Luận văn

Đề tài: Tính toán thiết kế hệ thống xe lái trên xe du lịch

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU 3

1.1. Công dụng, yêu cầu, cấu tạo ***4***

1.1.1. Công dụng 4

1.1.2. Các phương pháp đổi hướng chuyển động của xe 4

1.1.3. Yêu cầu 4

1.1.4. Cấu tạo 4

1.2. Phân loại ***5***

1.3. Các góc đặt bánh xe ***6***

1.3.1. Góc nghiêng ngang của bánh xe (góc Camber). 6

1.3.2. Góc nghiêng dọc của trụ đứng và chế độ lệch dọc (Caster và khoảng Caster) 7

1.3.3. Góc nghiêng ngang trụ đứng (Góc Kingpin) 8

1.3.4. Độ chụm và độ mở (góc doãng). 8

1.4. Bán kính quay vòng ***9***

1.5. Độ đàn hồi của lốp theo hướng ngang ***10***

1.6. Quan hệ động học của góc quay trong và ngoài bánh xe dẫn hướng ***10***

CHƯƠNG II: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG LÁI 12

2.1. Các số liệu tham khảo, và lựa chọn thông số ***12***

2.1.1. Các thông số của xe du lịch TOYOTA COROLLA 12

2.2. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế ***12***

2.2.1. Phương án dẫn động lái 12

2.2.2. Phương án thiết kế cơ cấu lái 13

2.3. Tính toán động học hệ thống lái ***18***

2.3.1. Tính động học dẫn động lái 18

2.3.2. Xây dựng đường cong đặc tính hình thang lái lý thuyết 21

2.3.3. Xây dựng đường cong đặc tính hình thang lái thực tế 21

2.4. Tính toán động lực học hệ thống lái ***22***

2.4.1. Xác định mômen cản quay vòng 22

2.4.2. Xác định lực cực đại tác dụng lên vành tay lái 24

2.4.3. Xác định các thông số hình học của dẫn động lái và cơ cấu lái 25

2.4.4. Kiểm nghiện bền 30

2.5. Tính toán cường hóa lái ***37***

2.5.1. Chọn những thông số làm việc của hệ thống lái 37

2.5.2. Xây dựng đặc tính cường hoá lái 38
CHƯƠNG 3: BẢN VẼ CHẾ TẠO CHI TIẾT ROTUYN 40
3.1. Kết cấu rotuyl *40*
3.2. Điều kiện làm việc của rotuyl *40*
CHƯƠNG 4: QUY TRÌNH BẢO DƯƠNG, SỬA CHỮA HỆ THỐNG LÁI 41
4.1. Lắp ráp các cụm chi tiết *41*
4.2. Một số hư hỏng cần sửa chữa *41*
Tài liệu tham khảo 43
Phụ lục 44
Chương trình tính toán hệ thống lái trên Matlab 7.8 ..... *44*
Kết quả tính toán sai lệch giữa góc qua anpha thực tế và lý thuyết *51*
Kết quả tính toán anpha thực tế và lý thuyết *52*
KẾT LUẬN 53

LỜI NÓI ĐẦU

Kinh tế thế giới phát triển với xu hướng chuyên môn hoa ngày càng cao. Nhu cầu về lưu thông nguyên vật liệu, nhiên liệu, hàng hóa là rất lơn. Xã hội phát triển, đời sống của con người ngày được nâng cao. Do đó, giao thông sẽ ngày càng được chú trọng phát triển. Đóng một vai trò quan trọng trong giao thông, những chiếc ô tô sẽ ngày nay đang được cải tiến, hoàng thiện hơn.

Từ thực tế kinh nghiện của các nước phát triển đi trước như: Mỹ, Nhật, Đức… công nghiệp ô tô chiến một tỷ trọng lớn trong nền kinh tế, đem lại lợi nhuận lớn cho các quốc gia này. Việt Nam với một nên công nghiệp ô tô còn khá non trẻ, để có thể phát triển bền vững, toàn diện, tiến tới cạnh tranh với các quốc gia đi trước thì yêu cầu đạt ra là cần phải làm chủ được công nghệ trong cả tính toán lý thuyết cũng như trong sản xuất.

Với sinh viên nghành ô tô nói chung và bản thân em nói riêng đã ý thức được điều này. Khi được nhân đồ án môn tính toán thiết kế ô tô, em đã chọn đề tài: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG LÁI TRÊN XE DU LICH. Sau một thời gian làm việc nghiên túc và không ngừng học hỏi em đã thu được một số kết quả nhất định, đăc biệt thông qua đồ án này em đã có được cái nhìn khái quát về những kiến thức đã học, đã từng bước vận dụng được những kiến thức này.

Nhân cơ hội này, em cũng xin được gửi lờn cảm ơn chân thành đến thấy PGS.TS. NGUYỄN TRỌNG HOAN đã nhiệt tình giúp đỡ em, để em có thể hoàn thành đồ án này một cách tốt nhất.

Hà nội, ngày 10 tháng 10 năm 2009
Sinh viên thực hiện
Nguyễn Thế Hoàng

CHƯƠNG I: GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG LÁI

1.1. Công dụng, yêu cầu, cấu tạo

1.1.1. Công dụng

Điều khiển hướng chuyển động của ô tô.

1.1.2. Các phương pháp đổi hướng chuyển động của xe

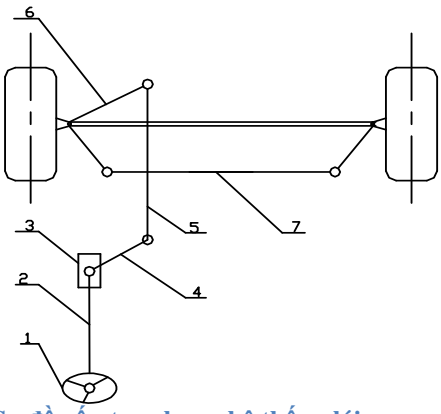
- Quay mặt phẳng bánh xe dẫn hướng. Đây là phương án phổ biến được áp dụng trên xe ô tô hiện này
- Tạo ra vận tốc khác nhau giữa các bánh xe bên phải và bên trái
- Gấp thân xe

1.1.3. Yêu cầu

- Đảm bảo khả năng quay vòng với bán kính quay vòng càng nhỏ càng tốt.
- Đảm bảo được động học quay vòng. Các bánh xe phải lăn trên các đường tròn đồng tâm.
- Điều khiển nhẹ nhàng. Lực và hành trình điều khiển phải ứng với mức độ quay vòng
- Các bánh xe dẫn hướng có tính ổn định cao khi chuyển động thẳng
- Giảm lực va đập từ bánh xe lên vánh lái
- Các bánh xe dẫn hướng phải có động học phù hợp giữa hệ thống lái và hệ thống treo.

1.1.4. Cấu tạo

1 - Vành tay lái
2 - Trục lái
3 - Cơ cấu lái
4 - Đòn quay đứng
5 - Thanh kéo dọc
6 - Đòn quay đứng
7 - Hình thang lái



Hình 1. 1 : Sơ đồ cấu tạo chung hệ thống lái

Vánh lái

- Mô men tạo ra trên vành tay lái là tích số của lực lái do người lái tác dụng vào và bán kính của vành tay lái
- Độ dơ cực đại của vô lăng đối với vô lăng không được vượt quá 30 mm

Trục lái

- Truyền mô men lái xuống cơ cấu lái
- Trục lái gồm có: Trục lái chính truyền chuyển động quay từ vô lăng xuống cơ cấu lái và ống trục lái để cố định trục lái chính vào thân xe.
- Đầu phía trên của trục lái chính được gia công ren và then hoa để lắp vô lăng lên đó và được giữ chặt bằng một đai ốc.

Cơ cấu lái

Cơ cấu lái có tác dụng biến chuyển động quay truyền đến từ vành lái thành chuyển động lắc.

Đòn dẫn động

- *Đòn quay đứng*: truyền momen từ trục đồn quay của cơ cấu lái tới các đòn kéo dọc hoặc kéo ngang được nối với cam quay của ánh xe dẫn hướng.
- *Đòn kéo:* truyền lực từ đòn quay của cơ cấu lái đến cam quay của bánh xe đẫn hướng. Tuỳ theo phương đặt đòn mà người ta có thể gọi là đòn kéo dọc hoặc đòn kéo ngang.

