	4,73E-06	0,0224	2538	0,013016	4,73E-06	0,0271
1018	0,005758	4,73E-06	0,0221	2539	0,013021	4,73E-06	0,0270
1019	0,005762	4,73E-06	0,0219	2540	0,013026	4,73E-06	0,0269
1020	0,005767	4,73E-06	0,0217	2541	0,01303	4,73E-06	0,0269
1021	0,005772	4,73E-06	0,0214	2542	0,013035	4,73E-06	0,0268
1022	0,005777	4,73E-06	0,0212	2543	0,01304	4,73E-06	0,0267
1023	0,005781	4,73E-06	0,0210	2544	0,013045	4,73E-06	0,0267
1024	0,005786	4,73E-06	0,0208	2545	0,013049	4,73E-06	0,0266
1025	0,005791	4,73E-06	0,0205	2546	0,013054	4,73E-06	0,0265
1026	0,005795	1,42E-05	0,0203	2547	0,013059	4,73E-06	0,0265
1027	0,00581	4,73E-06	0,0199	2548	0,013063	4,73E-06	0,0264
1028	0,005814	4,73E-06	0,0197	2549	0,013068	4,73E-06	0,0263
1029	0,005819	4,73E-06	0,0195	2550	0,013073	4,73E-06	0,0263
1030	0,005824	4,73E-06	0,0193	2551	0,013078	4,73E-06	0,0262
1031	0,005829	4,73E-06	0,0191	2552	0,013082	4,73E-06	0,0261
1032	0,005833	4,73E-06	0,0190	2553	0,013087	4,73E-06	0,0260
1033	0,005838	4,73E-06	0,0188	2554	0,013092	4,73E-06	0,0260
1034	0,005843	4,73E-06	0,0186	2555	0,013097	4,73E-06	0,0259
1035	0,005848	4,73E-06	0,0185	2556	0,013101	4,73E-06	0,0258
1036	0,005852	4,73E-06	0,0183	2557	0,013106	4,73E-06	0,0257
1037	0,005857	4,73E-06	0,0181	2558	0,013111	4,73E-06	0,0256
1038	0,005862	4,73E-06	0,0180	2559	0,013116	4,73E-06	0,0256
1039	0,005866	4,73E-06	0,0179	2560	0,01312	4,73E-06	0,0255
1040	0,005871	4,73E-06	0,0177	2561	0,013125	4,73E-06	0,0254
1041	0,005876	4,73E-06	0,0176	2562	0,01313	4,73E-06	0,0253
1042	0,005881	4,73E-06	0,0175	2563	0,013134	4,73E-06	0,0253
1043	0,005885	4,73E-06	0,0174	2564	0,013139	4,73E-06	0,0252
1044	0,00589	4,73E-06	0,0173	2565	0,013144	4,73E-06	0,0251
1045	0,005895	4,73E-06	0,0172	2566	0,013149	4,73E-06	0,0250
1046	0,0059	4,73E-06	0,0171	2567	0,013153	4,73E-06	0,0249

1047	0,005904	4,73E-06	0,0170	2568	0,013158	4,73E-06	0,0249
1048	0,005909	4,73E-06	0,0169	2569	0,013163	4,73E-06	0,0248
1049	0,005914	4,73E-06	0,0169	2570	0,013168	4,73E-06	0,0247
1050	0,005919	4,73E-06	0,0168	2571	0,013172	4,73E-06	0,0246
1051	0,005923	4,73E-06	0,0168	2572	0,013177	4,73E-06	0,0245
1052	0,005928	4,73E-06	0,0167	2573	0,013182	4,73E-06	0,0245
1053	0,005933	4,73E-06	0,0167	2574	0,013187	4,73E-06	0,0244
1054	0,005938	4,73E-06	0,0167	2575	0,013191	4,73E-06	0,0243
1055	0,005942	4,73E-06	0,0167	2576	0,013196	4,73E-06	0,0242
1056	0,005947	4,73E-06	0,0166	2577	0,013201	4,73E-06	0,0242
1057	0,005952	4,73E-06	0,0166	2578	0,013205	4,73E-06	0,0241
1058	0,005956	4,73E-06	0,0167	2579	0,01321	4,73E-06	0,0240
1059	0,005961	4,73E-06	0,0167	2580	0,013215	4,73E-06	0,0239
1060	0,005966	4,73E-06	0,0167	2581	0,01322	4,73E-06	0,0239
1061	0,005971	4,73E-06	0,0168	2582	0,013224	4,73E-06	0,0238
1062	0,005975	4,73E-06	0,0168	2583	0,013229	4,73E-06	0,0237
1063	0,00598	4,73E-06	0,0169	2584	0,013234	4,73E-06	0,0236
1064	0,005985	4,73E-06	0,0169	2585	0,013239	4,73E-06	0,0236
1065	0,00599	4,73E-06	0,0170	2586	0,013243	4,73E-06	0,0235
1066	0,005994	4,73E-06	0,0171	2587	0,013248	4,73E-06	0,0234
1067	0,005999	4,73E-06	0,0172	2588	0,013253	4,73E-06	0,0234
1068	0,006004	4,73E-06	0,0173	2589	0,013258	4,73E-06	0,0233
1069	0,006009	4,73E-06	0,0174	2590	0,013262	4,73E-06	0,0232
1070	0,006013	4,73E-06	0,0175	2591	0,013267	4,73E-06	0,0232
1071	0,006018	4,73E-06	0,0176	2592	0,013272	4,73E-06	0,0231
1072	0,006023	4,73E-06	0,0178	2593	0,013277	4,73E-06	0,0230
1073	0,006027	4,73E-06	0,0179	2594	0,013281	4,73E-06	0,0230
1074	0,006032	4,73E-06	0,0181	2595	0,013286	4,73E-06	0,0229
1075	0,006037	4,73E-06	0,0182	2596	0,013291	4,73E-06	0,0229
1076	0,006042	4,73E-06	0,0184	2597	0,013295	4,73E-06	0,0228
1077	0,006046	4,73E-06	0,0186	2598	0,0133	4,73E-06	0,0227

1078	0,006051	4,73E-06	0,0188	2599	0,013305	4,73E-06	0,0227
1079	0,006056	4,73E-06	0,0190	2600	0,01331	4,73E-06	0,0226
1080	0,006061	4,73E-06	0,0192	2601	0,013314	4,73E-06	0,0226
1081	0,006065	4,73E-06	0,0194	2602	0,013319	4,73E-06	0,0225
1082	0,00607	4,73E-06	0,0196	2603	0,013324	4,73E-06	0,0225
1083	0,006075	4,73E-06	0,0198	2604	0,013329	4,73E-06	0,0224
1084	0,00608	4,73E-06	0,0201	2605	0,013333	4,73E-06	0,0224
1085	0,006084	4,73E-06	0,0203	2606	0,013338	4,73E-06	0,0223
1086	0,006089	4,73E-06	0,0206	2607	0,013343	4,73E-06	0,0223
1087	0,006094	4,73E-06	0,0208	2608	0,013348	4,73E-06	0,0222
1088	0,006098	4,73E-06	0,0211	2609	0,013352	4,73E-06	0,0222
1089	0,006103	4,73E-06	0,0214	2610	0,013357	4,73E-06	0,0221
1090	0,006108	4,73E-06	0,0216	2611	0,013362	4,73E-06	0,0221
1091	0,006113	4,73E-06	0,0219	2612	0,013366	4,73E-06	0,0221
1092	0,006117	4,73E-06	0,0222	2613	0,013371	4,73E-06	0,0220
1093	0,006122	4,73E-06	0,0225	2614	0,013376	4,73E-06	0,0220
1094	0,006127	4,73E-06	0,0228	2615	0,013381	4,73E-06	0,0219
1095	0,006132	4,73E-06	0,0231	2616	0,013385	4,73E-06	0,0219
1096	0,006136	4,73E-06	0,0234	2617	0,01339	4,73E-06	0,0218
1097	0,006141	4,73E-06	0,0238	2618	0,013395	4,73E-06	0,0218
1098	0,006146	4,73E-06	0,0241	2619	0,0134	4,73E-06	0,0217
1099	0,006151	4,73E-06	0,0244	2620	0,013404	4,73E-06	0,0217
1100	0,006155	4,73E-06	0,0248	2621	0,013409	4,73E-06	0,0216
1101	0,00616	4,73E-06	0,0251	2622	0,013414	4,73E-06	0,0216
1102	0,006165	4,73E-06	0,0254	2623	0,013419	4,73E-06	0,0215
1103	0,00617	4,73E-06	0,0258	2624	0,013423	4,73E-06	0,0215
1104	0,006174	4,73E-06	0,0261	2625	0,013428	4,73E-06	0,0215
1105	0,006179	4,73E-06	0,0265	2626	0,013433	4,73E-06	0,0214
1106	0,006184	4,73E-06	0,0269	2627	0,013437	4,73E-06	0,0214
1107	0,006188	4,73E-06	0,0272	2628	0,013442	4,73E-06	0,0213
1108	0,006193	4,73E-06	0,0276	2629	0,013447	4,73E-06	0,0213

1109	0,006198	4,73E-06	0,0280	2630	0,013452	4,73E-06	0,0212
1110	0,006203	4,73E-06	0,0284	2631	0,013456	4,73E-06	0,0212
1111	0,006207	4,73E-06	0,0287	2632	0,013461	4,73E-06	0,0211
1112	0,006212	4,73E-06	0,0291	2633	0,013466	4,73E-06	0,0211
1113	0,006217	4,73E-06	0,0295	2634	0,013471	4,73E-06	0,0210
1114	0,006222	4,73E-06	0,0299	2635	0,013475	4,73E-06	0,0210
1115	0,006226	4,73E-06	0,0303	2636	0,01348	4,73E-06	0,0209
1116	0,006231	4,73E-06	0,0307	2637	0,013485	4,73E-06	0,0208
1117	0,006236	4,73E-06	0,0311	2638	0,01349	4,73E-06	0,0208
1118	0,006241	4,73E-06	0,0315	2639	0,013494	4,73E-06	0,0207
1119	0,006245	4,73E-06	0,0319	2640	0,013499	4,73E-06	0,0207
1120	0,00625	4,73E-06	0,0323	2641	0,013504	4,73E-06	0,0206
1121	0,006255	4,73E-06	0,0327	2642	0,013509	4,73E-06	0,0206
1122	0,006259	4,73E-06	0,0331	2643	0,013513	4,73E-06	0,0205
1123	0,006264	4,73E-06	0,0335	2644	0,013518	4,73E-06	0,0205
1124	0,006269	4,73E-06	0,0339	2645	0,013523	4,73E-06	0,0204
1125	0,006274	4,73E-06	0,0343	2646	0,013527	4,73E-06	0,0203
1126	0,006278	4,73E-06	0,0348	2647	0,013532	4,73E-06	0,0203
1127	0,006283	4,73E-06	0,0352	2648	0,013537	4,73E-06	0,0202
1128	0,006288	4,73E-06	0,0356	2649	0,013542	4,73E-06	0,0202
1129	0,006293	4,73E-06	0,0360	2650	0,013546	4,73E-06	0,0201
1130	0,006297	4,73E-06	0,0364	2651	0,013551	4,73E-06	0,0201
1131	0,006302	4,73E-06	0,0369	2652	0,013556	4,73E-06	0,0200
1132	0,006307	4,73E-06	0,0373	2653	0,013561	4,73E-06	0,0199
1133	0,006312	4,73E-06	0,0377	2654	0,013565	4,73E-06	0,0199
1134	0,006316	4,73E-06	0,0381	2655	0,01357	4,73E-06	0,0198
1135	0,006321	4,73E-06	0,0386	2656	0,013575	4,73E-06	0,0197
1136	0,006326	4,73E-06	0,0390	2657	0,01358	4,73E-06	0,0197
1137	0,00633	4,73E-06	0,0394	2658	0,013584	4,73E-06	0,0196
1138	0,006335	4,73E-06	0,0398	2659	0,013589	4,73E-06	0,0196
1139	0,00634	4,73E-06	0,0403	2660	0,013594	4,73E-06	0,0195

1140	0,006345	4,73E-06	0,0407	2661	0,013598	4,73E-06	0,0194
1141	0,006349	4,73E-06	0,0411	2662	0,013603	4,73E-06	0,0194
1142	0,006354	4,73E-06	0,0416	2663	0,013608	4,73E-06	0,0193
1143	0,006359	4,73E-06	0,0420	2664	0,013613	4,73E-06	0,0192
1144	0,006364	4,73E-06	0,0424	2665	0,013617	4,73E-06	0,0192
1145	0,006368	4,73E-06	0,0429	2666	0,013622	4,73E-06	0,0191
1146	0,006373	4,73E-06	0,0433	2667	0,013627	4,73E-06	0,0190
1147	0,006378	4,73E-06	0,0437	2668	0,013632	4,73E-06	0,0190
1148	0,006383	4,73E-06	0,0442	2669	0,013636	4,73E-06	0,0189
1149	0,006387	4,73E-06	0,0446	2670	0,013641	4,73E-06	0,0188
1150	0,006392	4,73E-06	0,0450	2671	0,013646	4,73E-06	0,0188
1151	0,006397	4,73E-06	0,0455	2672	0,013651	4,73E-06	0,0187
1152	0,006402	4,73E-06	0,0459	2673	0,013655	4,73E-06	0,0187
1153	0,006406	4,73E-06	0,0464	2674	0,01366	4,73E-06	0,0186
1154	0,006411	4,73E-06	0,0468	2675	0,013665	4,73E-06	0,0185
1155	0,006416	4,73E-06	0,0472	2676	0,01367	4,73E-06	0,0185
1156	0,00642	4,73E-06	0,0477	2677	0,013674	4,73E-06	0,0184
1157	0,006425	4,73E-06	0,0481	2678	0,013679	4,73E-06	0,0183
1158	0,00643	4,73E-06	0,0486	2679	0,013684	4,73E-06	0,0183
1159	0,006435	4,73E-06	0,0490	2680	0,013688	4,73E-06	0,0182
1160	0,006439	4,73E-06	0,0495	2681	0,013693	4,73E-06	0,0182
1161	0,006444	4,73E-06	0,0499	2682	0,013698	4,73E-06	0,0181
1162	0,006449	4,73E-06	0,0503	2683	0,013703	4,73E-06	0,0181
1163	0,006454	4,73E-06	0,0508	2684	0,013707	4,73E-06	0,0180
1164	0,006458	4,73E-06	0,0512	2685	0,013712	4,73E-06	0,0179
1165	0,006463	4,73E-06	0,0517	2686	0,013717	4,73E-06	0,0179
1166	0,006468	4,73E-06	0,0521	2687	0,013722	4,73E-06	0,0178
1167	0,006473	4,73E-06	0,0526	2688	0,013726	4,73E-06	0,0178
1168	0,006477	4,73E-06	0,0530	2689	0,013731	4,73E-06	0,0177
1169	0,006482	4,73E-06	0,0535	2690	0,013736	4,73E-06	0,0177
1170	0,006487	4,73E-06	0,0539	2691	0,013741	4,73E-06	0,0176

