ISSN 2354-0575

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM CATIA V5 THIẾT KẾ HỘP SỐ CƠ KHÍ TRÊN Ô TÔ

Bùi Hà Trung, Phạm Văn Hải, Nguyễn Văn Huỳnh

Khoa Cơ khí Động lực - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 14/09/2019

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 15/10/2019

Ngày bài báo được duyệt đăng: 25/10/2019

Tóm tắt

Với sự phát triển mạnh mẽ về khoa học kỹ thuật thì việc ứng dụng khoa học kỹ thuật vào thực tiễn sản xuất là xu hướng tất yếu. Trong lĩnh vực Cơ khí Động lực, việc tính toán thiết kế là một trong những khâu quan trọng nhất. Do vậy việc ứng dụng các phần mềm vào trong thiết kế tính toán ô tô là cần thiết, nó sẽ làm tăng độ chính xác thiết kế, giảm thời gian tính toán, từ đó nâng cao hiệu suất công việc. Bài báo trình bày cơ sở tính toán thiết kế hộp số cơ khí trên ô tô và áp dụng cơ sở tính toán này để tính toán hộp số cơ khí trên xe khách với sự trợ giúp của phần mềm Catia V5. Không chỉ hỗ trợ tính toán cho ra kết quả nhanh và chính xác, phần mềm còn hỗ trợ xây dựng bản vẽ thiết kế các chi tiết và mô phỏng lắp ráp hộp số cơ khí thể hiện ở dạng 3D hết sức trực quan.

Từ khóa: *Hộp số cơ khí, Hệ thống truyền lực cơ khí.*

1. Đặt vấn đề

Nội địa hóa là chiến lược phát triển của ngành công nghệ ô tô nói chung cũng như của các nhà máy sản xuất lắp ráp ô tô trong nước. Chỉ có nội địa hóa thì mới nâng cao được khả năng cạnh tranh về thị trường cũng như cạnh tranh về công nghệ với các doanh nghiệp nước ngoài, đồng thời thúc đẩy mạnh mẽ nền công nghiệp ô tô trong nước cũng như các ngành công nghiệp phụ trợ khác. Một trong những bước đầu tiên để nội địa hóa ngành công nghiệp ô tô chính là quá trình tính toán thiết kế, để thuận lợi cho quá trình này thì việc sử dụng các phần mềm chuyên dụng trong thiết kế mô phỏng là cần thiết và mang lại hiệu quả cao. Trong ô tô thì hộp số là cụm chi tiết có vai trò rất quan trọng, nó làm thay đổi mô men kéo truyền từ động cơ tới bánh xe chủ động thông qua việc lựa chọn các tay số đồng thời làm cho ô tô thực hiện được chuyển động lùi và có thể ngắt dòng truyền công suất từ động cơ tới bánh xe chủ động một cách lâu dài. Bài báo trình bày một cách căn bản về phương pháp tính toán thiết kế hộp số cơ khí 5 cấp khi có ứng dụng phần mềm thiết kế Catia V5.

2. Phương pháp tính toán thiết kế hộp số cơ khí

Kết cấu của hộp số cơ khí cơ bản gồm các cụm chi tiết chính: Trục sơ cấp, trục trung gian *(có thể không có tùy theo loại hộp số)*, trục thứ cấp, trục số lùi, các cặp bánh răng số, đồng tốc, cơ cấu ra vào số và vỏ hộp số.

2.1. Tính toán tỷ số truyền hộp số

a. Tỷ số truyền của tay số 1 của hộp số.

Tỷ số truyền của tay số 1 hộp số được tính theo công thức.

$$\frac{\psi_{\max} G r_b}{M_e i_p i_0 i_c \eta_t} \le i_{h1} \le \frac{m G_\varphi \varphi . r_b}{M_{e\max} i_0 i_p \eta_t} \qquad [2.1]$$

Trong đó:

ψ_{max}: Hệ số cản tổng cộng của mặt đường cực đại.

G: Trọng lượng toàn bộ của ô tô.

G_φ: Trọng lượng bám.

r_b: Bán kính làm việc trung bình của bánh xe.

m: Hệ số phân bố tải trọng.