Hình thang lái

- Hình thang lái thực chất là một hình tứ giác gồm 4 khâu: dầm cầu, thanh lái ngang va hai thanh bên. Hình thang lái sẽ đảm bảo động học quay vòng của các bánh xe đẫn hướng nhờ vào các kích thước của các thanh lái ngang, cánh bản lề và các góc đặt phải xác định.

1.2. Phân loại

Cách bố trí vành lái ▪ Vành lái đặt bên trái ▪ Vánh lái đặt bên phải	*Theo bộ phận trợ lực* ▪ Hệ thống lái có trợ lực (thường là trợ lực thủy lực) ▪ Hệ thống lái không có trợ lực
Theo số bánh xe dẫn hướng ▪ Cầu trước dẫn hướng ▪ Cầu sau dẫn hướng ▪ Nhiều cầu dẫn hướng	*Theo kết cấu cơ cấu lái* ▪ Kiểu trục răng – thanh răng ▪ Cơ cấu lái trục vít con lăn ▪ Cơ cấu lái trục vít chốt quay ▪ Cơ cấu lái trục vít cung răng ▪ Cơ cấu lái loại liên hợp

1.3. Các góc đặt bánh xe

Việc bố trí các bánh xe dẫn hướng liên quan trực tiếp tới tính điều khiển xe, tính ổn định chuyển động của ôtô. Các yêu cầu chính của việc bố trí là điều khiển chuyển động nhẹ nhàng, chính xác đảm bảo ổn định khi đi thẳng cũng như khi quay vòng, kể cả khi có sự cố ở các hệ thống khác.

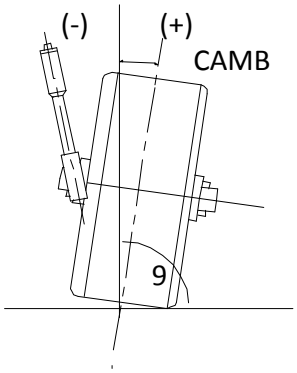
Ở các bánh xe không dẫn hướng thì việc bố trí cũng đã được chú ý, song bị hạn chế bởi giá thành chế tạo và sự phức tạp của kết cấu nên việc bố trí vẫn được tuân thủ theo các điều kiện truyền thống.

Ô tô có thể chuyển động mọi hướng bằng sự tác động của người lái quanh vô lăng. Tuy nhiên, nếu ôtô ở trạng thái đi thẳng mà người lái vẫn phải tác động liên tục lên vô lăng để giữ xe ở trạng thái chạy thẳng, hay người lái phải tác dụng một lực lớn để quay vòng xe thì sẽ gây sự mệt mỏi và căng thẳng về cả cơ bắp lẫn tinh thần khi điều khiển xe. Đó là điều không mong muốn, vì vậy để khắc phục được các vấn đề nêu trên thì các bánh xe được lắp vào thân xe với các góc nhất định tuỳ theo yêu cầu nhất định đối với từng loại xe và tính năng sử dụng của từng loại. Những góc này được gọi chung là góc đặt bánh xe.

- Góc nghiêng ngang của bánh xe (Camber).
- Góc nghiêng dọc của trụ đứng và chế độ lệch dọc (Góc Caster và khoảng Caster)
- Góc nghiêng ngang trụ đứng (Góc Kingpin).
- Độ chụm và độ mở (góc doãng).

1.3.1. Góc nghiêng ngang của bánh xe (góc Camber).

Góc tạo bởi đường tâm của bánh xe dẫn hướng ở vị trí thẳng đứng với đường tâm của bánh xe ở vị trí nghiêng được gọi là góc CAMBER, và đo bằng độ. Khi bánh xe dẫn hướng nghiêng ra ngoài thì gọi là góc "CAMBER dương", và ngược lại gọi là góc"CAMBER âm". Bánh xe không nghiêng thì CAMBER bằng không (bánh xe thẳng đứng).



Hình 1.2: Góc nghiêng ngang bánh xe

Chức năng:

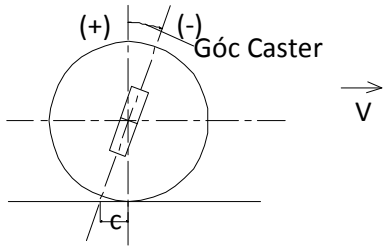
- Những năm về trước, bánh xe được đặt với góc CAMBER dương để cải thiện độ bền của cầu trước và để các lốp tiếp xúc vuông góc với mặt đường (do trọng lượng của xe) nhằm ngăn ngừa sự mòn không đều của lốp trên đường, do có phần giữa cao hơn hai bên.
- Góc camber còn đảm bảo sự lăn thẳng của các bánh xe, giảm va đập của mép lốp với mặt đường. Khi góc CAMBER bằng không hoặc gần bằng

không có ưu điểm là khi đi trên đường vòng bánh xe nằm trong vùng có khả năng truyền lực dọc và lực bên tốt nhất.

- Góc CAMBER ngăn ngừa khả năng bánh xe bị nghiêng theo chiều ngược lại dưới tác động của trọng lượng xe do các khe hở và sự biến dạng trong các chi tiết của trục trước và hệ thống treo trước. Đồng thời giảm cánh tay đòn của phản lực tiếp tuyến với trục trụ đứng, để làm giảm mômen tác dụng lên dẫn động lái và giảm lực lên vành tay lái.
- Khi chuyển động trên đường vòng, do tác dụng của lực ly tâm thân xe nghiêng theo hướng quay vòng, các bánh xe ngoài nghiêng vào trong, các bánh xe trong nghiêng ra ngoài so với thân xe. Để các bánh xe lăn gần vuông góc với mặt đường để tiếp nhận lực bên tốt hơn, trên xe có tốc độ cao, hệ treo độc lập thì góc CAMBER thường âm.

1.3.2. Góc nghiêng dọc của trụ đứng và chế độ lệch dọc (Caster và khoảng Caster)

Góc nghiêng dọc của trụ đứng là sự nghiêng về phía trước hoặc phía sau của trụ đứng. Nó được đo bằng độ, và được xác định bằng góc giữa trụ xoay đứng và phương thẳng đứng khi nhìn từ cạnh xe. Nếu trụ xoay đứng nghiêng về phía sau thì gọi là góc nghiêng dương và ngược lại gọi là góc nghiêng âm.



Hình 1. 2 Góc nghiêng trục đứng và chế độ lệch dọc

Khoảng cách từ giao điểm của đường tâm trục đứng với mặt đất đến đường tâm vùng tiếp xúc giữa lốp và mặt đường được gọi là khoảng Caster c

Chức năng:

Dưới tác dụng của lực ly tâm khi bánh xe vào đường vòng hoặc lực do gió bên hoặc thành phần của trọng lượng xe khi xe đi vào đường nghiêng, ở khu vực tiếp xúc của bánh xe với mặt đường sẽ xuất hiện các phản lực bên Y_b.

Khi trụ quay đứng được đặt nghiêng về phía sau một góc nào đó so với chiều tiến của xe (Caster dương) thì phản lực bên Y_b của đường sẽ tạo với tâm tiếp xúc một mô men ổn định, mô men đó được xác định bằng công thức sau:

$$M=Y_b.c \qquad (1.1)$$

Mômen này có xu hướng làm bánh xe trở lại vị trí trung gian ban đầu khi nó bị lệch khỏi vị trí này. Nhưng khi quay vòng người lái phải tạo ra một lực để khắc phục mô men này.

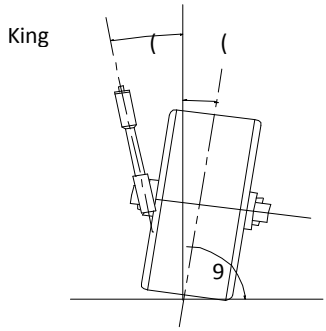
Vì vậy, góc Caster thường không lớn. Mômen này phụ thuộc vào góc quay vòng của bánh xe dẫn hướng. Đối với các xe hiện đại thì trị số của góc Caster bằng khoảng từ 0^0đến 3^0.

1.3.3. Góc nghiêng ngang trụ đứng (Góc Kingpin)

Góc nghiêng ngang của trụ đứng được xác định trên mặt cắt ngang của xe. Góc Kingpin được tạo nên bởi hình chiếu của đường tâm trụ đứng trên mặt cắt ngang đó và phương thẳng đứng.