1171	0,006491	4,73E-06	0,0544	2692	0,013745	4,73E-06	0,0176
1172	0,006496	4,73E-06	0,0548	2693	0,01375	4,73E-06	0,0175
1173	0,006501	4,73E-06	0,0553	2694	0,013755	4,73E-06	0,0175
1174	0,006506	4,73E-06	0,0557	2695	0,013759	4,73E-06	0,0174
1175	0,00651	4,73E-06	0,0562	2696	0,013764	4,73E-06	0,0174
1176	0,006515	4,73E-06	0,0566	2697	0,013769	4,73E-06	0,0173
1177	0,00652	4,73E-06	0,0571	2698	0,013774	4,73E-06	0,0173
1178	0,006525	4,73E-06	0,0575	2699	0,013778	4,73E-06	0,0173
1179	0,006529	4,73E-06	0,0580	2700	0,013783	4,73E-06	0,0172
1180	0,006534	4,73E-06	0,0585	2701	0,013788	4,73E-06	0,0172
1181	0,006539	4,73E-06	0,0589	2702	0,013793	4,73E-06	0,0171
1182	0,006544	4,73E-06	0,0594	2703	0,013797	4,73E-06	0,0171
1183	0,006548	4,73E-06	0,0598	2704	0,013802	4,73E-06	0,0170
1184	0,006553	4,73E-06	0,0603	2705	0,013807	4,73E-06	0,0170
1185	0,006558	4,73E-06	0,0607	2706	0,013812	4,73E-06	0,0169
1186	0,006563	4,73E-06	0,0612	2707	0,013816	4,73E-06	0,0169
1187	0,006567	4,73E-06	0,0616	2708	0,013821	4,73E-06	0,0169
1188	0,006572	4,73E-06	0,0621	2709	0,013826	4,73E-06	0,0168
1189	0,006577	4,73E-06	0,0625	2710	0,01383	4,73E-06	0,0168
1190	0,006581	4,73E-06	0,0630	2711	0,013835	4,73E-06	0,0167
1191	0,006586	4,73E-06	0,0634	2712	0,01384	4,73E-06	0,0167
1192	0,006591	4,73E-06	0,0639	2713	0,013845	4,73E-06	0,0166
1193	0,006596	4,73E-06	0,0643	2714	0,013849	4,73E-06	0,0166
1194	0,0066	4,73E-06	0,0647	2715	0,013854	4,73E-06	0,0166
1195	0,006605	4,73E-06	0,0652	2716	0,013859	4,73E-06	0,0165
1196	0,00661	4,73E-06	0,0656	2717	0,013864	4,73E-06	0,0165
1197	0,006615	4,73E-06	0,0661	2718	0,013868	4,73E-06	0,0164
1198	0,006619	4,73E-06	0,0665	2719	0,013873	4,73E-06	0,0164
1199	0,006624	4,73E-06	0,0669	2720	0,013878	4,73E-06	0,0163
1200	0,006629	4,73E-06	0,0674	2721	0,013883	4,73E-06	0,0163
1201	0,006634	4,73E-06	0,0678	2722	0,013887	4,73E-06	0,0162

1202	0,006638	4,73E-06	0,0682	2723	0,013892	4,73E-06	0,0162
1203	0,006643	4,73E-06	0,0686	2724	0,013897	4,73E-06	0,0161
1204	0,006648	4,73E-06	0,0691	2725	0,013902	4,73E-06	0,0161
1205	0,006652	4,73E-06	0,0695	2726	0,013906	4,73E-06	0,0161
1206	0,006657	4,73E-06	0,0699	2727	0,013911	4,73E-06	0,0160
1207	0,006662	4,73E-06	0,0703	2728	0,013916	4,73E-06	0,0159
1208	0,006667	4,73E-06	0,0707	2729	0,01392	4,73E-06	0,0159
1209	0,006671	4,73E-06	0,0711	2730	0,013925	4,73E-06	0,0158
1210	0,006676	4,73E-06	0,0715	2731	0,01393	4,73E-06	0,0158
1211	0,006681	4,73E-06	0,0719	2732	0,013935	4,73E-06	0,0157
1212	0,006686	4,73E-06	0,0723	2733	0,013939	4,73E-06	0,0157
1213	0,00669	4,73E-06	0,0727	2734	0,013944	4,73E-06	0,0156
1214	0,006695	4,73E-06	0,0731	2735	0,013949	4,73E-06	0,0156
1215	0,0067	4,73E-06	0,0735	2736	0,013954	4,73E-06	0,0155
1216	0,006705	4,73E-06	0,0739	2737	0,013958	4,73E-06	0,0154
1217	0,006709	4,73E-06	0,0743	2738	0,013963	4,73E-06	0,0154
1218	0,006714	4,73E-06	0,0747	2739	0,013968	4,73E-06	0,0153
1219	0,006719	4,73E-06	0,0750	2740	0,013973	4,73E-06	0,0153
1220	0,006723	4,73E-06	0,0754	2741	0,013977	4,73E-06	0,0152
1221	0,006728	4,73E-06	0,0758	2742	0,013982	4,73E-06	0,0151
1222	0,006733	4,73E-06	0,0761	2743	0,013987	4,73E-06	0,0151
1223	0,006738	4,73E-06	0,0765	2744	0,013991	4,73E-06	0,0150
1224	0,006742	4,73E-06	0,0768	2745	0,013996	4,73E-06	0,0149
1225	0,006747	4,73E-06	0,0772	2746	0,014001	4,73E-06	0,0149
1226	0,006752	4,73E-06	0,0775	2747	0,014006	4,73E-06	0,0148
1227	0,006757	4,73E-06	0,0779	2748	0,01401	4,73E-06	0,0147
1228	0,006761	4,73E-06	0,0782	2749	0,014015	4,73E-06	0,0147
1229	0,006766	4,73E-06	0,0786	2750	0,01402	4,73E-06	0,0146
1230	0,006771	4,73E-06	0,0789	2751	0,014025	4,73E-06	0,0145
1231	0,006776	4,73E-06	0,0792	2752	0,014029	4,73E-06	0,0145
1232	0,00678	4,73E-06	0,0795	2753	0,014034	4,73E-06	0,0144

1233	0,006785	4,73E-06	0,0799	2754	0,014039	4,73E-06	0,0143
1234	0,00679	4,73E-06	0,0802	2755	0,014044	4,73E-06	0,0143
1235	0,006795	4,73E-06	0,0805	2756	0,014048	4,73E-06	0,0142
1236	0,006799	4,73E-06	0,0808	2757	0,014053	4,73E-06	0,0142
1237	0,006804	4,73E-06	0,0811	2758	0,014058	4,73E-06	0,0141
1238	0,006809	4,73E-06	0,0814	2759	0,014062	4,73E-06	0,0140
1239	0,006813	4,73E-06	0,0817	2760	0,014067	4,73E-06	0,0140
1240	0,006818	4,73E-06	0,0820	2761	0,014072	4,73E-06	0,0139
1241	0,006823	4,73E-06	0,0824	2762	0,014077	4,73E-06	0,0139
1242	0,006828	4,73E-06	0,0827	2763	0,014081	4,73E-06	0,0138
1243	0,006832	4,73E-06	0,0829	2764	0,014086	4,73E-06	0,0138
1244	0,006837	4,73E-06	0,0832	2765	0,014091	4,73E-06	0,0137
1245	0,006842	4,73E-06	0,0835	2766	0,014096	4,73E-06	0,0137
1246	0,006847	4,73E-06	0,0838	2767	0,0141	4,73E-06	0,0136
1247	0,006851	4,73E-06	0,0841	2768	0,014105	4,73E-06	0,0136
1248	0,006856	4,73E-06	0,0844	2769	0,01411	4,73E-06	0,0135
1249	0,006861	4,73E-06	0,0847	2770	0,014115	4,73E-06	0,0135
1250	0,006866	4,73E-06	0,0850	2771	0,014119	4,73E-06	0,0134
1251	0,00687	4,73E-06	0,0853	2772	0,014124	4,73E-06	0,0134
1252	0,006875	4,73E-06	0,0856	2773	0,014129	4,73E-06	0,0134
1253	0,00688	4,73E-06	0,0859	2774	0,014134	4,73E-06	0,0133
1254	0,006884	4,73E-06	0,0861	2775	0,014138	4,73E-06	0,0133
1255	0,006889	4,73E-06	0,0864	2776	0,014143	4,73E-06	0,0133
1256	0,006894	4,73E-06	0,0867	2777	0,014148	4,73E-06	0,0133
1257	0,006899	4,73E-06	0,0870	2778	0,014152	4,73E-06	0,0132
1258	0,006903	4,73E-06	0,0873	2779	0,014157	4,73E-06	0,0132
1259	0,006908	4,73E-06	0,0876	2780	0,014162	4,73E-06	0,0132
1260	0,006913	4,73E-06	0,0879	2781	0,014167	4,73E-06	0,0132
1261	0,006918	4,73E-06	0,0882	2782	0,014171	4,73E-06	0,0131
1262	0,006922	4,73E-06	0,0885	2783	0,014176	4,73E-06	0,0131
1263	0,006927	4,73E-06	0,0888	2784	0,014181	4,73E-06	0,0131

1264	0,006932	4,73E-06	0,0891	2785	0,014186	4,73E-06	0,0131
1265	0,006937	4,73E-06	0,0894	2786	0,01419	4,73E-06	0,0130
1266	0,006941	4,73E-06	0,0897	2787	0,014195	4,73E-06	0,0130
1267	0,006946	4,73E-06	0,0900	2788	0,0142	4,73E-06	0,0130
1268	0,006951	4,73E-06	0,0903	2789	0,014205	4,73E-06	0,0130
1269	0,006955	4,73E-06	0,0906	2790	0,014209	4,73E-06	0,0130
1270	0,00696	4,73E-06	0,0909	2791	0,014214	4,73E-06	0,0129
1271	0,006965	4,73E-06	0,0912	2792	0,014219	4,73E-06	0,0129
1272	0,00697	4,73E-06	0,0915	2793	0,014223	4,73E-06	0,0129
1273	0,006974	4,73E-06	0,0919	2794	0,014228	4,73E-06	0,0129
1274	0,006979	4,73E-06	0,0922	2795	0,014233	4,73E-06	0,0128
1275	0,006984	4,73E-06	0,0925	2796	0,014238	4,73E-06	0,0128
1276	0,006989	4,73E-06	0,0928	2797	0,014242	4,73E-06	0,0128
1277	0,006993	4,73E-06	0,0932	2798	0,014247	4,73E-06	0,0127
1278	0,006998	4,73E-06	0,0935	2799	0,014252	4,73E-06	0,0127
1279	0,007003	4,73E-06	0,0938	2800	0,014257	4,73E-06	0,0127
1280	0,007008	4,73E-06	0,0942	2801	0,014261	4,73E-06	0,0126
1281	0,007012	4,73E-06	0,0945	2802	0,014266	4,73E-06	0,0126
1282	0,007017	4,73E-06	0,0949	2803	0,014271	4,73E-06	0,0126
1283	0,007022	4,73E-06	0,0952	2804	0,014276	4,73E-06	0,0125
1284	0,007027	4,73E-06	0,0956	2805	0,01428	4,73E-06	0,0125
1285	0,007031	4,73E-06	0,0960	2806	0,014285	4,73E-06	0,0124
1286	0,007036	4,73E-06	0,0963	2807	0,01429	4,73E-06	0,0124
1287	0,007041	4,73E-06	0,0967	2808	0,014295	4,73E-06	0,0123
1288	0,007045	4,73E-06	0,0971	2809	0,014299	4,73E-06	0,0123
1289	0,00705	4,73E-06	0,0974	2810	0,014304	4,73E-06	0,0122
1290	0,007055	4,73E-06	0,0978	2811	0,014309	4,73E-06	0,0122
1291	0,00706	4,73E-06	0,0982	2812	0,014313	4,73E-06	0,0121
1292	0,007064	4,73E-06	0,0986	2813	0,014318	4,73E-06	0,0121
1293	0,007069	4,73E-06	0,0989	2814	0,014323	4,73E-06	0,0120
1294	0,007074	4,73E-06	0,0993	2815	0,014328	4,73E-06	0,0120

1295	0,007079	4,73E-06	0,0997	2816	0,014332	4,73E-06	0,0119
1296	0,007083	4,73E-06	0,1001	2817	0,014337	4,73E-06	0,0119
1297	0,007088	4,73E-06	0,1005	2818	0,014342	4,73E-06	0,0118
1298	0,007093	4,73E-06	0,1009	2819	0,014347	4,73E-06	0,0117
1299	0,007098	4,73E-06	0,1013	2820	0,014351	4,73E-06	0,0117
1300	0,007102	4,73E-06	0,1017	2821	0,014356	4,73E-06	0,0116
1301	0,007107	4,73E-06	0,1021	2822	0,014361	4,73E-06	0,0116
1302	0,007112	4,73E-06	0,1025	2823	0,014366	4,73E-06	0,0115
1303	0,007116	4,73E-06	0,1030	2824	0,01437	4,73E-06	0,0115
1304	0,007121	4,73E-06	0,1034	2825	0,014375	4,73E-06	0,0114
1305	0,007126	4,73E-06	0,0906	2826	0,01438	4,73E-06	0,0114
1306	0,007131	4,73E-06	0,0909	2827	0,014384	4,73E-06	0,0113
1307	0,007135	4,73E-06	0,0912	2828	0,014389	4,73E-06	0,0113
1308	0,00714	4,73E-06	0,0915	2829	0,014394	4,73E-06	0,0113
1309	0,007145	4,73E-06	0,0919	2830	0,014399	4,73E-06	0,0112
1310	0,00715	4,73E-06	0,0922	2831	0,014403	4,73E-06	0,0112
1311	0,007154	4,73E-06	0,0925	2832	0,014408	4,73E-06	0,0112
1312	0,007159	4,73E-06	0,0928	2833	0,014413	4,73E-06	0,0111
1313	0,007164	4,73E-06	0,0932	2834	0,014418	4,73E-06	0,0111
1314	0,007169	4,73E-06	0,0935	2835	0,014422	4,73E-06	0,0111
1315	0,007173	4,73E-06	0,0938	2836	0,014427	4,73E-06	0,0111
1316	0,007178	4,73E-06	0,0942	2837	0,014432	4,73E-06	0,0111
1317	0,007183	9,47E-06	0,0945	2838	0,014437	4,73E-06	0,0111
1318	0,007192	4,73E-06	0,0949	2839	0,014441	4,73E-06	0,0111
1319	0,007197	4,73E-06	0,0952	2840	0,014446	4,73E-06	0,0111
1320	0,007202	4,73E-06	0,0956	2841	0,014451	4,73E-06	0,0111
1321	0,007206	4,73E-06	0,0960	2842	0,014455	4,73E-06	0,0111
1322	0,007211	4,73E-06	0,0963	2843	0,01446	4,73E-06	0,0111
1323	0,007216	4,73E-06	0,0967	2844	0,014465	4,73E-06	0,0111
1324	0,007221	4,73E-06	0,0971	2845	0,01447	4,73E-06	0,0111
1325	0,007225	4,73E-06	0,0974	2846	0,014474	4,73E-06	0,0111