φ: Hệ số bám mặt đường.

M_e; M_{emax}: Mô men xoắn và mô men xoắn cực đại của động cơ.

i_p: Tỷ số truyền hộp số phụ.

i_o: Tỷ số truyền của truyền lực chính.

i_c: Tỷ số truyền của truyền lực cuối.

η_t: Hiệu suất của hệ thống truyền lực.

b. Tỷ số truyền các tay số trung gian.

Tỷ số truyền của các tay số trung gian của hộp số được tính theo công thức.

$$i_{hk} = \sqrt[n-1]{i_{h1}^{n-k}} \quad [2.2]$$

Trong đó:

n: Số tay số của hộp số.

k: Tay số thứ k của hộp số.

i_{h1}: Tỷ số truyền tay số 1 của hộp số.

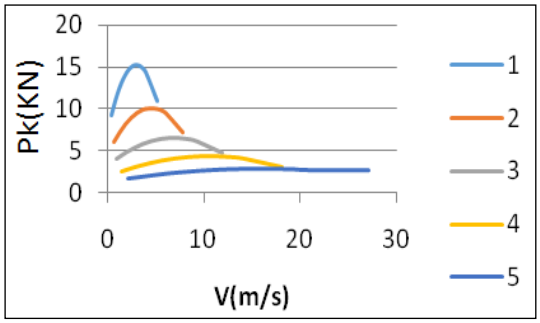
Dựa trên bộ thông số tham khảo của dòng xe khách 29 chỗ tính toán và đưa ra tỷ số truyền của các tay số như sau:

Bảng 2.1: Tỷ số truyền các tay số của hộ số 5 cấp.

i_{h1}	i_{h2}	i_{h3}	i_{h4}	i_{h5}
5.3300	3.5078	2.3086	1.5194	1.0000

c. Xây dựng đường đặc tính kéo của ô tô.

Với bộ thông số tính toán dựa trên xe tham khảo là xe khách 29 chỗ ngồi cũng như tỷ số truyền của các tay số tiến hành xây dựng đường đặc tính kéo của xe như *hình 2.1*



Hình 2.1: Đồ thị đặc tính kéo của xe

2.2. Tính toán hộp số

a. Tính sơ bộ khoảng cách trục.

Khoảng cách trục của hộp số tính sơ bộ theo công thức.

$$a_w = k_a.\sqrt[3]{M_{e\max}} \quad [2.3]$$

Trong đó:

M_{emax}: Mô men xoắn cực đại của động cơ

k_a: Hệ số kinh nghiệm, với xe lắp động cơ diesel chọn k_a=20.5

Từ đó tính được khoảng cách trục sơ bộ là:

$$a_w = 148(mm)$$

b. Chọn mô đun bánh răng.

Trong hộp số tính toán sử dụng các cặp bánh răng ăn khớp là bánh răng trụ răng thẳng và bánh răng trụ răng nghiêng.

Việc chọ mô đun bánh răng phụ thuộc vào mô men cực đại ở trục thứ cấp. Ở đây ta chọn m_n=3.5. *(Tra theo đồ thị hình 7 trong sách tính toán và thiết kế ô tô).*

c. Xác định số răng của các bánh răng.

- Tính số răng bánh chủ động

+ Bánh răng nghiêng theo công thức:

$$z_{gk} = \frac{2.a_w.\cos\beta}{m.(1+i_{gk})} \quad [2.4]$$

Trong đó:

a_w: Khoảng cách trục

β: Góc nghiêng răng

m: Mô đun bánh răng

i_{gn}: Tỷ số truyền của cặp bánh răng số

$$i_{gk} = \frac{i_k}{i_a} \quad [2.5]$$

i_k: Tỷ số truyền tay số thứ k của hộp số

i_a: Tỷ số truyền cặp bánh răng luôn ăn khớp.

+ Bánh răng thẳng theo công thức:

$$z_{gk} = \frac{2.a_w}{m.(1+i_{gk})} \quad [2.6]$$

- Tính số răng bánh bị động theo công thức:

$$z'_{gk} = z_{gk}.i_{gk} \quad [2.7]$$

d. Tính chính xác khoảng cách trục.