Chức năng:

Giảm lực đánh lái: Khi bánh xe quay sang phải hoặc quay quanh trụ đứng với khoảng lệch tâm là bán kính r_0, r_0 là bán kính quay của bánh xe quay quanh trụ đứng, nó là khoảng cách đo trên bề mặt của đường cong mặt phẳng nằm ngang của bánh xe giữa đường kéo dài đường tâm trụ quay đứng với tâm của vết tiếp xúc của bánh xe với mặt đường.



Hình 1.3: Góc nghiêng ngang trụ đứng

Nếu r_0 lớn sẽ sinh ra mô men lớn quanh trụ quay đứng do sự cản lăn của lốp, vì vậy làm tăng lực đánh lái. Do vậy giá trị của r_0 có thể được giảm để giảm lực đánh lái, phương pháp để giảm r_0 là tạo CAMBER dương và làm nghiêng trụ quay đứng tức là tạo góc Kingpin .

Giảm sự đẩy ngược và kéo lệch sang một phía : Nếu khoảng cách lệch r_0 quá lớn, phản lực tác dụng lên các bánh xe khi chuyển động thẳng hay khi phanh sẽ sinh ra một mômen quay quanh trụ đứng, do vậy sẽ làm các bánh xe bị kéo sang một phía có phản lực lớn hơn. Các va đập từ mặt đường tác dụng lên các bánh xe làm cho vô lăng dao động mạnh và bị đẩy ngược.

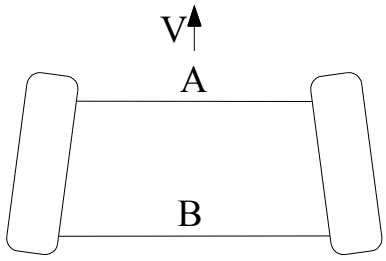
Cải thiện tính ổn định khi chạy thẳng: Góc KingPin sẽ làm cho các bánh xe tự động quay về vị trí chạy thẳng sau khi quay vòng. Tức là khi quay vòng, quay vô lăng để quay vòng xe, người lái phải tăng lực đánh lái, nếu bỏ lực tác dụng lên vô lăng thì bánh xe tự trả về vị trí trung gian (vị tri đi thẳng). Để giữ cho xe quay vòng thì cần thiết phải giữ vành lái với một lực nhất định nào đó. Vấn đề trở về vị trí thẳng sau khi quay vòng là do có mômen phản lực (gọi là mômen ngược) tác dụng từ mặt đường lên bánh xe. Giá trị của mômen ngược phụ thuộc vào độ lớn của góc Kingpin.

1.3.4. Độ chụm và độ mở (góc doãng).

Độ chụm của bánh xe là thông số biểu thị góc chụm của 2 bánh xe dẫn hướng (hoặc hai bánh xe trên cùng một cầu xe), góc chụm là góc xác định trên một mặt phẳng đi qua tâm trục nối hai bánh xe và song song với mặt phẳng đường tạo bởi hình chiếu mặt phẳng đối xứng dọc trục của hai bánh xe lên mặt phẳng đó và hướng chuyển động của xe.

Chức năng:

Thông thường độ chụm được biểu diễn bằng khoảng cách B-A. Kích thước B, A được đo ở mép ngoài của vành lốp ở trạng thái không tải khi xe đi thẳng. Độ chụm là dương nếu B-A>0, là âm nếu B-A<0. Độ chụm có ảnh hưởng lớn tới sự mài mòn của lốp và ổn định của vành tay lái .



Hình 1. 4: Góc chụm bánh xe

Sự mài mòn lốp xảy ra là nhỏ nhất trong trường hợp hai bánh xe lăn phẳng hoàn toàn.

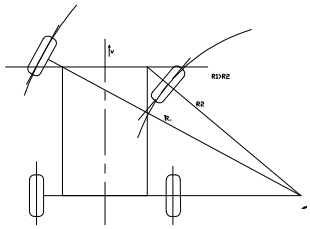
Quá trình lăn của bánh xe gắn liền với sự xuất hiện lực cản lăn P_f ngược chiều chuyển động đặt tại chỗ tiếp xúc của bánh xe với mặt đường. Lực P_f này đặt cách trụ quay đứng một đoạn R_0 và tạo nên một mômen quay với tâm trụ quay đứng. Mômen này tác dụng vào hai bánh xe và ép hai bánh xe về phía sau. Để lăn phẳng thì các bánh xe đặt với độ chụm Δ =B-A dương. Với góc Δ như thế thì tạo lên sự ổn định chuyển động thẳng của xe tức là ổn định vành tay lái.

Ở cầu dẫn hướng, lực kéo cùng chiều với chiều chuyển động sẽ ép bánh xe về phía trước. Bởi vậy góc Δ giảm.Trong trường hợp này, để giảm ảnh hưởng của lực cản lăn và lực phanh và đồng thời giảm tốc độ động cơ đột ngột (phanh bằng động cơ), thì bố trí các bánh xe với góc đặt Δ có giá trị nhỏ hơn hoặc bằng không.

Trên xe con độ chụm thường có giá trị từ $2 \div 3$ mm.

1.4. Bán kính quay vòng

Khi vào đường cong, đảm bảo các bánh xe dẫn hướng không bị trượt nết hoặc trượt quay thì đường vuông góc với véctơ vận tốc chuyển động của tất cả các bánh xe phải gặp nhau tại một điểm, điểm đó gọi là tâm quay tức thời của xe.



Hình 1.5: Bán kính quay vòng của xe

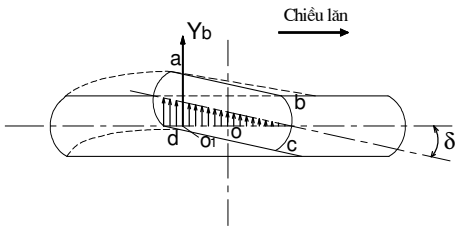
Để đạt được góc lái chính xác của bánh dẫn hướng bên phải và bên trái thì các thanh dẫn động lái thực hiện chức năng này cũng đồng thời đạt được bán kính quay vòng mong muốn .

Sự quay vòng của xe kèm theo lực ly tâm, lực này có xu hướng bắt xe quay với bán kính lớn hơn bán kính dự định của người lái trừ khi xe có thể sinh ra một lực ngược lại đủ lớn để cân bằng với lực ly tâm. Lực này là lực

hướng tâm. Lực hướng tâm sinh ra bởi sự biến dạng và sự trượt bên của lốp do ma sát giữa lốp và mặt đường, lực này là lực quay vòng và làm ổn định xe khi quay vòng.

1.5. Độ đàn hồi của lốp theo hướng ngang

Đối với các bánh xe lắp lốp đàn hồi, dưới tác động của các phản lực bên, bánh xe sẽ bị lệch bên và vết tiếp xúc của lốp với mặt đường sẽ bị lệch so với mặt phẳng giữa của bánh xe một góc δ.



Hình 1.6: Mô hình vết bánh xe trên đường

Phần trước của vết tiếp xúc, lốp chịu biến dạng không lớn và độ biến dạng này tăng dần cho tới mép sau cùng của vết. Các phản lực riêng phần bên được phân bố tương ứng với khoảng biến dạng nói trên. Biểu đồ phân bố các phản lực riêng phần theo chiều dài của vết có dạng hình tam giác, do đó điểm đặt 0_1 của hợp lực sẽ lùi về phía sau so với tâm tiếp xúc 0 của vết và nằm ở khoảng cách chừng một phần ba chiều dài của vết tính từ mép sau cùng của nó.

Như vậy, do độ đàn hồi bên của lốp, mômen ổn định được tạo nên ở bánh xe là:

$$M_{y\delta} = Y_b.S \qquad (1.2)$$

Trong đó: S là khoảng cách $0 - 0_1$.

Mômen này sẽ tăng lên cùng với sự tăng độ đàn hồi bên của lốp. Vì vậy với những lốp có độ đàn hồi lớn ta có thể giảm bớt góc nghiêng dọc của trụ đứng. Tác dụng ổn định của góc nghiêng ngang của trụ đứng lớn hơn nhiều làn tác dụng ổn định của góc nghiêng dọc trụ đứng. Sự ổn định do góc nghiêng ngang 1^0 tạo ra cũng bằng góc nghiêng dọc $5 \div 6\ ^0$.