1326	0,00723	4,73E-06	0,0978	2847	0,014479	4,73E-06	0,0111
1327	0,007235	4,73E-06	0,0982	2848	0,014484	4,73E-06	0,0112
1328	0,00724	4,73E-06	0,0986	2849	0,014489	4,73E-06	0,0112
1329	0,007244	4,73E-06	0,0989	2850	0,014493	4,73E-06	0,0112
1330	0,007249	4,73E-06	0,0993	2851	0,014498	4,73E-06	0,0112
1331	0,007254	4,73E-06	0,0997	2852	0,014503	4,73E-06	0,0113
1332	0,007259	4,73E-06	0,1001	2853	0,014508	4,73E-06	0,0113
1333	0,007263	4,73E-06	0,1005	2854	0,014512	4,73E-06	0,0113
1334	0,007268	4,73E-06	0,1009	2855	0,014517	4,73E-06	0,0114
1335	0,007273	4,73E-06	0,1013	2856	0,014522	4,73E-06	0,0114
1336	0,007277	4,73E-06	0,1017	2857	0,014527	4,73E-06	0,0115
1337	0,007282	4,73E-06	0,1021	2858	0,014531	4,73E-06	0,0115
1338	0,007287	4,73E-06	0,1025	2859	0,014536	4,73E-06	0,0116
1339	0,007292	4,73E-06	0,1030	2860	0,014541	4,73E-06	0,0116
1340	0,007296	4,73E-06	0,1034	2861	0,014545	4,73E-06	0,0116
1341	0,007301	4,73E-06	0,0906	2862	0,01455	4,73E-06	0,0117
1342	0,007306	4,73E-06	0,0909	2863	0,014555	4,73E-06	0,0117
1343	0,007311	4,73E-06	0,0912	2864	0,01456	4,73E-06	0,0118
1344	0,007315	4,73E-06	0,0915	2865	0,014564	4,73E-06	0,0118
1345	0,00732	4,73E-06	0,0919	2866	0,014569	4,73E-06	0,0119
1346	0,007325	4,73E-06	0,0922	2867	0,014574	4,73E-06	0,0119
1347	0,00733	4,73E-06	0,0925	2868	0,014579	4,73E-06	0,0119
1348	0,007334	4,73E-06	0,0928	2869	0,014583	4,73E-06	0,0120
1349	0,007339	4,73E-06	0,0932	2870	0,014588	4,73E-06	0,0120
1350	0,007344	4,73E-06	0,0935	2871	0,014593	4,73E-06	0,0121
1351	0,007348	4,73E-06	0,0938	2872	0,014598	4,73E-06	0,0121
1352	0,007353	4,73E-06	0,0942	2873	0,014602	4,73E-06	0,0121
1353	0,007358	4,73E-06	0,0945	2874	0,014607	4,73E-06	0,0122
1354	0,007363	4,73E-06	0,0949	2875	0,014612	4,73E-06	0,0122
1355	0,007367	4,73E-06	0,0952	2876	0,014616	4,73E-06	0,0122
1356	0,007372	4,73E-06	0,0956	2877	0,014621	4,73E-06	0,0123

1357	0,007377	4,73E-06	0,0960	2878	0,014626	4,73E-06	0,0123
1358	0,007382	4,73E-06	0,0963	2879	0,014631	4,73E-06	0,0123
1359	0,007386	4,73E-06	0,0967	2880	0,014635	4,73E-06	0,0123
1360	0,007391	4,73E-06	0,0971	2881	0,01464	4,73E-06	0,0123
1361	0,007396	4,73E-06	0,0974	2882	0,014645	4,73E-06	0,0124
1362	0,007401	4,73E-06	0,0978	2883	0,01465	4,73E-06	0,0124
1363	0,007405	4,73E-06	0,0982	2884	0,014654	4,73E-06	0,0124
1364	0,00741	4,73E-06	0,0986	2885	0,014659	4,73E-06	0,0124
1365	0,007415	4,73E-06	0,0989	2886	0,014664	4,73E-06	0,0124
1366	0,00742	4,73E-06	0,0993	2887	0,014669	4,73E-06	0,0124
1367	0,007424	4,73E-06	0,0997	2888	0,014673	4,73E-06	0,0124
1368	0,007429	4,73E-06	0,1001	2889	0,014678	4,73E-06	0,0124
1369	0,007434	4,73E-06	0,1005	2890	0,014683	4,73E-06	0,0124
1370	0,007438	4,73E-06	0,1009	2891	0,014687	4,73E-06	0,0124
1371	0,007443	4,73E-06	0,1013	2892	0,014692	4,73E-06	0,0124
1372	0,007448	4,73E-06	0,1017	2893	0,014697	4,73E-06	0,0124
1373	0,007453	4,73E-06	0,1021	2894	0,014702	4,73E-06	0,0124
1374	0,007457	4,73E-06	0,1025	2895	0,014706	4,73E-06	0,0124
1375	0,007462	4,73E-06	0,1030	2896	0,014711	4,73E-06	0,0124
1376	0,007467	4,73E-06	0,1034	2897	0,014716	4,73E-06	0,0123
1377	0,007472	4,73E-06	0,0906	2898	0,014721	4,73E-06	0,0123
1378	0,007476	4,73E-06	0,0909	2899	0,014725	4,73E-06	0,0123
1379	0,007481	4,73E-06	0,0912	2900	0,01473	4,73E-06	0,0123
1380	0,007486	4,73E-06	0,0915	2901	0,014735	4,73E-06	0,0123
1381	0,007491	4,73E-06	0,0919	2902	0,01474	4,73E-06	0,0122
1382	0,007495	4,73E-06	0,0922	2903	0,014744	4,73E-06	0,0122
1383	0,0075	4,73E-06	0,0925	2904	0,014749	9,47E-06	0,0122
1384	0,007505	4,73E-06	0,0928	2905	0,014759	4,73E-06	0,0122
1385	0,007509	4,73E-06	0,0932	2906	0,014763	4,73E-06	0,0121
1386	0,007514	4,73E-06	0,0935	2907	0,014768	4,73E-06	0,0121
1387	0,007519	4,73E-06	0,0938	2908	0,014773	4,73E-06	0,0121

1388	0,007524	4,73E-06	0,0942	2909	0,014777	4,73E-06	0,0121
1389	0,007528	4,73E-06	0,0945	2910	0,014782	4,73E-06	0,0120
1390	0,007533	4,73E-06	0,0949	2911	0,014787	4,73E-06	0,0120
1391	0,007538	4,73E-06	0,0952	2912	0,014792	4,73E-06	0,0120
1392	0,007543	4,73E-06	0,0956	2913	0,014796	9,47E-06	0,0119
1393	0,007547	4,73E-06	0,0960	2914	0,014806	4,73E-06	0,0119
1394	0,007552	4,73E-06	0,0963	2915	0,014811	4,73E-06	0,0119
1395	0,007557	4,73E-06	0,0967	2916	0,014815	4,73E-06	0,0118
1396	0,007562	4,73E-06	0,0971	2917	0,01482	4,73E-06	0,0118
1397	0,007566	4,73E-06	0,0974	2918	0,014825	4,73E-06	0,0118
1398	0,007571	4,73E-06	0,0978	2919	0,01483	4,73E-06	0,0118
1399	0,007576	4,73E-06	0,0982	2920	0,014834	4,73E-06	0,0117
1400	0,00758	4,73E-06	0,0986	2921	0,014839	4,73E-06	0,0117
1401	0,007585	4,73E-06	0,0989	2922	0,014844	4,73E-06	0,0117
1402	0,00759	4,73E-06	0,0993	2923	0,014848	4,73E-06	0,0117
1403	0,007595	4,73E-06	0,0997	2924	0,014853	4,73E-06	0,0116
1404	0,007599	4,73E-06	0,1001	2925	0,014858	4,73E-06	0,0116
1405	0,007604	4,73E-06	0,1005	2926	0,014863	4,73E-06	0,0116
1406	0,007609	4,73E-06	0,1009	2927	0,014867	4,73E-06	0,0116
1407	0,007614	4,73E-06	0,1013	2928	0,014872	4,73E-06	0,0115
1408	0,007618	4,73E-06	0,1017	2929	0,014877	4,73E-06	0,0115
1409	0,007623	4,73E-06	0,1021	2930	0,014882	4,73E-06	0,0115
1410	0,007628	4,73E-06	0,1025	2931	0,014886	4,73E-06	0,0115
1411	0,007633	4,73E-06	0,1030	2932	0,014891	4,73E-06	0,0114
1412	0,007637	4,73E-06	0,1034	2933	0,014896	4,73E-06	0,0114
1413	0,007642	4,73E-06	0,0906	2934	0,014901	4,73E-06	0,0114
1414	0,007647	4,73E-06	0,0909	2935	0,014905	4,73E-06	0,0114
1415	0,007652	4,73E-06	0,0912	2936	0,01491	4,73E-06	0,0113
1416	0,007656	4,73E-06	0,0915	2937	0,014915	4,73E-06	0,0113
1417	0,007661	4,73E-06	0,0919	2938	0,01492	4,73E-06	0,0113
1418	0,007666	4,73E-06	0,0922	2939	0,014924	4,73E-06	0,0113

1419	0,00767	4,73E-06	0,0925	2940	0,014929	4,73E-06	0,0112
1420	0,007675	4,73E-06	0,0928	2941	0,014934	4,73E-06	0,0112
1421	0,00768	4,73E-06	0,0932	2942	0,014938	4,73E-06	0,0112
1422	0,007685	4,73E-06	0,0935	2943	0,014943	4,73E-06	0,0112
1423	0,007689	4,73E-06	0,0938	2944	0,014948	4,73E-06	0,0111
1424	0,007694	4,73E-06	0,0942	2945	0,014953	4,73E-06	0,0111
1425	0,007699	4,73E-06	0,0945	2946	0,014957	4,73E-06	0,0111
1426	0,007704	4,73E-06	0,0949	2947	0,014962	4,73E-06	0,0110
1427	0,007708	4,73E-06	0,0952	2948	0,014967	4,73E-06	0,0110
1428	0,007713	4,73E-06	0,0956	2949	0,014972	4,73E-06	0,0110
1429	0,007718	4,73E-06	0,0960	2950	0,014976	4,73E-06	0,0110
1430	0,007723	4,73E-06	0,0963	2951	0,014981	4,73E-06	0,0109
1431	0,007727	4,73E-06	0,0967	2952	0,014986	4,73E-06	0,0109
1432	0,007732	4,73E-06	0,0971	2953	0,014991	4,73E-06	0,0109
1433	0,007737	4,73E-06	0,0974	2954	0,014995	4,73E-06	0,0108
1434	0,007741	4,73E-06	0,0978	2955	0,015	4,73E-06	0,0108
1435	0,007746	4,73E-06	0,0982	2956	0,015005	4,73E-06	0,0107
1436	0,007751	4,73E-06	0,0986	2957	0,015009	4,73E-06	0,0107
1437	0,007756	4,73E-06	0,0989	2958	0,015014	4,73E-06	0,0107
1438	0,00776	4,73E-06	0,0993	2959	0,015019	4,73E-06	0,0106
1439	0,007765	4,73E-06	0,0997	2960	0,015024	4,73E-06	0,0106
1440	0,00777	4,73E-06	0,1001	2961	0,015028	4,73E-06	0,0106
1441	0,007775	4,73E-06	0,1005	2962	0,015033	4,73E-06	0,0105
1442	0,007779	4,73E-06	0,1009	2963	0,015038	4,73E-06	0,0105
1443	0,007784	4,73E-06	0,1013	2964	0,015043	4,73E-06	0,0104
1444	0,007789	4,73E-06	0,1017	2965	0,015047	4,73E-06	0,0104
1445	0,007794	4,73E-06	0,1021	2966	0,015052	4,73E-06	0,0104
1446	0,007798	4,73E-06	0,1025	2967	0,015057	4,73E-06	0,0103
1447	0,007803	4,73E-06	0,1030	2968	0,015062	4,73E-06	0,0103
1448	0,007808	4,73E-06	0,1034	2969	0,015066	4,73E-06	0,0102
1449	0,007813	4,73E-06	0,0906	2970	0,015071	4,73E-06	0,0102

1450	0,007817	4,73E-06	0,0909	2971	0,015076	4,73E-06	0,0102
1451	0,007822	4,73E-06	0,0912	2972	0,01508	4,73E-06	0,0101
1452	0,007827	4,73E-06	0,0915	2973	0,015085	4,73E-06	0,0101
1453	0,007831	4,73E-06	0,0919	2974	0,01509	4,73E-06	0,0101
1454	0,007836	4,73E-06	0,0922	2975	0,015095	4,73E-06	0,0100
1455	0,007841	4,73E-06	0,0925	2976	0,015099	4,73E-06	0,0100
1456	0,007846	4,73E-06	0,0928	2977	0,015104	4,73E-06	0,0100
1457	0,00785	4,73E-06	0,0932	2978	0,015109	4,73E-06	0,0099
1458	0,007855	4,73E-06	0,0935	2979	0,015114	4,73E-06	0,0099
1459	0,00786	4,73E-06	0,0938	2980	0,015118	4,73E-06	0,0099
1460	0,007865	4,73E-06	0,0942	2981	0,015123	4,73E-06	0,0098
1461	0,007869	4,73E-06	0,0945	2982	0,015128	4,73E-06	0,0098
1462	0,007874	4,73E-06	0,0949	2983	0,015133	4,73E-06	0,0098
1463	0,007879	4,73E-06	0,0952	2984	0,015137	4,73E-06	0,0098
1464	0,007884	4,73E-06	0,0956	2985	0,015142	4,73E-06	0,0098
1465	0,007888	4,73E-06	0,0960	2986	0,015147	4,73E-06	0,0097
1466	0,007893	4,73E-06	0,0963	2987	0,015152	4,73E-06	0,0097
1467	0,007898	4,73E-06	0,0967	2988	0,015156	4,73E-06	0,0097
1468	0,007902	4,73E-06	0,0971	2989	0,015161	4,73E-06	0,0097
1469	0,007907	4,73E-06	0,0974	2990	0,015166	4,73E-06	0,0097
1470	0,007912	4,73E-06	0,0978	2991	0,01517	4,73E-06	0,0096
1471	0,007917	4,73E-06	0,0982	2992	0,015175	4,73E-06	0,0096
1472	0,007921	4,73E-06	0,0986	2993	0,01518	4,73E-06	0,0096
1473	0,007926	4,73E-06	0,0989	2994	0,015185	4,73E-06	0,0096
1474	0,007931	4,73E-06	0,0993	2995	0,015189	4,73E-06	0,0096
1475	0,007936	4,73E-06	0,0997	2996	0,015194	4,73E-06	0,0096
1476	0,00794	4,73E-06	0,1001	2997	0,015199	4,73E-06	0,0096
1477	0,007945	4,73E-06	0,1005	2998	0,015204	4,73E-06	0,0096
1478	0,00795	4,73E-06	0,1009	2999	0,015208	4,73E-06	0,0096
1479	0,007955	4,73E-06	0,1013	3000	0,015213	4,73E-06	0,0096
1480	0,007959	4,73E-06	0,1017	3001	0,015218	4,73E-06	0,0096