- Với bánh răng trụ răng nghiêng:

$$a_w = \frac{m.(z_{gk} + z'_{gk})}{2.\cos\beta} \quad [2.8]$$

- Với bánh răng trụ răng thẳng:

$$a_w = \frac{m.(z_{gk} + z'_{gk})}{2} \quad [2.9]$$

2.3. Xác định các thông số hình học của bánh răng

Việc xác định các thông số hình học của từng cặp bánh răng được tính toán và lập thành các bảng, ở đây chỉ đưa ra thông số hình học của một cặp bánh răng điển hình.

Bảng 2.2: Thông số của cặp bánh răng luôn ăn khớp.

TT	Tên gọi	Kí hiệu	Thông số
1	Tỷ số truyền	i	$i_a = \frac{z'_a}{z_a}$
2	Mô đun pháp	m_n	m_n=3.5
3	Bước pháp tuyến	t_n	$t_n = \pi . m_n$
4	Góc nghiêng răng	β	$\beta = 30^0$
5	Hướng răng		
6	Mô đun mặt đầu	m_s	$m_S = \frac{m_n}{\cos\beta}$
7	Bước mặt đầu	t_s	$t_s = \pi . m_s$
8	Đường kính vòng chia	d	$d_a=m_s.Z_a$ $d_a'=m_s.Z_a'$
9	Đường kính vòng đỉnh	D_d	$D_{da}=d_a+2.m_n$ $D_{da}'=d_a'+2.m_n$
10	Đường kính vòng chân	D_c	$D_{ca}=d_a-2,5.m_n$ $D_{ca}'=d_a'-2,5m_n$
11	Chiều cao răng	h	$h = 2,25. m_n$
12	Chiều cao đỉnh răng	h'	$h'=m_n$
13	Chiều cao chân răng	h''	h''=1,25.m
14	Bước răng	Pt	$Pt=d_a.\pi/z$
15	Chiều dày răng	S	S=0.5Pt
16	Khe hở răng	s	s=0.5Pt
17	Khoảng cách trục	a_w	a_w=149,5mm
18	Chiều rọng vành răng	B	$B=(7,0\div8,6).m_n$
19	Góc ăn khớp	α	$\alpha = \alpha_0 = 20^0$

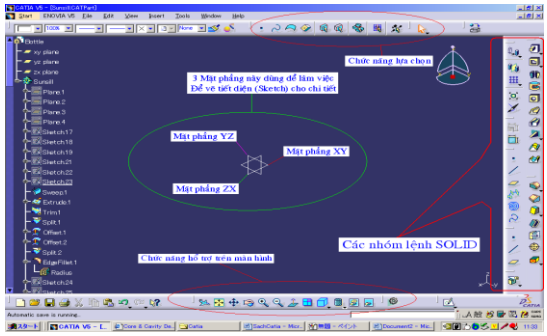
3. Ứng dụng phần mềm catia vào thiết kế hộp số cơ khí của ô tô

3.1. Giới thiệu phần mềm

Phần mềm Catia V5 có rất nhiều giao diện phục vụ việc thiết kế và tính toán, các giao diện này có mối liên kết với nhau rất chặt chẽ để hỗ trợ nhau trong quá trình thiết kế tính toán.

*** Giao diện Part Design**

Giao diện Part Design sẽ thực hiện vẽ tất cả các chi tiết dạng khối từ các biên dạng (profile) dạng 2D bất kỳ.



Hình 3.1: Giao diện Part Design

*** Giao diện Sketch**

Giao diện Sketch sẽ thực hiện vẽ tất cả các biên dạng (profile) dạng 2D.

*** Giao diện lắp ghép Asembly Design**

Giao diện Assembly Design sẽ thực hiện lắp ghép các chi tiết cũng như các cụm chi tiết để tạo lên bản vẽ hoàn chỉnh. Từ đó có thể xuất bản vẽ kỹ thuật, mô phỏng động lực học hệ thống.