1.6. Quan hệ động học của góc quay trong và ngoài bánh xe dẫn hướng

Để thực hiện quay vòng ôtô người ta có thể quay vòng các bánh xe dẫn hướng phía trước hoặc quay vòng đồng thời cả các bánh xe dẫn hướng phía trước và phía sau, tuy nhiên biện pháp quay vòng hai bánh xe dẫn hướng phía trước được dùng phổ biến hơn do nó có hệ thống lái đơn giản hơn mà vẫn đảm bảo được động học quay vòng của ôtô.

Khi xe vào đường vòng, để đảm bảo cho các bánh xe dẫn hướng không bị trượt lết hoặc trượt quay thì đường vuông góc với các véc tơ vận tốc chuyển động của tất cả các bánh xe phải gặp nhau tại một điểm, điểm đó chính là tâm quay tức thời của xe.

Từ sơ đồ trên ta rút ra được biểu thức về mối quan hệ giữa các góc quay vòng của hai bánh xe dẫn hướng để đảm bảo cho chúng không bị trượt lết khi xe vào đường vòng:

$$Cotg\beta - Cotg\alpha = \frac{B}{L} \qquad (1.3)$$

Trong đó:

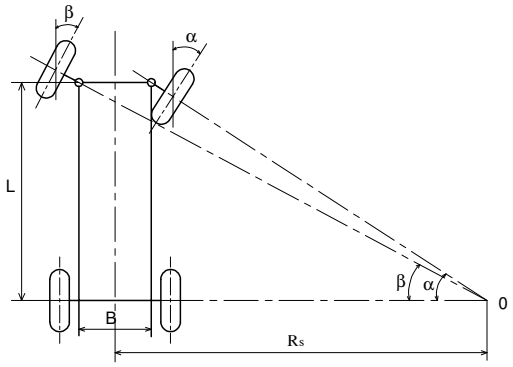
β - Góc quay của trục bánh xe dẫn hướng bên ngoài so với tâm quay.

α - Góc quay của trục bánh xe dẫn hướng bên trong so với tâm quay.

B - Khoảng cách giữa hai trụ đứng của cầu dẫn hướng.

L - Chiều dài cơ sở của xe.

Trong thực tế, để duy trì được mối quan hệ động học quay vòng giữa các bánh xe dẫn hướng, trên ôtô hiện nay người ta thường phải sử dụng một hệ thống các khâu khớp tạo nên hình thang lái. Hình thang lái đơn giản về mặt kết cấu nhưng không đảm bảo được mối quan hệ chính xác giữa những góc quay vòng của các bánh xe dẫn hướng như nêu trong biểu thức (1.3).



Hình 1.7: Quan hệ giữa các góc quay mặt phẳng bánh xe bên trong và bên ngoài

Mức độ sai khác này phụ thuộc vào việc chọn lựa các khâu tạo nên hình thang lái. Độ sai lệch giữa góc quay vòng thực tế và lý thuyết cho phép lớn nhất ở những góc quay lớn, nhưng cũng không được vượt quá $1,5^0$. Bán kính quay vòng R của ôtô được xác định theo bánh xe dẫn hướng bên ngoài phụ thuộc vào góc quay vòng β và chiều dài cơ sở L.

$$R = \frac{L}{Sin\beta} - \frac{B}{2} \qquad (1.4)$$

Như vậy bán kính quay vòng càng nhỏ khi chiều dài cơ sở L càng nhỏ hoặc góc β càng lớn, trị số góc quay vòng của bánh xe dẫn hướng đạt đến $28^0 \div 38^0$.

CHƯƠNG II: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG LÁI

2.1. Các số liệu tham khảo, và lựa chọn thông số

2.1.1. Các thông số của xe du lịch TOYOTA COROLLA

Chiều dài toàn bộ xe	:	4530 mm
Chiều rộng toàn bộ xe	:	1705 mm
Chiều cao xe	:	1500 mm
Chiều dài cơ sở	:	2450 mm
Vệt bánh trước của xe	:	1520 mm
Vệt bánh sau của xe	:	1530 mm
Lốp	:	185/70 R14 88H
Trong tải của xe	:	26200 N

2.1.2. Thông số hệ thống lái

Khoảng cách giữa hai trụ đứng	:	B = 1440 mm
Góc tạo bởi đòn bên hình thang lái và phương ngang	:	$\theta = 78^0$
Chiều dài đòn bên hình thang lái	:	m = 160 mm
Khoảng cách giữa đòn ngang và trụ trước	:	y = 182 mm
Chiều dài đòn thanh nối bên hình thang lái	:	*p = 250 mm*

2.2. Phân tích lựa chọn phương án thiết kế

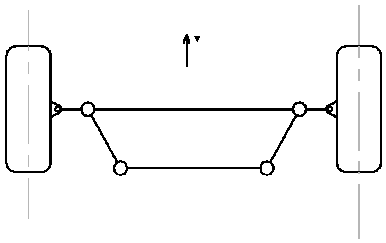
2.2.1. Phương án dẫn động lái

Dẫn động lái gồm tất cả các chi tiết truyền lực từ cơ cấu lái đến ngỗng quay của tất cả các bánh xe dẫn hướng khi quay vòng.

Phần tử cơ bản của dẫn động lái là hình thang lái, nó được tạo bởi cầu trước, đòn kéo ngang và các đòn bên. Sự quay vòng của ôtô là rất phức tạp, để đảm bảo đúng mối quan hệ động học của các bánh xe phía trong và phía ngoài khi quay vòng là một điều khó thực hiện vì phải cần tới dẫn động lái 18 khâu. Hiện nay người ta chỉ đáp ứng điều kiện gần đúng của mối quan hệ động học đó bằng hệ thống khâu khớp và đòn kéo tạo lên hình thang lái.

2.2.1.1. Dẫn động lái bốn khâu, (Hình thang lái Đantô)

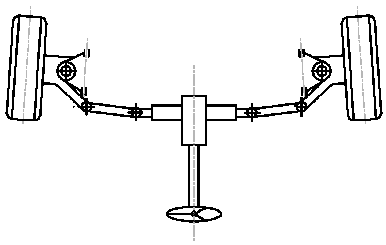
Hình thang lái bốn khâu đơn giản dễ chế tạo đảm bảo được động học và động lực học quay vòng các bánh xe. Nhưng cơ cấu này chỉ dùng trên xe có hệ thống treo phụ thuộc (lắp với dầm cầu dẫn hướng). Do đó chỉ được áp dụng cho các xe tải và những xe có hệ thống treo phụ thuộc, còn trên xe du lịch ngày nay có hệ thống treo độc lập thì không dùng được.



Hình 2.1: Hình thang lái đan tông

2.2.1.2. *Dẫn động lái sáu khâu*

Dẫn động lái sáu khâu được lắp đặt hầu hết trên các xe du lịch có hệ thống treo độc lập lắp trên cầu dẫn hướng. Ưu điểm của dẫn động lái sáu khâu là dễ lắp đặt cơ cấu lái, giảm được không gian làm việc, bố trí cường hoá lái thuận tiện ngay trên dẫn động lái.



Hình 2.2: Dẫn động lái 6 khâu

Hiện nay, dẫn động lái sáu khâu được dùng rất thông dụng trên các loại xe du lịch như : Toyota, Nisan…

Với đề tài "**Thiết kế hệ thống lái cho xe du lịch**", hệ thống treo độc lập do đó ta chọn dẫn động lái sáu khâu. Đặc điểm của dẫn động lái sáu khâu là có thêm thanh nối nên ngăn ngừa được ảnh hưởng sự dịch chuyển của bánh xe dẫn hướng này lên bánh xe dẫn hướng khác.

2.2.2. *Phương án thiết kế cơ cấu lái*

Yêu cầu với cơ cấu lái

- Có thể quay được cả hai chiều để đảm bảo chuyển động cần thiết của xe
- Có hiệu suất cao để lái nhẹ, trong đó cần có hiệu suất thuận lớn hơn hiệu suất nghịch để các va đập từ mặt đường được giữ lại phần lớn ở cơ cấu lái
- Đảm bảo thay đổi trị số của tỷ số truyền khi cần thiết.
- Đơn giản trong việc điều chỉnh khoảng hở ăn khớp của cơ cấu lái.
- Độ dơ của cơ cấu lái là nhỏ nhất.
- Đảm bảo kết cấu đơn giản nhất, giá thành thấp và tuổi thọ cao.
- Chiếm ít không gian và dễ dàng tháo lắp

Lực dùng để quay vô lăng được gọi là lực lái ,giá trị của lực này đạt giá trị max khi xe đứng yên tại chỗ, và giảm dần khi tốc độ của xe tăng lên và đạt nhỏ nhất khi tốc độ của xe lớn nhất.