1481	0,007964	4,73E-06	0,1021	3002	0,015223	4,73E-06	0,0095
1482	0,007969	4,73E-06	0,1025	3003	0,015227	4,73E-06	0,0095
1483	0,007973	4,73E-06	0,1030	3004	0,015232	4,73E-06	0,0095
1484	0,007978	4,73E-06	0,1034	3005	0,015237	4,73E-06	0,0095
1485	0,007983	4,73E-06	0,0906	3006	0,015241	4,73E-06	0,0095
1486	0,007988	4,73E-06	0,0909	3007	0,015246	4,73E-06	0,0095
1487	0,007992	4,73E-06	0,0912	3008	0,015251	4,73E-06	0,0095
1488	0,007997	4,73E-06	0,0915	3009	0,015256	4,73E-06	0,0095
1489	0,008002	4,73E-06	0,0919	3010	0,01526	4,73E-06	0,0095
1490	0,008007	4,73E-06	0,0922	3011	0,015265	4,73E-06	0,0095
1491	0,008011	4,73E-06	0,0925	3012	0,01527	4,73E-06	0,0095
1492	0,008016	4,73E-06	0,0928	3013	0,015275	4,73E-06	0,0095
1493	0,008021	4,73E-06	0,0932	3014	0,015279	4,73E-06	0,0094
1494	0,008026	4,73E-06	0,0935	3015	0,015284	4,73E-06	0,0094
1495	0,00803	4,73E-06	0,0938	3016	0,015289	4,73E-06	0,0094
1496	0,008035	4,73E-06	0,0942	3017	0,015294	9,47E-06	0,0094
1497	0,00804	4,73E-06	0,0945	3018	0,015303	4,73E-06	0,0094
1498	0,008045	4,73E-06	0,0949	3019	0,015308	4,73E-06	0,0094
1499	0,008049	4,73E-06	0,0952	3020	0,015312	4,73E-06	0,0093
1500	0,008054	4,73E-06	0,0956	3021	0,015317	4,73E-06	0,0093
1501	0,008059	4,73E-06	0,0960	3022	0,015322	4,73E-06	0,0093
1502	0,008063	4,73E-06	0,0963	3023	0,015327	4,73E-06	0,0093
1503	0,008068	4,73E-06	0,0967	3024	0,015331	4,73E-06	0,0093
1504	0,008073	4,73E-06	0,0971	3025	0,015336	4,73E-06	0,0093
1505	0,008078	4,73E-06	0,0974	3026	0,015341	4,73E-06	0,0092
1506	0,008082	4,73E-06	0,0978	3027	0,015346	4,73E-06	0,0092
1507	0,008087	9,47E-06	0,0982	3028	0,01535	4,73E-06	0,0092
1508	0,008097	4,73E-06	0,0986	3029	0,015355	4,73E-06	0,0092
1509	0,008101	4,73E-06	0,0989	3030	0,01536	4,73E-06	0,0091
1510	0,008106	4,73E-06	0,0993	3031	0,015365	4,73E-06	0,0091
1511	0,008111	4,73E-06	0,0997	3032	0,015369	4,73E-06	0,0091

1512	0,008116	4,73E-06	0,1001	3033	0,015374	4,73E-06	0,0091
1513	0,00812	4,73E-06	0,1005	3034	0,015379	4,73E-06	0,0090
1514	0,008125	4,73E-06	0,1009	3035	0,015384	4,73E-06	0,0090
1515	0,00813	4,73E-06	0,1013	3036	0,015388	4,73E-06	0,0090
1516	0,008134	4,73E-06	0,1017	3037	0,015393	4,73E-06	0,0090
1517	0,008139	4,73E-06	0,1021	3038	0,015398	4,73E-06	0,0089
1518	0,008144	4,73E-06	0,1025	3039	0,015402	4,73E-06	0,0089
1519	0,008149	4,73E-06	0,1030	3040	0,015407	4,73E-06	0,0089
1520	0,008153	4,73E-06	0,1034	3041	0,015412	4,73E-06	0,0088
1521	0,008158	4,73E-06	0,1539	3042	0,015417	4,73E-06	0,0088

• Trường hợp cụm họng / xúp nạp cải tiến mới

STT	Thời gian	Timestep	Lưu lượng (m ³)	STT	Thời gian	Timestep	Lưu lượng (m ³)
1	1,89E-05	7,64E-02	0,1113	408	0,007727	1,70E-05	0,1397
2	3,79E-05	-7,41E-05	0,1142	409	0,007746	2,02E-05	0,1392
3	5,68E-05	-3,73E-04	0,1118	410	0,007765	2,40E-05	0,1387
4	7,58E-05	-1,12E-04	0,1105	411	0,007784	2,82E-05	0,1382
5	9,47E-05	-4,13E-05	0,1097	412	0,007803	3,29E-05	0,1377
6	0,000114	-3,74E-05	0,1091	413	0,007822	3,80E-05	0,1371
7	0,000133	-4,10E-05	0,1086	414	0,007841	4,36E-05	0,1365
8	0,000152	-4,92E-05	0,1083	415	0,00786	4,96E-05	0,1359
9	0,00017	-5,98E-05	0,1081	416	0,007879	5,60E-05	0,1352
10	0,000189	-7,12E-05	0,1080	417	0,007898	6,29E-05	0,1346
11	0,000208	-8,27E-05	0,1079	418	0,007917	7,01E-05	0,1339
12	0,000227	-9,38E-05	0,1078	419	0,007936	7,77E-05	0,1332
13	0,000246	-1,05E-04	0,1076	420	0,007955	8,56E-05	0,1325
14	0,000265	-1,17E-04	0,1071	421	0,007973	9,39E-05	0,1317
15	0,000284	-1,30E-04	0,1065	422	0,007992	1,03E-04	0,1310
16	0,000303	-1,45E-04	0,1056	423	0,008011	1,11E-04	0,1302

17	0,000322	-1,65E-04	0,1045	424	0,00803	1,21E-04	0,1294
18	0,000341	-1,88E-04	0,1033	425	0,008049	1,30E-04	0,1287
19	0,00036	-2,14E-04	0,1020	426	0,008068	1,40E-04	0,1279
20	0,000379	-2,44E-04	0,1006	427	0,008087	1,49E-04	0,1271
21	0,000398	-2,75E-04	0,0993	428	0,008106	1,59E-04	0,1263
22	0,000417	-3,06E-04	0,0981	429	0,008125	1,70E-04	0,1255
23	0,000436	-3,37E-04	0,0969	430	0,008144	1,80E-04	0,1247
24	0,000455	-3,65E-04	0,0958	431	0,008163	1,90E-04	0,1239
25	0,000473	-3,90E-04	0,0948	432	0,008182	2,01E-04	0,1231
26	0,000492	-4,09E-04	0,0938	433	0,008201	2,11E-04	0,1223
27	0,000511	-4,23E-04	0,0929	434	0,00822	2,22E-04	0,1216
28	0,00053	-4,29E-04	0,0920	435	0,008239	2,33E-04	0,1208
29	0,000549	-4,28E-04	0,0911	436	0,008258	2,43E-04	0,1200
30	0,000568	-4,19E-04	0,0903	437	0,008277	2,54E-04	0,1192
31	0,000587	-4,01E-04	0,0895	438	0,008295	2,65E-04	0,1184
32	0,000606	-3,75E-04	0,0887	439	0,008314	2,75E-04	0,1176
33	0,000625	-3,42E-04	0,0880	440	0,008333	2,86E-04	0,1169
34	0,000644	-3,03E-04	0,0873	441	0,008352	2,96E-04	0,1161
35	0,000663	-2,59E-04	0,0868	442	0,008371	3,07E-04	0,1153
36	0,000682	-2,12E-04	0,0863	443	0,00839	3,17E-04	0,1145
37	0,000701	-1,64E-04	0,0858	444	0,008409	3,27E-04	0,1138
38	0,00072	-1,17E-04	0,0855	445	0,008428	3,37E-04	0,1130
39	0,000739	-7,29E-05	0,0852	446	0,008447	3,47E-04	0,1122
40	0,000758	-3,28E-05	0,0849	447	0,008466	3,57E-04	0,1115
41	0,000777	2,05E-06	0,0847	448	0,008485	3,67E-04	0,1107
42	0,000795	3,10E-05	0,0844	449	0,008504	3,77E-04	0,1100
43	0,000814	5,36E-05	0,0842	450	0,008523	3,86E-04	0,1093
44	0,000833	7,01E-05	0,0839	451	0,008542	3,96E-04	0,1085
45	0,000852	8,09E-05	0,0836	452	0,008561	4,05E-04	0,1078
46	0,000871	8,68E-05	0,0833	453	0,00858	4,14E-04	0,1071
47	0,00089	8,87E-05	0,0828	454	0,008598	4,23E-04	0,1065

48	0,000909	8,77E-05	0,0824	455	0,008617	4,31E-04	0,1058
49	0,000928	8,48E-05	0,0818	456	0,008636	4,40E-04	0,1051
50	0,000947	8,13E-05	0,0812	457	0,008655	4,48E-04	0,1045
51	0,000966	7,79E-05	0,0805	458	0,008674	4,56E-04	0,1039
52	0,000985	7,56E-05	0,0796	459	0,008693	4,65E-04	0,1032
53	0,001004	7,48E-05	0,0787	460	0,008712	4,72E-04	0,1026
54	0,001023	7,57E-05	0,0777	461	0,008731	4,80E-04	0,1021
55	0,001042	7,84E-05	0,0765	462	0,00875	4,87E-04	0,1015
56	0,001061	8,27E-05	0,0752	463	0,008769	4,95E-04	0,1009
57	0,00108	8,81E-05	0,0738	464	0,008788	5,02E-04	0,1004
58	0,001098	9,42E-05	0,0724	465	0,008807	5,09E-04	0,0999
59	0,001117	1,00E-04	0,0708	466	0,008826	5,15E-04	0,0994
60	0,001136	1,06E-04	0,0691	467	0,008845	5,22E-04	0,0989
61	0,001155	1,11E-04	0,0674	468	0,008864	5,28E-04	0,0984
62	0,001174	1,13E-04	0,0657	469	0,008883	5,34E-04	0,0979
63	0,001193	1,14E-04	0,0639	470	0,008902	5,40E-04	0,0974
64	0,001212	1,13E-04	0,0621	471	0,00892	5,46E-04	0,0970
65	0,001231	1,10E-04	0,0604	472	0,008939	5,52E-04	0,0965
66	0,00125	1,04E-04	0,0586	473	0,008958	5,57E-04	0,0961
67	0,001269	9,62E-05	0,0569	474	0,008977	5,62E-04	0,0957
68	0,001288	8,71E-05	0,0553	475	0,008996	5,67E-04	0,0953
69	0,001307	7,66E-05	0,0537	476	0,009015	5,72E-04	0,0948
70	0,001326	6,55E-05	0,0522	477	0,009034	5,76E-04	0,0945
71	0,001345	5,38E-05	0,0508	478	0,009053	5,81E-04	0,0941
72	0,001364	4,23E-05	0,0495	479	0,009072	5,85E-04	0,0937
73	0,001383	3,18E-05	0,0482	480	0,009091	5,89E-04	0,0933
74	0,001402	2,22E-05	0,0471	481	0,00911	5,93E-04	0,0929
75	0,00142	1,40E-05	0,0460	482	0,009129	5,96E-04	0,0926
76	0,001439	6,56E-06	0,0450	483	0,009148	6,00E-04	0,0922
77	0,001458	1,82E-06	0,0440	484	0,009167	6,03E-04	0,0919
78	0,001477	-1,55E-06	0,0431	485	0,009186	6,06E-04	0,0915

79	0,001496	-3,31E-06	0,0423	486	0,009205	6,09E-04	0,0912
80	0,001515	-3,52E-06	0,0415	487	0,009223	6,11E-04	0,0909
81	0,001534	-2,30E-06	0,0407	488	0,009242	6,14E-04	0,0905
82	0,001553	1,85E-07	0,0400	489	0,009261	6,16E-04	0,0902
83	0,001572	3,76E-06	0,0392	490	0,00928	6,19E-04	0,0899
84	0,001591	8,27E-06	0,0383	491	0,009299	6,21E-04	0,0896
85	0,00161	1,36E-05	0,0374	492	0,009318	6,22E-04	0,0893
86	0,001629	1,95E-05	0,0363	493	0,009337	6,24E-04	0,0890
87	0,001648	2,59E-05	0,0350	494	0,009356	6,26E-04	0,0887
88	0,001667	3,28E-05	0,0335	495	0,009375	6,27E-04	0,0884
89	0,001686	4,01E-05	0,0318	496	0,009394	6,29E-04	0,0881
90	0,001705	4,79E-05	0,0297	497	0,009413	6,32E-04	0,0878
91	0,001723	5,62E-05	0,0273	498	0,009432	6,34E-04	0,0875
92	0,001742	6,50E-05	0,0244	499	0,009451	6,35E-04	0,0872
93	0,001761	7,43E-05	0,0211	500	0,00947	6,37E-04	0,0870
94	0,00178	8,41E-05	0,0173	501	0,009489	6,38E-04	0,0867
95	0,001799	9,44E-05	0,0131	502	0,009508	6,38E-04	0,0864
96	0,001818	1,05E-04	0,0083	503	0,009527	6,42E-04	0,0861
97	0,001837	1,16E-04	0,0031	504	0,009545	6,42E-04	0,0858
98	0,001856	1,27E-04	-0,0026	505	0,009564	6,43E-04	0,0855
99	0,001875	1,37E-04	-0,0086	506	0,009583	6,45E-04	0,0852
100	0,001894	1,47E-04	-0,0149	507	0,009602	6,47E-04	0,0849
101	0,001913	1,57E-04	-0,0213	508	0,009621	6,40E-04	0,0846
102	0,001932	1,65E-04	-0,0277	509	0,00964	6,51E-04	0,0843
103	0,001951	1,72E-04	-0,0341	510	0,009659	6,50E-04	0,0840
104	0,00197	1,77E-04	-0,0402	511	0,009678	6,49E-04	0,0837
105	0,001989	1,80E-04	-0,0461	512	0,009697	6,50E-04	0,0834
106	0,002008	1,80E-04	-0,0515	513	0,009716	6,51E-04	0,0830
107	0,002027	1,78E-04	-0,0565	514	0,009735	6,55E-04	0,0827
108	0,002045	1,73E-04	-0,0609	515	0,009754	6,46E-04	0,0823
109	0,002064	1,65E-04	-0,0647	516	0,009773	6,39E-04	0,0820