*** Giao diện kiểm nghiệm bền**

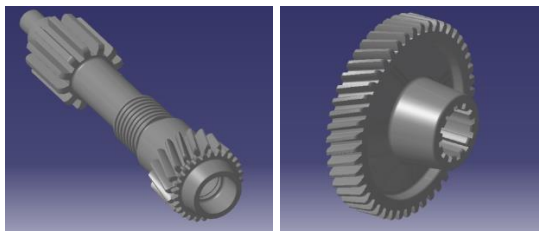
Thực hiện tính toán kiểm nghiệm bền chi tiết, cụm chi tiết của cơ cấu hay hệ thống. Ngoài ra phần mềm còn có rất nhiều các giao diện khác như: Mô phỏng chuyển động, chế tạo khuôn, gia công cơ khí, thiết kế bề mặt, xuất bản vẽ 2D, …

3.2. Thiết kế các chi tiết và lắp ghép hoàn thiện hộp số cơ khí.

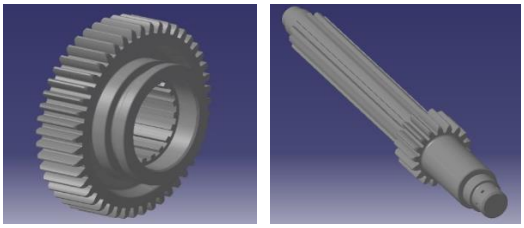
a. Các chi tiết điển hình của hộp số cơ khí

Thông số tham khảo lấy theo bộ thông số của dòng xe khách 29 chỗ. Từ đó tính toán ra các thông số kết cấu cũng như các thông số hình học của hộp số thiết kế.

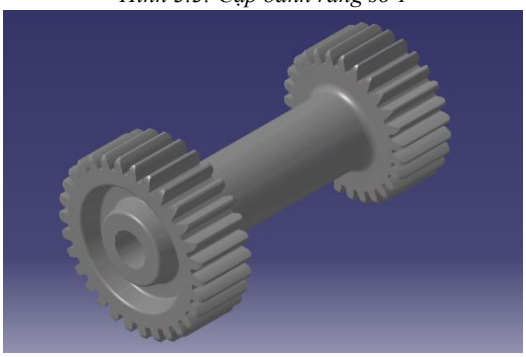
Từ các thông số này thực hiện thiết kế các chi tiết của hộp số trên phần mềm Catia. Dưới đây là một số chi tiết điển hình:



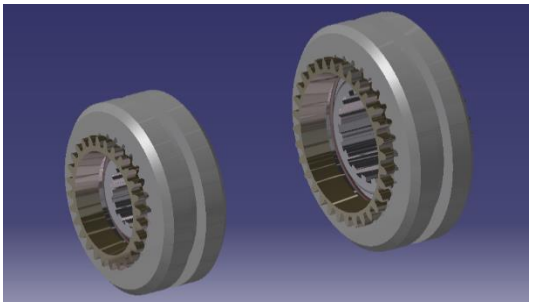
Hình 3.2: Cặp bánh răng luôn ăn khớp



Hình 3.3: Cặp bánh răng số 1



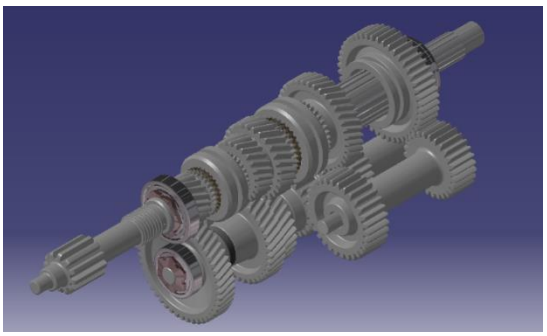
Hình 3.4: Bánh răng số lùi



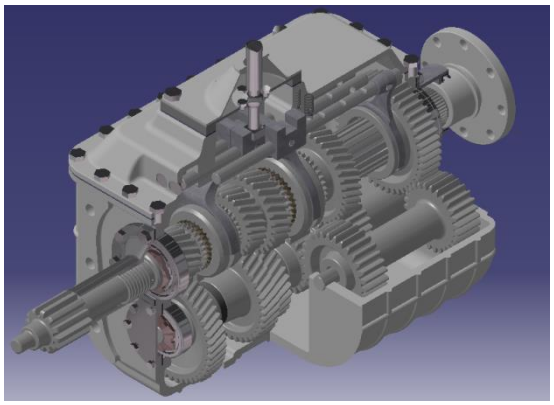
Hình 3.5: Bộ đồng tốc số 1 và số 2

b. Lắp ghép hộp số cơ khí

Sau khi thiết kế xong các chi tiết của hộp số cơ khí, sử dụng giao diện Assembly Design thực hiện lắp ghép cụm hộp số cơ khí.