Sự đàn hồi của hệ thống lái có ảnh hưởng tới sự truyền các va đập từ mặt đường lên vô lăng. Độ đàn hồi càng lớn thì sự va đập truyền lên vô lăng càng ít, nhưng nếu độ đàn hồi lớn quá sẽ ảnh hưởng đến khả năng chuyển động của xe. Độ đàn hồi của hệ thống lái được xác định bằng tỷ số góc quay đàn hồi tính trên vành lái vô lăng và mô men đặt trên vành lái. Độ đàn hồi của hệ thống lái phụ thuộc vào độ đàn hồi của các phần tử như cơ cấu lái, các đòn dẫn động …

Hiện nay cơ cấu lái thường dùng trên ôtô có những loại: trục răng – thanh răng, trục vít cung răng, trục vít con lăn, trục vít chốt quay và loại liên hợp.

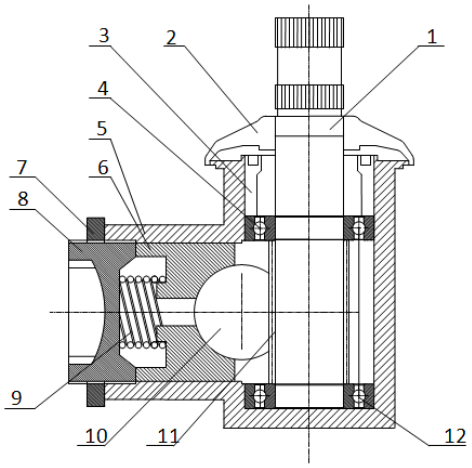
2.2.2.1. *Kiểu trục răng – thanh răng*

Cơ cấu lái kiểu trục răng – thanh răng gồm bánh răng ở phía dưới trục lái chính ăn khớp với thanh răng, trục bánh răng được lắp trên các ổ bi. Điều

chỉnh các ổ này dùng êcu lớn ép chặt ổ bi, trên vỏ êcu đó có phớt che bụi đảm bảo trục răng quay nhẹ nhàng.

Thanh răng có cấu tạo dạng răng nghiêng, phần cắt răng của thanh răng nằm ở phía giữa, phần thanh còn lại có tiết diện tròn. Khi vô lăng quay, bánh răng quay làm thanh răng chuyển động tịnh tiến sang phải hoặc sang trái trên hai bạc trượt.Sự dịch chuyển của thanh răng được truyền tới đòn bên qua các đầu thanh răng, sau đó làm quay bánh xe dẫn hướng quanh trụ xuay đứng.

1 Trục lái
2 Chụp nhựa
3 Đai ốc điều chỉnh
4 Ô bi trên
5 Vỏ cơ cấu lái
6
7 Đai ốc
8 Đai ốc điều chỉnh
9 Lò xo
10 Thanh răng
11 Trục răng



Hình 2.3: Cơ cấu lái trục răng thanh răng

Cơ cấu lái đặt trên vỏ xe để tạo góc ăn khớp lớn cho bộ truyền răng nghiêng, trục răng đặt nghiêng ngược chiều với chiều nghiêng của thanh răng, nhờ vậy sự ăn khớp của bộ truyền lớn,do đó làm việc êm và phù hợp với việc bố trí vành lái trên xe.

Cơ cấu lái kiểu bánh răng- thanh răng có các ưu điểm sau:

Cơ cấu lái đơn giản gọn nhẹ. Do cơ cấu lái nhỏ và bản thân thanh răng tác dụng như thanh dẫn động lái nên không cần các đòn kéo ngang như các cơ cấu lái khác.

Có độ nhạy cao vì ăn khớp giữa các răng là trực tiếp.

Sức cản trượt, cản lăn nhỏ và truyền mô men rất tốt nên tay lái nhẹ.

2.2.2.2. Cơ cấu lái trục vít con lăn

Loại cơ cấu lái này hiện nay được sử dụng rộng rãi nhất. Trên phần lớn các ôtô Liên Xô loại có tải trọng bé và tải trọng trung bình đều đặt loại cơ cấu này.

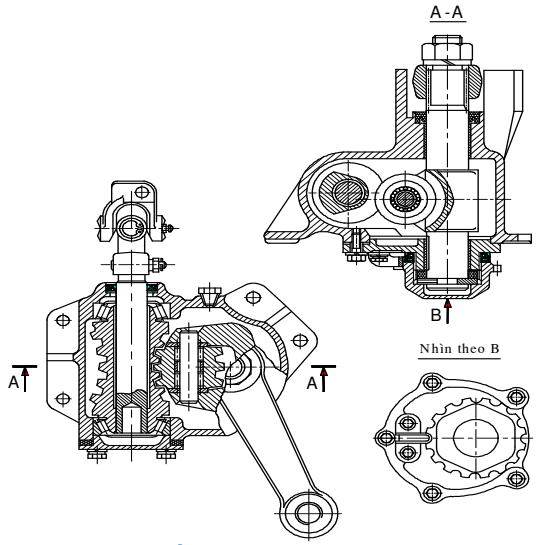
Cơ cấu lái gồm trục vít gơbôlôit 1 ăn khớp với con lăn 2 (có ba ren) đặt trên các ổ bi kim của trục 3 của đòn quay đứng. Số lượng ren của loại cơ cấu lái trục vít con lăn có thể là một, hai hoặc ba tuỳ theo lực truyền qua cơ cấu lái.

Ưu điểm:

Nhờ trục vít có dạng glô-bô-it cho nên tuy chiều dài trục vít không lớn nhưng sự tiếp xúc các răng ăn khớp được lâu hơn và trên diện rộng hơn, nghĩa là giảm được áp suất riêng và tăng độ chống mài mòn.

Tải trọng tác dụng lên chi tiết tiếp xúc được phân tán tùy theo cỡ ôtô mà làm con lăn có hai đến bốn vòng ren.

Mất mát do ma sát ít hơn nhờ thay được ma sát trượt bằng ma sát lăn.



Hình 2.4: Cơ cấu lái trục vít con lăn

Có khả năng điều chỉnh khe hở ăn khớp giữa các bánh răng. Đường trục của con lăn nằm lệch với đường trục của trục vít một đoạn $\Delta = 5 \div 7$mm, điều này cho phép triệt tiêu sự ăn mòn khi ăn khớp bằng cách điều chỉnh trong quá trình sử dụng.

Tỷ số truyền cơ cấu lái trục vít con lăn xác định tại vị trí trung

$$i_c = \frac{2*\pi*r_2}{t*z_1} \qquad (2.1)$$

Trong đó:

r_2 - bán kính vòng tròn ban đầu của hình glô-bô-it của trục vít.

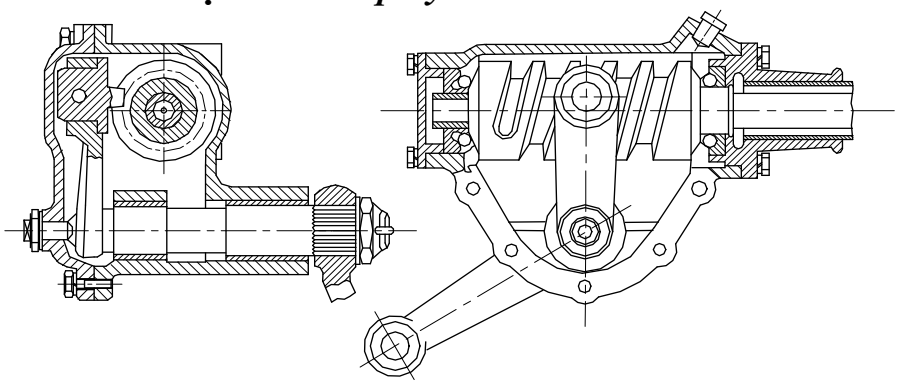
t - bước của trục vít.

z_1 - số đường ren của truc vít.