110	0,002083	1,53E-04	-0,0679	517	0,009792	6,27E-04	0,0816
111	0,002102	1,38E-04	-0,0704	518	0,009811	6,23E-04	0,0812
112	0,002121	1,20E-04	-0,0723	519	0,00983	6,22E-04	0,0808
113	0,00214	9,79E-05	-0,0736	520	0,009848	6,23E-04	0,0804
114	0,002159	7,28E-05	-0,0744	521	0,009867	6,24E-04	0,0800
115	0,002178	4,47E-05	-0,0746	522	0,009886	6,24E-04	0,0796
116	0,002197	1,38E-05	-0,0743	523	0,009905	6,24E-04	0,0791
117	0,002216	-1,97E-05	-0,0736	524	0,009924	6,24E-04	0,0787
118	0,002235	-5,53E-05	-0,0725	525	0,009943	6,24E-04	0,0783
119	0,002254	-9,26E-05	-0,0711	526	0,009962	6,23E-04	0,0778
120	0,002273	-1,31E-04	-0,0695	527	0,009981	6,23E-04	0,0774
121	0,002292	-1,71E-04	-0,0675	528	0,01	6,22E-04	0,0769
122	0,002311	-2,11E-04	-0,0654	529	0,010019	6,22E-04	0,0765
123	0,00233	-2,53E-04	-0,0631	530	0,010038	1,24E-03	0,0760
124	0,002348	-2,96E-04	-0,0607	531	0,010057	6,20E-04	0,0756
125	0,002367	-3,37E-04	-0,0582	532	0,010076	6,19E-04	0,0751
126	0,002386	-3,78E-04	-0,0556	533	0,010095	6,19E-04	0,0746
127	0,002405	-4,18E-04	-0,0530	534	0,010114	6,18E-04	0,0742
128	0,002424	-4,57E-04	-0,0503	535	0,010133	6,18E-04	0,0737
129	0,002443	-4,95E-04	-0,0477	536	0,010152	6,17E-04	0,0732
130	0,002462	-5,32E-04	-0,0450	537	0,01017	6,16E-04	0,0728
131	0,002481	-5,68E-04	-0,0423	538	0,010189	6,16E-04	0,0723
132	0,0025	-6,02E-04	-0,0397	539	0,010208	6,15E-04	0,0719
133	0,002519	-6,36E-04	-0,0371	540	0,010227	6,15E-04	0,0714
134	0,002538	-6,68E-04	-0,0346	541	0,010246	6,14E-04	0,0710
135	0,002557	-6,98E-04	-0,0321	542	0,010265	6,14E-04	0,0705
136	0,002576	-7,28E-04	-0,0297	543	0,010284	6,14E-04	0,0701
137	0,002595	-7,56E-04	-0,0273	544	0,010303	6,13E-04	0,0697
138	0,002614	-7,82E-04	-0,0250	545	0,010322	6,13E-04	0,0692
139	0,002633	-8,07E-04	-0,0228	546	0,010341	6,13E-04	0,0688
140	0,002652	-8,31E-04	-0,0207	547	0,01036	6,13E-04	0,0684

141	0,00267	-8,53E-04	-0,0187	548	0,010379	6,13E-04	0,0680
142	0,002689	-8,74E-04	-0,0167	549	0,010398	6,13E-04	0,0676
143	0,002708	-8,93E-04	-0,0148	550	0,010417	6,13E-04	0,0671
144	0,002727	-9,11E-04	-0,0130	551	0,010436	6,13E-04	0,0667
145	0,002746	-9,28E-04	-0,0112	552	0,010455	6,13E-04	0,0663
146	0,002765	-9,44E-04	-0,0095	553	0,010473	6,14E-04	0,0659
147	0,002784	-9,58E-04	-0,0078	554	0,010492	6,14E-04	0,0654
148	0,002803	-9,71E-04	-0,0062	555	0,010511	6,15E-04	0,0650
149	0,002822	-9,82E-04	-0,0046	556	0,01053	6,15E-04	0,0646
150	0,002841	-9,91E-04	-0,0030	557	0,010549	6,16E-04	0,0641
151	0,00286	-9,98E-04	-0,0015	558	0,010568	6,17E-04	0,0637
152	0,002879	-1,00E-03	0,0001	559	0,010587	6,18E-04	0,0632
153	0,002898	-1,00E-03	0,0016	560	0,010606	6,19E-04	0,0628
154	0,002917	-1,00E-03	0,0032	561	0,010625	6,20E-04	0,0623
155	0,002936	-9,96E-04	0,0048	562	0,010644	6,21E-04	0,0619
156	0,002955	-9,88E-04	0,0064	563	0,010663	6,23E-04	0,0614
157	0,002973	-9,77E-04	0,0080	564	0,010682	6,24E-04	0,0609
158	0,002992	-9,63E-04	0,0096	565	0,010701	6,26E-04	0,0605
159	0,003011	-9,48E-04	0,0113	566	0,01072	6,28E-04	0,0600
160	0,00303	-9,31E-04	0,0131	567	0,010739	6,29E-04	0,0596
161	0,003049	-9,13E-04	0,0148	568	0,010758	6,31E-04	0,0591
162	0,003068	-8,96E-04	0,0167	569	0,010777	6,34E-04	0,0586
163	0,003087	-8,79E-04	0,0185	570	0,010795	6,36E-04	0,0582
164	0,003106	-8,65E-04	0,0205	571	0,010814	6,38E-04	0,0577
165	0,003125	-8,54E-04	0,0224	572	0,010833	6,41E-04	0,0572
166	0,003144	-8,46E-04	0,0244	573	0,010852	6,43E-04	0,0568
167	0,003163	-8,43E-04	0,0265	574	0,010871	6,46E-04	0,0563
168	0,003182	-8,46E-04	0,0286	575	0,01089	6,49E-04	0,0558
169	0,003201	-8,56E-04	0,0307	576	0,010909	6,52E-04	0,0553
170	0,00322	-8,73E-04	0,0328	577	0,010928	6,55E-04	0,0549
171	0,003239	-8,99E-04	0,0349	578	0,010947	6,59E-04	0,0544

172	0,003258	-9,35E-04	0,0371	579	0,010966	6,62E-04	0,0539
173	0,003277	-9,82E-04	0,0393	580	0,010985	6,65E-04	0,0535
174	0,003295	-1,04E-03	0,0415	581	0,011004	6,69E-04	0,0530
175	0,003314	-1,11E-03	0,0437	582	0,011023	6,72E-04	0,0525
176	0,003333	-1,20E-03	0,0458	583	0,011042	6,76E-04	0,0521
177	0,003352	-1,30E-03	0,0480	584	0,011061	6,79E-04	0,0516
178	0,003371	-1,42E-03	0,0502	585	0,01108	6,83E-04	0,0512
179	0,00339	-1,55E-03	0,0523	586	0,011098	6,87E-04	0,0507
180	0,003409	-1,70E-03	0,0544	587	0,011117	6,91E-04	0,0503
181	0,003428	-8,91E-04	0,0565	588	0,011136	6,95E-04	0,0498
182	0,003447	-9,31E-04	0,0586	589	0,011155	6,98E-04	0,0494
183	0,003466	-9,74E-04	0,0607	590	0,011174	7,02E-04	0,0489
184	0,003485	-1,02E-03	0,0627	591	0,011193	7,06E-04	0,0485
185	0,003504	-1,07E-03	0,0647	592	0,011212	1,42E-03	0,0480
186	0,003523	-1,11E-03	0,0667	593	0,011231	7,17E-04	0,0476
187	0,003542	-1,16E-03	0,0687	594	0,01125	7,21E-04	0,0471
188	0,003561	-1,22E-03	0,0706	595	0,011269	7,25E-04	0,0467
189	0,00358	-1,27E-03	0,0726	596	0,011288	7,29E-04	0,0462
190	0,003598	-1,32E-03	0,0745	597	0,011307	7,32E-04	0,0458
191	0,003617	-1,38E-03	0,0764	598	0,011326	7,36E-04	0,0453
192	0,003636	-1,43E-03	0,0783	599	0,011345	7,39E-04	0,0449
193	0,003655	-1,49E-03	0,0802	600	0,011364	7,42E-04	0,0444
194	0,003674	-1,55E-03	0,0820	601	0,011383	7,46E-04	0,0440
195	0,003693	-1,60E-03	0,0839	602	0,011402	7,49E-04	0,0435
196	0,003712	-1,66E-03	0,0858	603	0,01142	7,52E-04	0,0431
197	0,003731	-1,72E-03	0,0876	604	0,011439	7,55E-04	0,0427
198	0,00375	-1,77E-03	0,0895	605	0,011458	7,58E-04	0,0422
199	0,003769	-1,82E-03	0,0914	606	0,011477	7,60E-04	0,0418
200	0,003788	-1,87E-03	0,0932	607	0,011496	7,63E-04	0,0414
201	0,003807	-1,92E-03	0,0950	608	0,011515	7,65E-04	0,0410
202	0,003826	-1,96E-03	0,0969	609	0,011534	7,68E-04	0,0406

203	0,003845	-2,00E-03	0,0987	610	0,011553	7,70E-04	0,0401
204	0,003864	-2,04E-03	0,1005	611	0,011572	7,72E-04	0,0397
205	0,003883	-2,08E-03	0,1023	612	0,011591	7,74E-04	0,0393
206	0,003902	-2,11E-03	0,1040	613	0,01161	7,75E-04	0,0389
207	0,00392	-2,14E-03	0,1057	614	0,011629	7,77E-04	0,0385
208	0,003939	-2,17E-03	0,1074	615	0,011648	1,56E-03	0,0381
209	0,003958	-2,19E-03	0,1090	616	0,011667	7,80E-04	0,0377
210	0,003977	-2,20E-03	0,1105	617	0,011686	1,56E-03	0,0373
211	0,003996	-2,22E-03	0,1120	618	0,011705	7,83E-04	0,0369
212	0,004015	-2,23E-03	0,1134	619	0,011723	7,83E-04	0,0364
213	0,004034	-2,23E-03	0,1148	620	0,011742	7,83E-04	0,0360
214	0,004053	-2,23E-03	0,1160	621	0,011761	7,83E-04	0,0356
215	0,004072	-2,22E-03	0,1172	622	0,01178	7,83E-04	0,0352
216	0,004091	-2,21E-03	0,1182	623	0,011799	7,82E-04	0,0348
217	0,00411	-2,20E-03	0,1191	624	0,011818	7,81E-04	0,0344
218	0,004129	-2,18E-03	0,1199	625	0,011837	7,81E-04	0,0340
219	0,004148	-2,15E-03	0,1206	626	0,011856	7,80E-04	0,0336
220	0,004167	-2,12E-03	0,1211	627	0,011875	7,78E-04	0,0332
221	0,004186	-2,09E-03	0,1215	628	0,011894	7,77E-04	0,0328
222	0,004205	-2,05E-03	0,1218	629	0,011913	7,75E-04	0,0324
223	0,004223	-2,01E-03	0,1218	630	0,011932	7,73E-04	0,0320
224	0,004242	-1,96E-03	0,1218	631	0,011951	7,71E-04	0,0317
225	0,004261	-1,91E-03	0,1216	632	0,01197	7,69E-04	0,0313
226	0,00428	-1,86E-03	0,1212	633	0,011989	7,66E-04	0,0310
227	0,004299	-1,80E-03	0,1207	634	0,012008	7,64E-04	0,0306
228	0,004318	-1,74E-03	0,1200	635	0,012027	7,61E-04	0,0303
229	0,004337	-1,68E-03	0,1191	636	0,012045	7,58E-04	0,0300
230	0,004356	-1,62E-03	0,1182	637	0,012064	7,54E-04	0,0296
231	0,004375	-1,55E-03	0,1170	638	0,012083	7,51E-04	0,0293
232	0,004394	-1,48E-03	0,1158	639	0,012102	7,47E-04	0,0290
233	0,004413	-1,41E-03	0,1144	640	0,012121	7,43E-04	0,0287

234	0,004432	-1,35E-03	0,1129	641	0,01214	7,39E-04	0,0284
235	0,004451	-1,28E-03	0,1114	642	0,012159	7,34E-04	0,0281
236	0,00447	-1,21E-03	0,1097	643	0,012178	7,29E-04	0,0277
237	0,004489	-1,14E-03	0,1080	644	0,012197	7,25E-04	0,0274
238	0,004508	-1,07E-03	0,1062	645	0,012216	7,19E-04	0,0271
239	0,004527	-1,00E-03	0,1043	646	0,012235	7,14E-04	0,0268
240	0,004545	-9,37E-04	0,1024	647	0,012254	7,08E-04	0,0265
241	0,004564	-8,72E-04	0,1006	648	0,012273	7,03E-04	0,0261
242	0,004583	-8,08E-04	0,0987	649	0,012292	6,97E-04	0,0258
243	0,004602	-7,46E-04	0,0968	650	0,012311	6,90E-04	0,0255
244	0,004621	-6,86E-04	0,0949	651	0,01233	6,84E-04	0,0252
245	0,00464	-6,28E-04	0,0931	652	0,012348	6,77E-04	0,0249
246	0,004659	-5,72E-04	0,0913	653	0,012367	6,70E-04	0,0246
247	0,004678	-5,18E-04	0,0895	654	0,012386	6,63E-04	0,0243
248	0,004697	-4,66E-04	0,0878	655	0,012405	6,55E-04	0,0240
249	0,004716	-4,16E-04	0,0862	656	0,012424	6,48E-04	0,0237
250	0,004735	-3,69E-04	0,0847	657	0,012443	6,40E-04	0,0234
251	0,004754	-3,24E-04	0,0832	658	0,012462	6,31E-04	0,0231
252	0,004773	-2,82E-04	0,0818	659	0,012481	6,23E-04	0,0228
253	0,004792	-2,41E-04	0,0805	660	0,0125	6,14E-04	0,0226
254	0,004811	-2,03E-04	0,0792	661	0,012519	6,05E-04	0,0223
255	0,00483	-1,68E-04	0,0780	662	0,012538	5,96E-04	0,0221
256	0,004848	-1,34E-04	0,0769	663	0,012557	5,87E-04	0,0218
257	0,004867	-1,02E-04	0,0759	664	0,012576	5,77E-04	0,0215
258	0,004886	-7,31E-05	0,0749	665	0,012595	5,68E-04	0,0213
259	0,004905	-4,56E-05	0,0740	666	0,012614	5,57E-04	0,0210
260	0,004924	-2,01E-05	0,0731	667	0,012633	5,47E-04	0,0208
261	0,004943	3,62E-06	0,0723	668	0,012652	5,37E-04	0,0205
262	0,004962	2,57E-05	0,0716	669	0,01267	5,26E-04	0,0203
263	0,004981	4,61E-05	0,0708	670	0,012689	5,15E-04	0,0200
264	0,005	6,51E-05	0,0701	671	0,012708	5,04E-04	0,0197