Hình 3.6: Hình ảnh các cặp bánh răng số

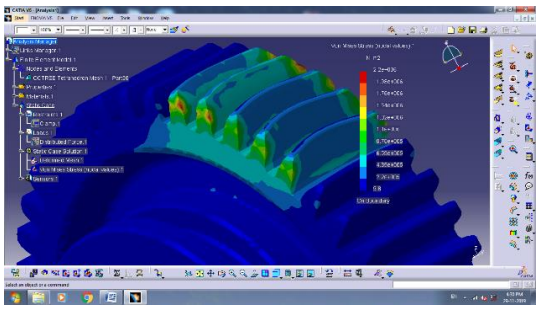


Hình 3.7: Hình ảnh cắt bổ hộp số cơ khí sau khi lắp ghép hoàn thiện

3.3. Tính toán kiểm nghiệm bền chi tiết điển hình của hộp số cơ khí.

Do ở tay số 1 của hộp số có mô men lớn nhất do vậy sử dụng chi tiết bánh răng của cặp bánh răng số 1 để kiểm nghiệm bền.

Vật liệu chế tạo là thép C45 tôi cải thiện có ứng suất cho phép: $[\sigma]=7.10^6$ (N/m^2)



Hình 3.7: Kết quả kiểm bền bánh răng

Từ kết quả tính bền ta thấy tại vị trí ứng suất lớn nhất của bánh răng khi ăn khớp là: $\sigma=5,98.10^6$ $(N/m^2) < [\sigma]$. Do vậy bánh răng đủ bền.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày việc ứng dụng phần mềm thiết kế 3D vào trong thiết kế hộp số cơ khí trên ô tô. Việc ứng dụng phần mềm vào tính toán thiết kế là cần thiết và nó phù hợp với xu hướng phát triển của ngành Cơ khí Động lực nói riêng và ngành Cơ khí nói chung. Đặc biệt trong giai đoạn hiện nay Việt Nam đang nâng cao tỷ lệ nội địa hóa ngành Công nghiệp ô tô. Kết quả nghiên cứu có thể ứng dụng phục vụ công tác đào tạo cho sinh viên ngành Cơ khí Động lực và ứng dụng trong thực tế chế tạo của ngành công nghiệp ô tô Việt Nam.

5. Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường năm 2019 có mã số UTEHY.L.2019.16 đã hỗ trợ hoàn thành bài báo này.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Hữu Cẩn, Phan Đình Kiên, *Thiết kế và tính toán ôtô máy kéo*, NXB Đại học và THCN Hà Nội, 1987.

[2]. PGS. TS Nguyễn Khắc Trai, *Cơ sở thiết kế ôtô*, NXB Giao thông vận tải, 2006.

[3]. Prof. Dr. Georg Rill. (2005), *Vehicle Dynamics,* FH Regensburg, University of Applied Sciences.

[4]. Tài liệu phần mềm Catia V5.

APPLICATION CATIA V5 SOFTWARE TO DESIGNED MECHANICAL GEARBOX ON AUTOMOBILE

ABSTRACT

With strong development of science and technology, the application of science and technology into actual production is the inevitable trend. In the field of Automotive Technology, the design calculations is one of the most important stage. Therefore, the application of software in automotive design calculation is required, it will increase not only accuracy of designing but also reducing computation time, thereby improving work efficiency. This study presents a computational facility designed mechanical gearbox on automobile and apply this calculation to calculate the mechanical gearbox in Mini Bus with the help of Catia V5 software. Not only supporting calculations for the fast and accurate results, the software also supports the construction drawings design details and assembly simulation mechanical gearbox shown in 3D very intuitive.

Keywords: *Mechanical gearbox, Manual Transaxle.*