Tỷ số truyền của cơ cấu lái i_c sẽ tăng lên từ vị trí giữa đến vị trí rìa khoảng $5 \div 7\%$ nhưng sự tăng này không đáng kể coi như tỷ số truyền của loại trục vít con lăn là không thay đổi.

Hiệu suất thuận $\eta_{th} = 0{,}65$, hiệu suất nghịch $\eta_{ng} = 0{,}5$.

2.2.2.3. Cơ cấu lái trục vít chốt quay



Hình 2. 5: Cơ cấu lái trục vít chốt quay

Ưu điểm

Cơ cấu lái loại trục vít chốt quay có thể thay đổi tỷ số truyền theo yêu cầu cho trước. Tùy theo điều kiện cho trước khi chế tạo khi chế tạo trục vít ta có thể có loại cơ cấu lái chốt quay với tỷ số truyền không đổi, tăng hoặc giảm khi quay vành lái ra khỏi vị trí trung gian. Khi gắn chặt chốt hay ngỗng vào đòn quay giữa ngỗng và trục vít hay đòn quay và trục vít phát sinh ma sát trượt. Để tăng hiệu suất của cơ cấu lái và giảm độ mòn của trục vít và chốt quay thì chốt được đặt trong ổ bi.

Nếu bước của trục vít không đổi thì tỷ số truyền được xác định theo công thức:

$$i_c = \frac{2*\pi*r_2}{t} * \cos(\Omega) \qquad (2.2)$$

Trong đó:

Ω - góc quay của đòn quay đứng.

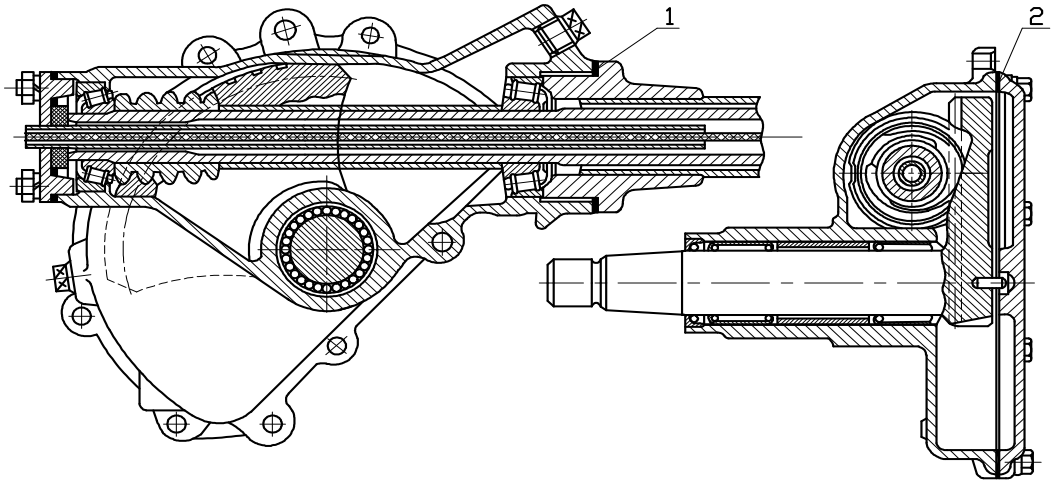
r_2 - bán kính đòn quay.

Hiệu suất thuận và hiệu suất nghịch của cơ cấu lái này vào khoảng 0,7. Cơ cấu lái này được dùng trước hết ở hệ thống lái không có cường hoá nó được dùng chủ yếu cho ôtô tải và ôtô khách.

Loại cơ cấu lái trục vít đòn quay với một chốt quay ngày càng ít được sử dụng vì áp suất riêng giữa chốt và trục vít lớn, chốt mòn nhanh, bản thân chốt có độ chịu mài mòn kém.

Để điều chỉnh khe hở giữa chốt và trục vít bằng cách dịch chuyển trục quay đứng theo chiều trục, ngoài ra còn phải điều chỉnh khoảng hở của trục lái.

2.2.2.4. Cơ cấu lái trục vít cung răng



Hình 2. 6: Cơ cấu lái trục vít cung răng

Với tiết diện bên của mặt cắt ngang của mối răng trục vít và răng của cung răng là hình thang, trục vít và cung răng tiếp xúc nhau theo đường nên toàn

bộ chiều dài của cung răng đều truyền tải trọng. Vì vậy áp suất riêng, ứng suất tiếp xúc, độ mòn của trục vít và cung răng đều giảm. Để đạt độ cứng vững tốt người ta đặt trục đòn quay trong ổ bi kim và tìm cách hạn chế độ võng của cung răng.

Khe hở ăn khớp thay đổi từ 0,03mm (ở vị trí trung gian), 0,25 ÷ 0,6mm ở vị trí hai bên rìa. Điều chỉnh khe hở ăn khớp nhờ thay đổi chiều dày của đệm đồng 2. Khắc phục khoảng hở trong các ổ, thanh lăn nhờ giảm bớt các đệm điều chỉnh 1 từ nắp trên của vỏ. 1,2 – vòng đệm điều chỉnh.

Cơ cấu lái trục vít cung răng có ưu điểm là giảm được trọng lượng và kích thước so với loại trục vít bánh răng. Do ăn khớp trên toàn bộ chiều dài của cung răng nên áp suất trên răng bé, giảm được ứng suất tiếp xúc và hao mòn.

Tuy nhiên loại này có nhược điểm là có hiệu suất thấp.

Tỷ số truyền của cơ cấu lái trục vít cung răng được xác định theo công thức:

$$i_c = \frac{2*\pi*r_2}{t} \qquad (2.3)$$

Trong đó:

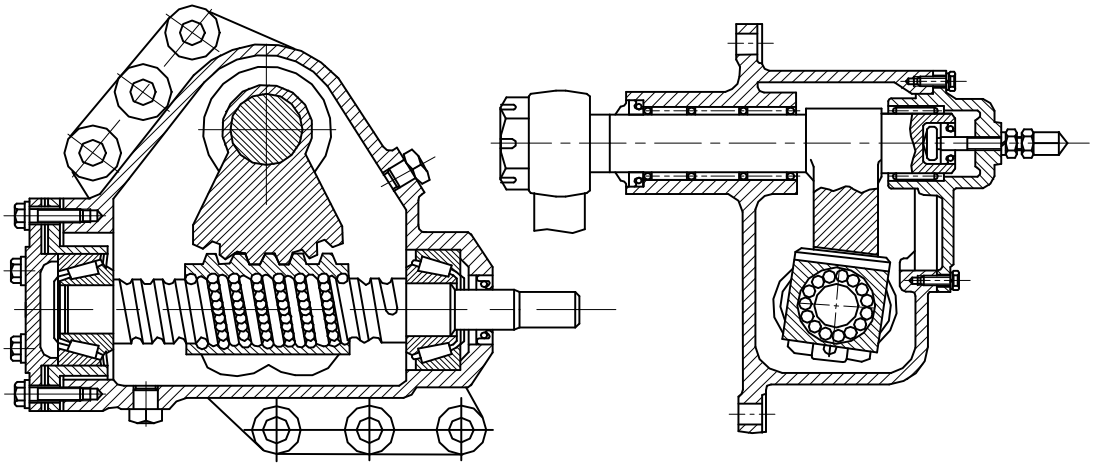
r_0 - bán kính vòng tròn cơ sở của cung răng.

t - bước trục vít.

Tỷ số truyền của cơ cấu lái loại này có giá trị không đổi. Hiệu suất thuận khoảng 0,5 còn hiệu suất nghịch khoảng 0,4. Cơ cấu lái loại này có thể dùng trên các loại ôtô khác nhau.

2.2.2.5. Cơ cấu lái loại liên hợp

Loại cơ cấu lái này gần đây được sử dụng rộng rãi trên các loại ôtô tải GMC, không có cường hoá thuỷ lực và trên ôtô ZIN - 130, ZIN - 131 với cường hoá thuỷ lực. Cơ cấu lái loại liên hợp hay dùng nhất là loại trục vít - êcu - cung răng. Sự nối tiếp giữa trục vít và êcu bằng dãy bi nằm theo rãnh của trục vít. Nhờ có dãy bi mà trục vít ăn khớp với êcu theo kiểu ma sát lăn.