265	0,005019	8,26E-05	0,0695	672	0,012727	4,92E-04	0,0194
266	0,005038	9,89E-05	0,0688	673	0,012746	4,81E-04	0,0191
267	0,005057	1,14E-04	0,0682	674	0,012765	4,69E-04	0,0188
268	0,005076	1,28E-04	0,0676	675	0,012784	4,57E-04	0,0184
269	0,005095	1,41E-04	0,0670	676	0,012803	4,44E-04	0,0181
270	0,005114	1,53E-04	0,0664	677	0,012822	4,32E-04	0,0178
271	0,005133	1,64E-04	0,0658	678	0,012841	4,19E-04	0,0175
272	0,005152	1,75E-04	0,0652	679	0,01286	4,06E-04	0,0171
273	0,00517	1,85E-04	0,0646	680	0,012879	3,93E-04	0,0168
274	0,005189	1,94E-04	0,0640	681	0,012898	3,80E-04	0,0165
275	0,005208	2,03E-04	0,0634	682	0,012917	3,66E-04	0,0162
276	0,005227	2,12E-04	0,0629	683	0,012936	3,53E-04	0,0159
277	0,005246	2,20E-04	0,0623	684	0,012955	3,39E-04	0,0156
278	0,005265	2,28E-04	0,0618	685	0,012973	3,25E-04	0,0153
279	0,005284	2,36E-04	0,0613	686	0,012992	3,11E-04	0,0151
280	0,005303	2,43E-04	0,0608	687	0,013011	2,97E-04	0,0148
281	0,005322	2,51E-04	0,0603	688	0,01303	2,82E-04	0,0146
282	0,005341	2,59E-04	0,0598	689	0,013049	2,68E-04	0,0144
283	0,00536	2,66E-04	0,0594	690	0,013068	2,53E-04	0,0142
284	0,005379	2,74E-04	0,0591	691	0,013087	2,38E-04	0,0140
285	0,005398	2,82E-04	0,0587	692	0,013106	2,23E-04	0,0138
286	0,005417	2,89E-04	0,0584	693	0,013125	2,08E-04	0,0136
287	0,005436	2,97E-04	0,0581	694	0,013144	1,93E-04	0,0135
288	0,005455	3,05E-04	0,0579	695	0,013163	1,78E-04	0,0133
289	0,005473	3,13E-04	0,0577	696	0,013182	1,63E-04	0,0132
290	0,005492	3,21E-04	0,0576	697	0,013201	1,48E-04	0,0131
291	0,005511	3,30E-04	0,0575	698	0,01322	1,33E-04	0,0129
292	0,00553	3,38E-04	0,0574	699	0,013239	1,18E-04	0,0128
293	0,005549	3,47E-04	0,0574	700	0,013258	1,02E-04	0,0127
294	0,005568	3,55E-04	0,0574	701	0,013277	1,59E-04	0,0126
295	0,005587	3,64E-04	0,0575	702	0,013295	5,68E-05	0,0125

296	0,005606	3,72E-04	0,0576	703	0,013314	4,17E-05	0,0125
297	0,005625	3,81E-04	0,0578	704	0,013333	2,67E-05	0,0124
298	0,005644	3,90E-04	0,0579	705	0,013352	1,17E-05	0,0124
299	0,005663	3,99E-04	0,0582	706	0,013371	-2,11E-05	0,0123
300	0,005682	4,07E-04	0,0584	707	0,01339	-3,26E-05	0,0123
301	0,005701	4,16E-04	0,0588	708	0,013409	-4,72E-05	0,0123
302	0,00572	4,24E-04	0,0591	709	0,013428	-6,15E-05	0,0123
303	0,005739	4,33E-04	0,0595	710	0,013447	-7,58E-05	0,0123
304	0,005758	4,41E-04	0,0600	711	0,013466	-8,99E-05	0,0123
305	0,005777	4,49E-04	0,0604	712	0,013485	-1,04E-04	0,0124
306	0,005795	4,56E-04	0,0610	713	0,013504	-1,18E-04	0,0124
307	0,005814	4,64E-04	0,0616	714	0,013523	-1,31E-04	0,0124
308	0,005833	4,71E-04	0,0622	715	0,013542	-1,44E-04	0,0125
309	0,005852	4,78E-04	0,0629	716	0,013561	-1,57E-04	0,0125
310	0,005871	4,85E-04	0,0637	717	0,01358	-1,70E-04	0,0125
311	0,00589	4,91E-04	0,0645	718	0,013598	-1,83E-04	0,0126
312	0,005909	4,97E-04	0,0654	719	0,013617	-1,95E-04	0,0126
313	0,005928	5,03E-04	0,0663	720	0,013636	-2,07E-04	0,0126
314	0,005947	5,08E-04	0,0672	721	0,013655	-2,19E-04	0,0126
315	0,005966	5,13E-04	0,0683	722	0,013674	-2,31E-04	0,0126
316	0,005985	5,17E-04	0,0693	723	0,013693	-2,42E-04	0,0126
317	0,006004	5,21E-04	0,0704	724	0,013712	-2,53E-04	0,0126
318	0,006023	5,24E-04	0,0716	725	0,013731	-2,64E-04	0,0126
319	0,006042	5,27E-04	0,0727	726	0,01375	-2,74E-04	0,0126
320	0,006061	5,30E-04	0,0740	727	0,013769	-2,84E-04	0,0125
321	0,00608	5,32E-04	0,0752	728	0,013788	-2,94E-04	0,0125
322	0,006098	5,33E-04	0,0765	729	0,013807	-3,03E-04	0,0124
323	0,006117	5,34E-04	0,0778	730	0,013826	-3,12E-04	0,0124
324	0,006136	5,35E-04	0,0791	731	0,013845	-3,21E-04	0,0123
325	0,006155	5,35E-04	0,0804	732	0,013864	-3,30E-04	0,0122
326	0,006174	5,34E-04	0,0818	733	0,013883	-3,38E-04	0,0121

327	0,006193	5,33E-04	0,0832	734	0,013902	-3,45E-04	0,0120
328	0,006212	5,31E-04	0,0846	735	0,01392	-3,53E-04	0,0119
329	0,006231	5,29E-04	0,0860	736	0,013939	-3,60E-04	0,0118
330	0,00625	5,27E-04	0,0875	737	0,013958	-3,67E-04	0,0117
331	0,006269	5,24E-04	0,0889	738	0,013977	-3,74E-04	0,0116
332	0,006288	5,20E-04	0,0904	739	0,013996	-3,80E-04	0,0115
333	0,006307	5,16E-04	0,0919	740	0,014015	-3,86E-04	0,0114
334	0,006326	5,11E-04	0,0933	741	0,014034	-3,91E-04	0,0112
335	0,006345	5,07E-04	0,0949	742	0,014053	-3,96E-04	0,0111
336	0,006364	5,01E-04	0,0964	743	0,014072	-4,01E-04	0,0110
337	0,006383	4,95E-04	0,0979	744	0,014091	-4,06E-04	0,0109
338	0,006402	4,89E-04	0,0994	745	0,01411	-4,10E-04	0,0107
339	0,00642	4,82E-04	0,1009	746	0,014129	-4,14E-04	0,0106
340	0,006439	4,75E-04	0,1025	747	0,014148	-4,18E-04	0,0105
341	0,006458	4,68E-04	0,1040	748	0,014167	-4,21E-04	0,0104
342	0,006477	4,61E-04	0,1055	749	0,014186	-4,24E-04	0,0102
343	0,006496	4,53E-04	0,1070	750	0,014205	-4,27E-04	0,0101
344	0,006515	4,44E-04	0,1085	751	0,014223	-4,29E-04	0,0100
345	0,006534	4,36E-04	0,1100	752	0,014242	-4,31E-04	0,0099
346	0,006553	4,27E-04	0,1115	753	0,014261	-4,33E-04	0,0097
347	0,006572	4,18E-04	0,1129	754	0,01428	-4,35E-04	0,0096
348	0,006591	4,09E-04	0,1143	755	0,014299	-4,36E-04	0,0095
349	0,00661	3,99E-04	0,1157	756	0,014318	-4,37E-04	0,0094
350	0,006629	3,90E-04	0,1170	757	0,014337	-4,37E-04	0,0093
351	0,006648	3,80E-04	0,1183	758	0,014356	-4,37E-04	0,0091
352	0,006667	3,70E-04	0,1196	759	0,014375	-4,37E-04	0,0090
353	0,006686	3,60E-04	0,1209	760	0,014394	-4,36E-04	0,0089
354	0,006705	3,50E-04	0,1221	761	0,014413	-4,36E-04	0,0088
355	0,006723	3,40E-04	0,1233	762	0,014432	-4,34E-04	0,0087
356	0,006742	3,30E-04	0,1244	763	0,014451	-4,33E-04	0,0085
357	0,006761	3,20E-04	0,1255	764	0,01447	-4,31E-04	0,0084

358	0,00678	3,09E-04	0,1266	765	0,014489	-4,29E-04	0,0083
359	0,006799	2,99E-04	0,1276	766	0,014508	-4,26E-04	0,0082
360	0,006818	2,89E-04	0,1286	767	0,014527	-4,23E-04	0,0081
361	0,006837	2,79E-04	0,1295	768	0,014545	-4,20E-04	0,0079
362	0,006856	2,69E-04	0,1305	769	0,014564	-4,17E-04	0,0078
363	0,006875	2,58E-04	0,1314	770	0,014583	-4,13E-04	0,0077
364	0,006894	2,48E-04	0,1322	771	0,014602	-4,09E-04	0,0076
365	0,006913	2,38E-04	0,1330	772	0,014621	-4,04E-04	0,0074
366	0,006932	2,28E-04	0,1338	773	0,01464	-3,99E-04	0,0073
367	0,006951	2,18E-04	0,1346	774	0,014659	-3,94E-04	0,0072
368	0,00697	2,09E-04	0,1353	775	0,014678	-3,88E-04	0,0070
369	0,006989	1,99E-04	0,1360	776	0,014697	-3,82E-04	0,0069
370	0,007008	1,89E-04	0,1367	777	0,014716	-3,76E-04	0,0067
371	0,007027	1,80E-04	0,1373	778	0,014735	-3,70E-04	0,0066
372	0,007045	1,71E-04	0,1379	779	0,014754	-3,63E-04	0,0065
373	0,007064	1,62E-04	0,1385	780	0,014773	-3,56E-04	0,0063
374	0,007083	1,53E-04	0,1390	781	0,014792	-3,49E-04	0,0062
375	0,007102	1,44E-04	0,1395	782	0,014811	-3,41E-04	0,0060
376	0,007121	1,35E-04	0,1399	783	0,01483	-3,34E-04	0,0059
377	0,00714	1,27E-04	0,1404	784	0,014848	-3,25E-04	0,0057
378	0,007159	1,18E-04	0,1408	785	0,014867	-3,17E-04	0,0056
379	0,007178	1,10E-04	0,1411	786	0,014886	-3,09E-04	0,0054
380	0,007197	1,02E-04	0,1415	787	0,014905	-3,00E-04	0,0052
381	0,007216	9,48E-05	0,1418	788	0,014924	-2,91E-04	0,0051
382	0,007235	8,74E-05	0,1421	789	0,014943	-2,82E-04	0,0049
383	0,007254	8,03E-05	0,1423	790	0,014962	-2,73E-04	0,0047
384	0,007273	7,34E-05	0,1426	791	0,014981	-2,64E-04	0,0046
385	0,007292	6,67E-05	0,1428	792	0,015	-2,55E-04	0,0044
386	0,007311	6,04E-05	0,1430	793	0,015019	-2,45E-04	0,0042
387	0,00733	5,43E-05	0,1431	794	0,015038	-2,36E-04	0,0040
388	0,007348	4,86E-05	0,1432	795	0,015057	-2,26E-04	0,0038

389	0,007367	4,31E-05	0,1433	796	0,015076	-2,16E-04	0,0037
390	0,007386	3,81E-05	0,1434	797	0,015095	-2,07E-04	0,0035
391	0,007405	3,33E-05	0,1435	798	0,015114	-1,97E-04	0,0033
392	0,007424	2,89E-05	0,1435	799	0,015133	-1,88E-04	0,0031
393	0,007443	2,49E-05	0,1435	800	0,015152	-1,78E-04	0,0029
394	0,007462	2,13E-05	0,1434	801	0,01517	-1,69E-04	0,0027
395	0,007481	1,81E-05	0,1433	802	0,015189	-1,59E-04	0,0025
396	0,0075	1,52E-05	0,1432	803	0,015208	-1,50E-04	0,0023
397	0,007519	1,28E-05	0,1431	804	0,015227	-1,41E-04	0,0021
398	0,007538	1,09E-05	0,1429	805	0,015246	-1,32E-04	0,0019
399	0,007557	9,37E-06	0,1427	806	0,015265	-1,23E-04	0,0017
400	0,007576	8,33E-06	0,1425	807	0,015284	-1,14E-04	0,0015
401	0,007595	7,69E-06	0,1422	808	0,015303	-1,06E-04	0,0013
402	0,007614	7,56E-06	0,1420	809	0,015322	-9,76E-05	0,0011
403	0,007633	7,94E-06	0,1417	810	0,015341	-8,96E-05	0,0010
404	0,007652	8,80E-06	0,1413	811	0,01536	-8,18E-05	0,0008
405	0,00767	1,01E-05	0,1410	812	0,015379	-7,43E-05	0,0006
406	0,007689	1,19E-05	0,1406	813	0,015398	-6,71E-05	0,0005
407	0,007708	1,42E-05	0,1401	814	0,015417	-6,01E-05	0,0004

Phụ lục 13

GIẤY CHỨNG NHẬN KẾT QUẢ ĐO KIỂM ĐỘNG CƠ VIKYNO RV165-2 SAU KHI CẢI TIẾN CỤM HỌNG NẠP CỦA TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3

 TỔNG CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3		
KT3-00858BCK9/2	PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TEST REPORT	16/05/2019 Trang 01/06
1. Tên mẫu	: ĐỘNG CƠ DIESEL RV165-2 (SAU KHI THAY NẠP XYLANH VÀ CỖ NỔI BỘ LỌC GIÓ)	
2. Số lượng mẫu	: 01	
3. Mô tả mẫu	+ Động cơ RV165-2 – Vikyno – Khối lượng 132,2 kg – Số hiệu 6556 + Hệ thống thử tải động cơ PTB-60R-B - Nhật - Khả năng đo 10,7 kgf.m; 8 000 r/min + Cảm biến tải LU-100KE – Nhật – Khả năng đo 100 kgf – Số hiệu YP 2080010 + Chiều dài cánh + Nạp xylanh + Cỗ nổi bộ lọc gió (Xem trang 03/06 ... 06/06)	
4. Ngày nhận mẫu	: 21/03/2019	
5. Nơi gửi mẫu	: CÔNG TY VIKYNO & VINAPPRO KHU PHỐ I, PHƯỜNG BÌNH ĐÀ, BIÊN HÒA, ĐỒNG NAI	
6. Nơi thử nghiệm	: KHU PHỐ I, PHƯỜNG BÌNH ĐÀ, BIÊN HÒA, ĐỒNG NAI	
7. Điều kiện thử nghiệm:	(27 ± 5) °C; (50 ± 20) %RH	
8. Ngày thử nghiệm	: 13/05/2019	
9. Phương pháp thử	: QUI TRÌNH KIỂM TRA CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ RV165-2 (Qui trình kiểm tra của phòng Quản lý chất lượng - Vi kyno ngày 29/12/2010)	
10. Kết quả thử nghiệm	: Xem trang 02/06...06/06	
P.TRƯỞNG PTN CƠ KHÍ  Phạm Văn Út		
 Nguyễn Tấn Tùng		
<small> 1. Các kết quả thử nghiệm ghi trong phiếu này chỉ có giá trị đối với mẫu do khách hàng gửi đến. / Test results are valid for the namely submitted sample(s) only. 2. Không được trích sao một phần phiếu kết quả thử nghiệm này nếu không có sự đồng ý bằng văn bản của Trung tâm Kỹ thuật 3. This Test Report shall not be reproduced, except in full, without the written permission by Quatest 3. 3. N/A: không áp dụng. / Not applicable. 4. Tên mẫu, tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của nơi gửi mẫu. / Name of sample(s) and customer are written as customer's request. 5. Đã không đảm bảo đo mô rộng sức lượng được tính với k = 2, mức tin cậy 95%. Khách hàng có thể liên hệ theo địa chỉ dưới để biết thêm thông tin. Estimated expanded uncertainty of measurements with k = 2, at 95% confidence level. Please contact Quatest 3 at the below address for further information. </small>		
<small> Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3829 4274 Fax: (84-28) 3829 9012 Website: www.quatest3.com.vn Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 IZ, Dong Nai, Vietnam Tel: (84-251) 383 6212 Fax: (84-251) 383 6298 E-mail: tm-ckh@quatest3.com.vn CS lot, KI road, Cat Lai IZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3742 3174 E-mail: tm-ckh@quatest3.com.vn </small>		
<small>Lần sửa đổi: 0 BH12 (07/2018) M03/1 – TTTN09</small>		

KT3-00858BCK9/2

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM
TEST REPORT
05/2019
02/06

10. Kết quả thử nghiệm :

Thông số kiểm tra	Kết quả thử nghiệm	
	Chế độ tải định mức (4/4)	Chế độ tải max (N ₀ -0)
- Thời điểm kiểm tra,	P ₄	P ₃
- Thời gian hoạt động,	2	2
- Tốc độ quay n,	r/min 2 200	2 400
- Mô men xoắn M,	kgf.m 4,58	5,54
	N.m 44,9	54,8
- Công suất N,	W 10 344	13 766
	hp 13,9	18,5
- Dung tích dầu,	mL 30	-
- Khối lượng dầu m,	g 24,9	-
- Thời gian tiêu thụ nhiên liệu t,	s 34,5	-
- Suất tiêu hao nhiên liệu S,	g/hp.h 187	-

Ghi chú:

- Công suất N = M.II.n / 30 [W]
- Suất tiêu hao nhiên liệu S = 3 600 m / N.t [g/hp.h]
- 1 hp # 746 W
- Gia tốc trọng trường g = 9,81 m/s²


TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3
QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3

Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3829 4274 Fax: (84-28) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn
 Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 IZ, Dong Nai, Vietnam Tel: (84-251) 383 6212 Fax: (84-251) 383 6298 E-mail: tn-skh@quatest3.com.vn
 CS lot, K1 road, Cai Lai IZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3742 3174 E-mail: tn-skh@quatest3.com.vn

Lần sửa đổi: 0

BH12 (07/2018)

M03/2 – TTTN09

KT3-00858BCK9 /2

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM
TEST REPORT

06/05/2019
03/06



ĐỘNG CƠ RV165-2

QUATEST 3



TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3
QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3

Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3829 4274 Fax: (84-28) 3829 2012 Website: www.quatest3.com.vn
Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 LZ, Dong Nai, Vietnam Tel: (84-251) 383 6212 Fax: (84-251) 383 6298 E-mail: in-ekhh@quatest3.com.vn
CS Mt, Ki road, Cat Lai LZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3742 3174 E-mail: in-ekhh@quatest3.com.vn

Lần sửa đổi: 0

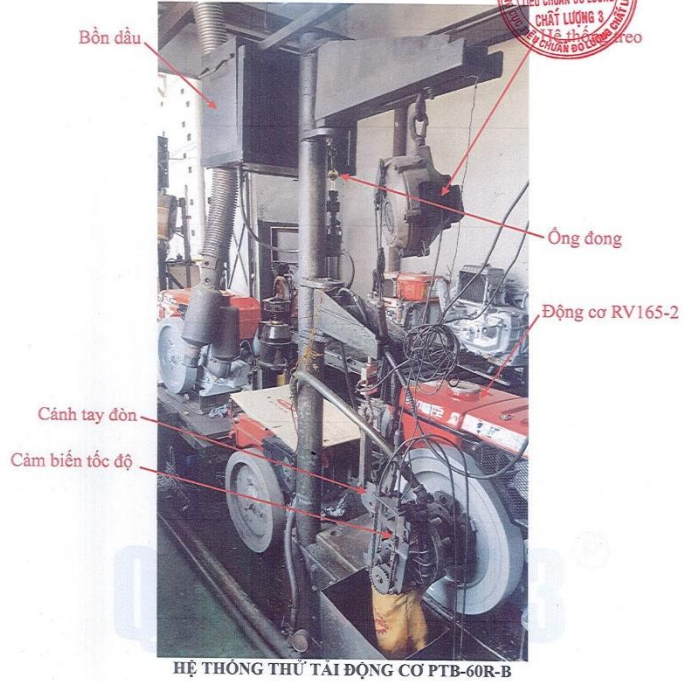
BH12 (07/2018)

M03/2 - TTTN09

KT3-00858BCK9/2

PHIẾU KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM
TEST REPORT

16/05/2019
Ngày 04/06



TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3
QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3

Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3829 4274 Fax: (84-28) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn
Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 IZ, Dong Nai, Vietnam Tel: (84-251) 383 6212 Fax: (84-251) 383 6298 E-mail: m-skh@quatest3.com.vn
CS lot, K1 road, Cat Lai IZ, Dist. 2, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3742 3174 E-mail: m-skh@quatest3.com.vn

Lần sửa đổi: 0

BH12 (07/2018)

M03/2 - TTTN09



BỘ CHỈ THỊ TẠI



— Ống đong 38ml

— Bồn dầu

— Van đóng mở

— Ống cấp dầu

HỆ THỐNG CẤP NHIÊN LIỆU



TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3
QUALITY ASSURANCE & TESTING CENTER 3

Head Office: 49 Pasteur, Dist. 1, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3829 4274 Fax: (84-28) 3829 3012 Website: www.quatest3.com.vn
Testing: No. 7, road No. 1, Bien Hoa 1 Z, Dong Nai, Vietnam Tel: (84-251) 383 8212 Fax: (84-251) 383 6298 E-mail: tm-askh@quatest3.com.vn
CS lot, K1 road, Cat Lai Z, Dist. 2, HCMC, Vietnam Tel: (84-28) 3742 3160 Fax: (84-28) 3742 3174 E-mail: tm-eskh@quatest3.com.vn

Lần sửa đổi: 0

BH12 (07/2018)

M03/2 - TTTN09



Hình 1. Giấy chứng nhận kết quả thực nghiệm của động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến còm họng / xúpap nạp bên trong lẫn bên ngoài nắp xilanh của tổng cục tiêu chuẩn và đo lường chất lượng TRUNG TÂM KỸ THUẬT VÀ ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3.

Phụ lục 14

CODE MATLAB MẠNG NƠ-RON NHÂN TẠO (ANN) VÀ TIẾN HÓA VI PHÂN (DE)

```
%%%lop an la 1
clc
clear all;
close all;
dataa=xlsread('data100.xlsx','a1:f100');
inputs = dataa(:,1:end-1);
targets =dataa(:,end)';
performance = 9999;
i=0;
while performance>.4 && i<100
    i=i+1;
hiddenLayerSize = 5;
net = fitnet(hiddenLayerSize);
% Set up Division of Data for Training, Validation, Testing
net.divideParam.trainRatio = 60/100;
net.divideParam.valRatio = 20/100;
net.divideParam.testRatio = 20/100;
% Train the Network
[net,tr] = train(net,inputs,targets);
tInd = tr.valInd;
tstOutputs = net(inputs(tInd));
performance = perform(net,targets(tInd),tstOutputs);
end
% View the Network performance
```

```

view(net)
save('modelG.mat','net','tr')

clear all;
close all;
clc;
res= [];
k = 51; %51 is function approximated by ANN.
func = callFunction2(k); %get the function struct for [1...51] functions
objfun = func.name; % function to be optimized
dim = func.dim; %dimension of the problem
Lb = func.lowerlimit*[15 102 11 2 40]; %lower limit of the problem
Ub = func.upperlimit*[18 105 13 4 42]; %upper limit of the problem
Popsize = 20;
Options.Popsize = 20;
Options.tol = 1e-6;
Options.Totalgen = 5000;
Options.Display = 'yes';
Options.NoInteger = 0;
tic
[itr,xval,fval,fve] = DE_Unconstraintve(objfun,Popsize,dim,Lb,Ub)
toc;

%ham dot bien va lai tao
function offpop = AdaptiveReproduce(Fx, Pop, Popsize, lu, dim, delta)
offpop = zeros(Popsize, dim);
for i = 1 : Popsize
    F = 0.4 + (1-0.4).*rand;
    if abs(delta) > 1e-6

```

```

% rand/1
r = BasicSelection(Popsize, i, Fx, 'rand/1');% lua chon ba ca the tham gia dot
bien
%thuc hien dot bien
for k = 1:dim
    v(1,k) = Pop(r(1), k) + F * (Pop(r(2), k) - Pop(r(3), k));
end

else
% current/to/best/1
r = BasicSelection(Popsize, i, Fx, 'best/1');% lua chon ba ca the tham gia dot
bien
%v = x(i, :) + F .* (x(r(1), :) - x(i, :)) + F .* (x(r(2), :) - x(r(3), :));
for k = 1:dim
    v(1,k) = Pop(i, k) + F * (Pop(r(1), k) - Pop(i, k)) + F .* (Pop(r(2), k) -
Pop(r(3), k));
end
end
% x? ly cac phan tu vi pham dieu kien bien
vioLow = find(v < lu(1, :));
if ~isempty(vioLow)
    v(1, vioLow) = 2 .* lu(1, vioLow) - v(1, vioLow);
    vioLowUpper = find(v(1, vioLow) > lu(2, vioLow));
    if ~isempty(vioLowUpper)
        v(1, vioLow(vioLowUpper)) = lu(2, vioLow(vioLowUpper));
    end
end
vioUpper = find(v > lu(2, :));
if ~isempty(vioUpper)

```

```

v(1, vioUpper) = 2 .* lu(2, vioUpper) - v(1, vioUpper);
vioUpperLow = find(v(1, vioUpper) < lu(1, vioUpper));
if ~isempty(vioUpperLow)
    v(1, vioUpper(vioUpperLow)) = lu(1, vioUpper(vioUpperLow));
end
end

% lai tao
CR = 0.7 + (1-0.7).*rand;
jRand = floor(rand * dim + 1);
t = rand(1, dim)<CR;
t(1, jRand) = 1;
t_ = 1 - t;
u = t .* v + t_ .* Pop(i, :);

% cap nhat dan so sau khi lai tao
offpop( i , : ) = u;

end

function [ ObjVal ] = annfunc( Cs )
load('model4u.mat');
Cs(:,5)=round(Cs(:,5),0);
ObjVal =-net(Cs');
end

%%lop an la 1 hoac la 9
clc
clear all;

```

```

close all;
dataa=xlsread('kq.xlsx','a1:f84');
inputs = dataa(:,1:end-1)';
targets =dataa(:,end)';
corT=-1;
corV=-1;
i=923;
while (corT<0.25 || corV<.25 || isnan(corT) || isnan(corV)) && i<1000
    i=i+1
    hiddenLayerSize = 6;
    net = fitnet(hiddenLayerSize);
    % Set up Division of Data for Training, Validation, Testing
    net.divideParam.trainRatio = 60/100;
    net.divideParam.valRatio = 20/100;
    net.divideParam.testRatio = 20/100;
    % Train the Network
    [net,tr] = train(net,inputs,targets);
    tInd = tr.trainInd;
    tstOutputs = net(inputs(tInd));
    corT=corr(targets(tInd)',tstOutputs','Type','Spearman');
    %corr tren tap validation
    tInd = tr.valInd;
    tstOutputs = net(inputs(tInd));
    corV=corr(targets(tInd)',tstOutputs','Type','Spearman');
end
i
corT
corV
%performance in test case

```

```

tInd = tr.testInd;
tstOutputs = net(inputs(tInd));
corTest=corr(targets(tInd),tstOutputs,'Type','Spearman')
%performance in test case
% View the Network performance
view(net)
save('model2.mat','net')

%% %lop an la 1 hoac la 9
clc
clear all;
close all;
dataa=xlsread('kq.xlsx','a1:f78');
inputs = dataa(:,1:end-1);
targets =dataa(:,end)';
performance=9999;
performanceval=9999;
i=330;
while (performance>2 || performanceval>2 || isnan(performance) ||
isnan(performanceval)) && i<1000
    i=i+1
hiddenLayerSize = 10;
net = fitnet(hiddenLayerSize);
% Set up Division of Data for Training, Validation, Testing
net.divideParam.trainRatio = 60/100;
net.divideParam.valRatio = 20/100;
net.divideParam.testRatio = 20/100;
% Train the Network
[net,tr] = train(net,inputs,targets);