Hình 2. 7: Cơ cấu lái trục vít lien hợp

Tỷ số truyền của cơ cấu lái này có giá trị không đổi và được xác định theo công thức:

$$i_c = \frac{2*\pi*r_2}{t} \quad (2.4)$$

Trong đó:

r_0 - bán kính ban đầu của cung răng.

t - bước của trục vít.

Hiệu suất thuận vào khoảng 0,7 hiệu suất nghịch vào khoảng 0,85. Do hiệu suất nghịch cơ cấu lái loại liên hợp lớn cho nên khi lái trên đường mấp mô sẽ nặng nhọc, nhưng nó có khả năng làm cho ôtô chạy ổn định ở hướng thẳng nếu vì một nguyên nhân nào đó làm bánh xe phải quay vòng.

Cơ cấu lái loại liên hợp có đặc điểm nổi bật là có khả năng làm việc dự trữ rất lớn, vì vậy nó được dùng chủ yếu trên các loại ôtô cỡ lớn.

Đối với đề tài: Thiết kế hệ thống lái cho xe du lịch, thì cơ cấu lái tốt nhất và thích hợp nhất là cơ cấu lái trục răng – thanh răng vì những lý do sau:

- Đơn giản
- Có bố trí hệ thống trợ lực
- Đảm bảo khả năng lắp lẫn và thay thế cho các xe trên thực tế

2.3. Tính toán động học hệ thống lái

2.3.1. Tính động học dẫn động lái

Nhiệm vụ của tính toán động học dẫn động lái là xác định những thông số tối ưu của dẫn động lái 6 khâu để đảm bảo động học quay vòng của các bánh xe dẫn hướng một cách chính xác nhất và động học đúng của đòn quay đứng khi có sự biến dạng của bộ phận đàn hồi hệ thống treo và chọn các thông số cần thiết của hệ thống truyền dẫn động lái.

Từ lý thuyết quay vòng ta thấy để nhận được sự lăn tinh của các bánh xe dẫn hướng khi quay vòng thì hệ thống lái phải đảm bảo mối quay hệ sau đây của của góc quay bánh xe dẫn hướng bên ngoài và bên trong so với tâm quay vòng. Theo giáo trình thiết kế và tính toán ôtô máy kéo mối quan hệ đó được thể hiện ở công thức sau:

$$Cotg(\alpha) - Cotg(\beta) = \frac{B_1}{L} \quad (2.5)$$

Trong đó:

β : là góc quay của bánh xe dẫn hướng bên trong.

α : là góc quay của bánh xe dẫn hướng bên ngoài.

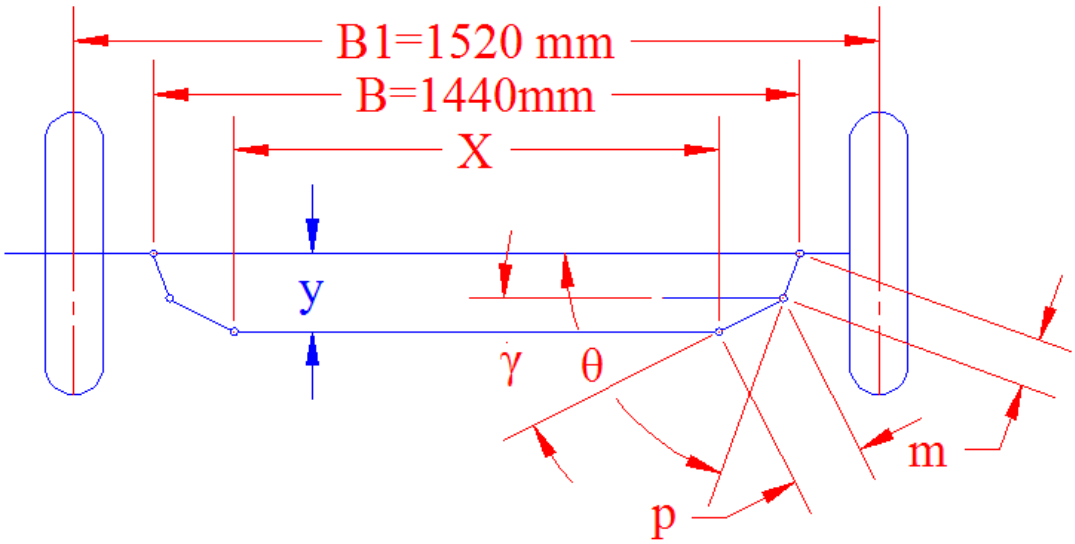
B : là khoảng cách giữa hai đường tâm trụ đứng.

L : là chiều dài cơ sở của ôtô.

Từ biểu thức trên để bánh xe dẫn hướng lăn tinh mà không bị trượt lết trong quá trình quay vòng thì hiệu số cotg góc quay của bánh xe bên ngoài và bên trong phải luôn là một hằng số và bằng B/L.

Hình thang lái phải đảm bảo động học quay vòng của các bánh xe dẫn hướng. Nó bao gồm các khâu được nối với nhau bằng các khớp cầu và các đòn bên được bố trí nghiêng một góc so với dầm cầu trước.

2.3.1.1. Trường hợp xe đi thẳng



Hình 2. 8: Sơ đồ dẫn động lái trong trường hợp xe đi thẳng

Từ sơ đồ dẫn động lái hình 2.16 ta có thể tính được mối quan hệ giữa các thông số theo các biểu thức sau:

$$X = B - 2 * (m * \cos\theta + p * \cos\gamma) \quad (2.6)$$

Trong đó:

$$\sin\gamma = \frac{y - m * \sin\theta}{p} \quad (2.7)$$

Mặt khác:

$$sin^2(\gamma) + cos^2(\gamma) = 1$$

$$\rightarrow \cos(\gamma) = \sqrt{1 - sin^2(\gamma)} = \frac{1}{p} * \sqrt{p^2 - (y - m * \sin(\theta))^2} \quad (2.8)$$

Thay vào biểu thức ta được

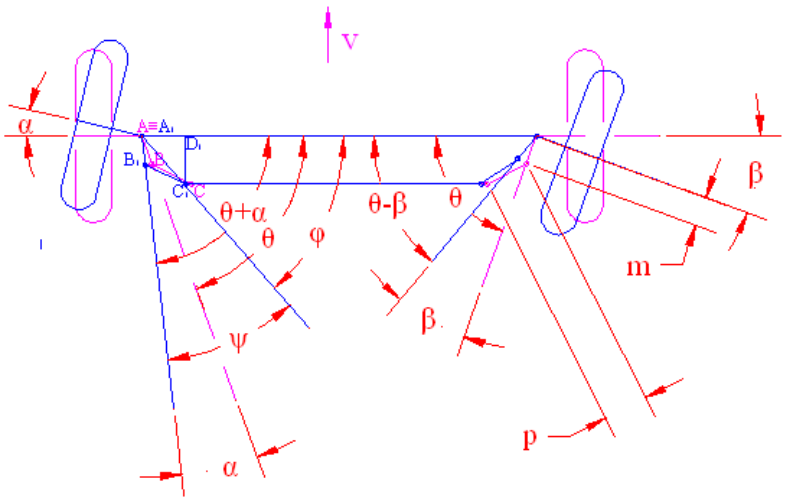
$$X = B - 2 * \left(m * \cos\theta + \sqrt{p^2 - (y - m * \sin(\theta))^2}\right) \quad (2.9)$$

Các đòn bên tạo với phương dọc một góc θ.

Khi ôtô quay vòng với các bán kính quay vòng khác nhau mà quan hệ giữa α và β vẫn được giữ nguyên như công thức trên thì hình thang lái Đan - Tô không thể thoả mãn hoàn toàn được.

Tuy nhiên ta có thể chọn một kết cấu hình thang lái cho sai lệch với quan hệ lý thuyết trong giới hạn cho phép tức là độ sai lệch giữa góc quay vòng thực tế và lý thuyết cho phép lớn nhất ở những góc quay lớn, nhưng cũng không được vượt quá 1.5^0.

2.3.1.2. Trường hợp khi xe quay vòng



Hình 2.9: Sơ đồ dẫn động lái khi xe quay vòng

Khi bánh xe bên trái quay đi một góc α và bên phải quay đi một góc β, lúcnày đòn bên của bánh xe bên phải hợp với phường ngang một góc (θ-β) và ánh xe bên trái là (θ +α).