```

```

%chi so nhung phan tu train
tInd = tr.trainInd;
% gia tri nhung phan tu train
inputtrain=inputs(:,tInd);
%nhan nhung phan tu train
labtrain=targetsets(tInd);
% focus vao nhung pt co ket qua lon
idx=find(labtrain>79.9999);
tstOutputs = net(inputtrain(:,idx));
performance = perform(net,labtrain(idx),tstOutputs);

%per tren tap validation
tInd = tr.valInd;
% gia tri nhung phan tu val
inputval=inputs(:,tInd);
%nhan nhung phan tu train
labval=targetsets(tInd);
% focus vao nhung pt co ket qua lon
idx=find(labval>79.9999);
tstOutputs = net(inputval(:,idx));
performanceval = perform(net,labval(idx),tstOutputs);
end
i
%per tren tap test
tInd = tr.testInd;
% gia tri nhung phan tu val
inputtest=inputs(:,tInd);
%nhan nhung phan tu train
labtest=targetsets(tInd);

```



```

% focus vao nhung pt co ket qua lon
idx=find(labtest>79.9999);
tstOutputs = net(inputtest(:,idx));
performancetest = perform(net,labtest(idx),tstOutputs);
performance
performanceval
performancetest
% View the Network performance
view(net)
save('model6.mat','net')
%tam luu model 6

```

```

function [r] = BasicSelection(NP, j, Fx, Mutation)

```

```

switch Mutation

```

```

    case 'rand/1'

```

```

        r1 = j; % randomly select r1

```

```

        while r1==j;

```

```

            r1 = randi(NP,1,1); end

```

```

        r2 = j; % randomly select r2

```

```

        while r2==r1 || r2==j

```

```

            r2 = randi(NP,1,1); end

```

```

        r3 = j; % randomly select r3

```

```

        while r3 == j || r3 == r1 || r3 == r2

```

```

            r3 = randi(NP,1,1); end

```

```

        r = [r1,r2,r3];

```

```

    case 'rand/2'

```

```

r1 = j; % randomly select r1
while r1==j;
    r1 = randi(NP,1,1); end
r2 = j; % randomly select r2
while r2==r1 || r2==j
    r2 = randi(NP,1,1); end
r3 = j; % randomly select r3
while r3 == j || r3 == r1 || r3 == r2
    r3 = randi(NP,1,1); end
r4 = j; % randomly select r2
while r4==r3 || r4==r2 || r4==r1 || r4==j
    r4 = randi(NP,1,1); end
r5 = j; % randomly select r3
while r5==r4 || r5==r3 || r5==r2 || r5==r1 || r5==j
    r5 = randi(NP,1,1); end
r = [r1,r2,r3,r4,r5];

```

case 'best/1'

```

% Select rbest
[~,rb] = min(Fx); rb = rb(1);
r1 = j; % randomly select r1
while r1==j || r1==rb
    r1 = randi(NP,1,1); end
r2=j; % randomly select r2
while r2==r1 || r2==j || r2==rb
    r2 = randi(NP,1,1); end
r = [rb,r1,r2];

```

```
case 'best/2'
```

```
    % Select rbest
```

```
    [~,rb] = min(Fx); rb = rb(1);
```

```
    r1 = j; % randomly select r1
```

```
    while r1==j || r1==rb;
```

```
        r1 = randi(NP,1,1); end
```

```
    r2=j; % randomly select r2
```

```
    while r2==r1 || r2==j || r2==rb;
```

```
        r2 = randi(NP,1,1); end
```

```
    r3 = j; % randomly select r3
```

```
    while r3 == j || r3 == r1 || r3 == r2 || r3==rb;
```

```
        r3 = randi(NP,1,1); end
```

```
    r4 = j; % randomly select r2
```

```
    while r4==r3 || r4==r2 || r4==r1 || r4==j || r4==rb;
```

```
        r4 = randi(NP,1,1); end
```

```
    r = [rb,r1,r2,r3,r4];
```

```
    % choose all r1, r2, r3, r4 are different
```

```
case 'best/worst'
```

```
    [~,rb] = min(Fx); rb = rb(1); % select rbest
```

```
    [~,rw] = max(Fx); rw = rw(1); % select rworst
```

```
    r1=j; % randomly select r2
```

```
    while r1==j || r1==rb || r1==rw;
```

```
        r1 = randi(NP,1,1); end
```

```
    r = [r1,rb,rw];
```

```
end
```

```
function [ func ] = callFunction2( funcNum )
```

```
funcs(1).name = 'stepint';      funcs(1).lowerlimit = -5.12;  
funcs(1).upperlimit = 5.12;    funcs(1).dim = 5;  
funcs(2).name = 'step';        funcs(2).lowerlimit = -100;  
funcs(2).upperlimit = 100;     funcs(2).dim = 30;  
funcs(3).name = 'sphere';      funcs(3).lowerlimit = -100;  
funcs(3).upperlimit = 100;     funcs(3).dim = 30;  
funcs(4).name = 'sumsquares';   funcs(4).lowerlimit = -10;  
funcs(4).upperlimit = 10;      funcs(4).dim = 30;  
funcs(5).name = 'quartic';      funcs(5).lowerlimit = -1.28;  
funcs(5).upperlimit = 1.28;    funcs(5).dim = 30;  
funcs(6).name = 'beale';        funcs(6).lowerlimit = -4.5;  
funcs(6).upperlimit = 4.5;     funcs(6).dim = 5;  
funcs(7).name = 'easom';        funcs(7).lowerlimit = -100;  
funcs(7).upperlimit = 100;     funcs(7).dim = 2;  
funcs(8).name = 'matyas';       funcs(8).lowerlimit = -10;  
funcs(8).upperlimit = 10;      funcs(8).dim = 2;  
funcs(9).name = 'colville';     funcs(9).lowerlimit = -10;  
funcs(9).upperlimit = 10;      funcs(9).dim = 4;  
funcs(10).name = 'trid6';       funcs(10).lowerlimit = -36;  
funcs(10).upperlimit = 36;     funcs(10).dim = 6;  
funcs(11).name = 'trid10';      funcs(11).lowerlimit = -100;  
funcs(11).upperlimit = 100;    funcs(11).dim = 10;  
funcs(12).name = 'zakharov';    funcs(12).lowerlimit = -5;  
funcs(12).upperlimit = 10;     funcs(12).dim = 10;
```

```
funcs(13).name = 'powell';      funcs(13).lowerlimit = -4;
funcs(13).upperlimit = 5;      funcs(13).dim = 24;
funcs(14).name = 'schwefel222';  funcs(14).lowerlimit = -10;
funcs(14).upperlimit = 10;      funcs(14).dim = 30;
funcs(15).name = 'schwefel12';   funcs(15).lowerlimit = -100;
funcs(15).upperlimit = 100;      funcs(15).dim = 30;
funcs(16).name = 'rosenbrock';   funcs(16).lowerlimit = -30;
funcs(16).upperlimit = 30;      funcs(16).dim = 30;
funcs(17).name = 'dixonprice';   funcs(17).lowerlimit = -10;
funcs(17).upperlimit = 10;      funcs(17).dim = 30;
funcs(18).name = 'foxholes';     funcs(18).lowerlimit = -65536;
funcs(18).upperlimit = 65536;   funcs(18).dim = 2;
funcs(19).name = 'branin';      funcs(19).lowerlimit = -5;
funcs(19).upperlimit = 10;      funcs(19).dim = 2;
funcs(20).name = 'bohachevsky1';  funcs(20).lowerlimit = -100;
funcs(20).upperlimit = 100;     funcs(20).dim = 2;
funcs(21).name = 'booth';       funcs(21).lowerlimit = -10;
funcs(21).upperlimit = 10;      funcs(21).dim = 2;
funcs(22).name = 'rastrigin';    funcs(22).lowerlimit = -5.12;
funcs(22).upperlimit = 5.12;    funcs(22).dim = 30;
funcs(23).name = 'schwefel';     funcs(23).lowerlimit = -500;
funcs(23).upperlimit = 500;     funcs(23).dim = 30;
funcs(24).name = 'michalewicz2';  funcs(24).lowerlimit = 0;
funcs(24).upperlimit = pi;      funcs(24).dim = 2;
funcs(25).name = 'michalewicz5';  funcs(25).lowerlimit = 0;
funcs(25).upperlimit = pi;      funcs(25).dim = 5;
funcs(26).name = 'michalewicz10';  funcs(26).lowerlimit = 0;
funcs(26).upperlimit = pi;      funcs(26).dim = 10;
```

```
funcs(27).name = 'schaffer';      funcs(27).lowerlimit = -100;
funcs(27).upperlimit = 100;      funcs(27).dim = 2;
funcs(28).name = 'sixhumpcamelback';  funcs(28).lowerlimit = -5;
funcs(28).upperlimit = 5;        funcs(28).dim = 2;
funcs(29).name = 'bohachevsky2';     funcs(29).lowerlimit = -100;
funcs(29).upperlimit = 100;        funcs(29).dim = 2;
funcs(30).name = 'bohachevsky3';     funcs(30).lowerlimit = -100;
funcs(30).upperlimit = 100;        funcs(30).dim = 2;
funcs(31).name = 'shubert';          funcs(31).lowerlimit = -10;
funcs(31).upperlimit = 10;         funcs(31).dim = 2;
funcs(32).name = 'goldsteinprice';   funcs(32).lowerlimit = -2;
funcs(32).upperlimit = 2;          funcs(32).dim = 2;
funcs(33).name = 'kowalik';          funcs(33).lowerlimit = -5;
funcs(33).upperlimit = 5;          funcs(33).dim = 4;
funcs(34).name = 'shekel5';          funcs(34).lowerlimit = 0;
funcs(34).upperlimit = 10;         funcs(34).dim = 4;
funcs(35).name = 'shekel7';          funcs(35).lowerlimit = 0;
funcs(35).upperlimit = 10;         funcs(35).dim = 4;
funcs(36).name = 'shekel10';         funcs(36).lowerlimit = 0;
funcs(36).upperlimit = 10;         funcs(36).dim = 4;
funcs(37).name = 'perm';             funcs(37).lowerlimit = -4;
funcs(37).upperlimit = 4;          funcs(37).dim = 4;
funcs(38).name = 'powersum';         funcs(38).lowerlimit = 0;
funcs(38).upperlimit = 4;          funcs(38).dim = 4;
funcs(39).name = 'hartman3';         funcs(39).lowerlimit = 0;
funcs(39).upperlimit = 1;          funcs(39).dim = 3;
funcs(40).name = 'hartman6';         funcs(40).lowerlimit = 0;
funcs(40).upperlimit = 1;          funcs(40).dim = 6;
```

```

funcs(41).name = 'griewank';      funcs(41).lowerlimit = -600;
funcs(41).upperlimit = 600;     funcs(41).dim = 30;
funcs(42).name = 'ackley';      funcs(42).lowerlimit = -32;
funcs(42).upperlimit = 32;     funcs(42).dim = 30;
funcs(43).name = 'nhi';        funcs(43).lowerlimit = -10;
funcs(43).upperlimit = 10;     funcs(43).dim = 2;
funcs(44).name = 'chungkhoan!';  funcs(44).lowerlimit = 0;
funcs(44).upperlimit = 1;      funcs(44).dim = 7;
funcs(45).name = 'chungkhoan1';  funcs(45).lowerlimit = 0;
funcs(45).upperlimit = 1;      funcs(45).dim = 7;
funcs(46).name = 'chungkhoan2';  funcs(46).lowerlimit = 0;
funcs(46).upperlimit = 999;    funcs(46).dim = 7;
funcs(47).name = 'chungkhoan3';  funcs(47).lowerlimit = 0;
funcs(47).upperlimit = 999;    funcs(47).dim = 7;
funcs(48).name = 'chungkhoan4';  funcs(48).lowerlimit = 0;
funcs(48).upperlimit = 999;    funcs(48).dim = 7;
funcs(49).name = 'sanhose';      funcs(49).lowerlimit = 0;
funcs(49).upperlimit = 999;    funcs(49).dim = 4;
funcs(50).name = 'sanhose2';    funcs(50).lowerlimit = 0;
funcs(50).upperlimit = 999;    funcs(50).dim = 5;
funcs(51).name = 'annfunc';     funcs(51).lowerlimit = 1;
funcs(51).upperlimit = 1;      funcs(51).dim = 5;
func = funcs(:,funcNum);
end

clear all
close all
dataa=xlsread('kq.xlsx','a1:f109');
inputs = dataa(:,1:end-1);

```

```

targets =dataa(:,end)';
load('model4u.mat');
[net,Y,E,Pf,Af,tr]=adapt(net,inputs,targets);
Outputs = net(inputs);
corT=corr(Outputs',targets','Type','Spearman');
labtrain=targets;
% focus vao nhung pt co ket qua lon
idx=find(labtrain>79.9999);
tstOutputs = net(inputs(:,idx));
performance = perform(net,labtrain(idx),tstOutputs);
save('model4u.mat','net');

function [iter, xval, fval, fve] = DE_Unconstraintve( Object,Popsize,dim,Lb,Ub)
Pop=[];
for j = 1:PopsiZe
    for k = 1:dim
        Pop(j,k) = Lb(k) + (Ub(k)-Lb(k)).*rand;
    end
end
iniPop=Pop;
% Danh gia ham muc tieu cho moi ca the trong dan so
for ik = 1:PopsiZe
    Fx(ik) = feval(Object,Pop(ik,:));
end
FES = PopsiZe;
delta = 10; iter = 1;
fve=[];
while delta>1e-6
    iter = iter + 1;

```



```

% Generate the offspring population
lu = [Lb;Ub];
offpop = AdaptiveReproduce(Fx, Pop, Popsiz, lu, dim, delta);
% Danh gia ham muc tieu cho moi ca the trong dan so
for ik = 1:Popsiz
    Fnew(ik) = feval(Object,offpop(ik,:));
end
% Update Pop, Fx
[Fit,idb] = sort([Fx Fnew]);
Offpop = [Pop; offpop];
Fx = Fit(1:Popsiz);
Pop = Offpop(idb(1:Popsiz),:);
FES = FES + Popsiz;
% Check stopping condttion
[Fbest,idb] = min(Fx);
Fmean = mean(Fx) ;
delta = abs(abs(mean(Fx))-abs(Fbest));
fval = Fbest;
xval = Offpop(idb(1),:);
fve=[fve;Fbest];
end

```