Từ sơ đồ dẫn động trên ta có mối quan hệ của các thông số theo quan hệ sau:

$$AD = B - [m * \cos(\theta - \beta) + p * \cos(\gamma') + X] \quad (2.10)$$

$$\cos(\gamma') = \frac{1}{p} * \sqrt{p^2 - [y - m * \sin(\theta - \beta)]^2} \quad (2.11)$$

Từ quan hệ hình học trong tam giác ACD ta có:

$$AC^2 = AD^2 + CD^2 = AD^2 + y^2 \quad (2.12)$$

$$BC^2 = AC^2 + AB^2 - 2 * AB * AC * cos(\psi) \quad (2.13)$$

Thay vào biểu thức trên ta có:

$$\cos(\psi) = \frac{AC^2 + AB^2 - BC^2}{2 * AC * AB} = \frac{y^2 + m^2 + AD^2 - p^2}{2 * m * \sqrt{AD^2 + y^2}} \quad (2.14)$$

$$\psi = \arccos\left(\frac{y^2 + m^2 + AD^2 - p^2}{2 * m * \sqrt{AD^2 + y^2}}\right) \quad (2.15)$$

Từ mối quan hệ hình học trong tam giác ta có:

$$tg(\varphi) = \frac{CD}{AD} = \frac{y}{AD} \quad (2.16)$$

$$\varphi = arctg\left(\frac{y}{AD}\right) \quad (2.17)$$

Mặt khác:

$$\theta + \alpha = \psi + \varphi \quad (2.18)$$

$$\alpha = \psi + \varphi - \theta \quad (2.19)$$

Ta rút ra được biểu thức liên hệ giữa β và α như sau:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{y^2+m^2+AD^2-p^2}{2*m*\sqrt{AD^2+y^2}}\right) + arctg\left(\frac{y}{AD}\right) - \theta \quad (2.20)$$

Trong đó:

$$AD = 2*\left[m*\cos(\theta) + \sqrt{p^2-(y-m*\sin(\theta))^2}\right]$$
$$-\left[m*\cos(\theta-\beta) + \sqrt{p^2-(y-m*\sin(\theta-\beta))^2}\right] \quad (2.21)$$

2.3.2. Xây dựng đường cong đặc tính hình thang lái lý thuyết

Trên hệ trục toạ độ đề các α0β ta xác định được đường cong đặc tính lý thuyết qua quan hệ β = f(θ,α).

Theo công thức (1.3) ta có:

$$Cotg(\alpha) - Cotg(\beta) = \frac{B_1}{L} \quad (2.22)$$

Hay: $Cotg(\alpha) - Cotg(\beta) = \frac{B_1}{L} = \frac{1440}{2450} = 0.58$

Ứng với các giá trị của góc β từ 0^0, 5^0, ... , 40^0 ta lần lượt có các giá trị tương ứng của góc α. Các giá trị này được lập trong bảng 1 dưới đây:

β	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	35^0	40^0
α	0^0	4.75^0	9.08^0	13.03^0	16.69^0	20.1^0	23.32^0	26.38^0	29.33^0

2.3.3. Xây dựng đường cong đặc tính hình thang lái thực tế

Để xây dựng đường cong đặc tính hình thang lái thực tế ta phải xây dựng được đường cong biểu thị hàm số α = f(θ,β). Theo mối quan hệ này thì nếu biết trước một góc θ nào đó ứng với một giá trị của góc β thì ta có một giá trị của góc α. Mối quan hệ giữa các góc θ, β và α theo công thức (2.20) và (2.21) được thể hiện như sau:

STT	Tên gọi	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Góc quay của trục bánh xe dẫn hướng bên ngoài	β		
2	Góc quay của trục bánh xe dẫn hướng bên trong	α		
3	Chiều dài cơ sở của xe	L	2450	mm
4	Khoảng cách giữa hai trục đứng của cầu dẫn hướng	B	1440	mm
5	Góc tạo bởi đòn bên hình thang lái và phương ngang	θ	78°	
6	Chiều dài đòn bên hình thang lái	m	160	mm
7	Khoảng cách giữa đòn ngang với trục trước trong hình thang lái	y	182	mm
8	Chiều dài đòn thanh nối bên hình thang lá	p	250	mm

Dựa vào công thức (2.20) và (2.21) ta xây dựng chương trình tính toán trên Matlab để xác định các đường đặc tính hình thang lái thực tế ứng với mỗi giá trị của góc

θ = (45^0, 46^0, ..., 90^0) khi cho gia trị β= (1^0, 2^0, ... , 40^0)

Ta thu được kết quả tính toan lệch giữa góc α thực tế và Δα. Xem ở phần phục lục ta thu được

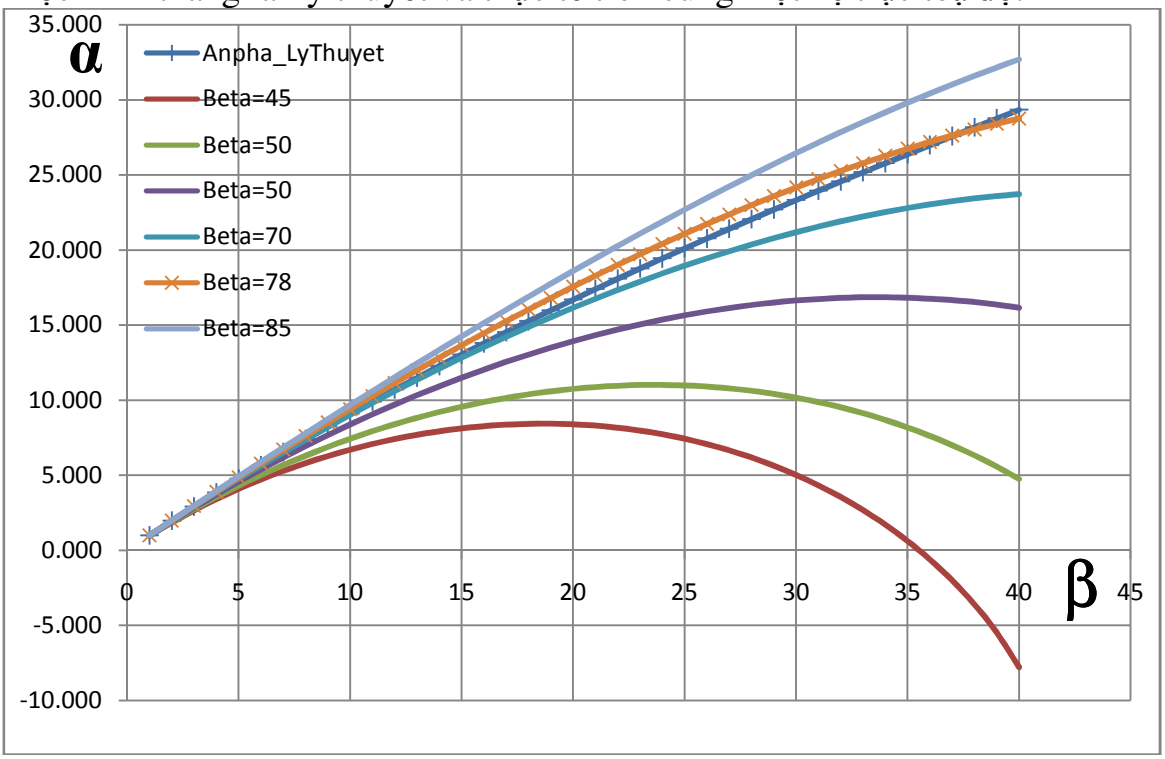
Với θ = 77^0 thì $\min(\Delta\alpha_{max} = 1.17^o < 1.5^o)$

Với θ = 78^0 thì $\min(\Delta\alpha_{max} = 0.98^o < 1.5^o)$

Với θ = 79^0 thì $\min(\Delta\alpha_{max} = 1.25^o < 1.5^o)$

Chọn θ = 78^0

Dựa vào các số liệu trong bảng phụ lục ta vẽ được đồ thị đặc tính động học hình thang lái lý thuyết và thực tế trên cùng một hệ trục toạ độ:



2.4. Tính toán động lực học hệ thống lái

2.4.1. Xác định mômen cản quay vòng

$$M_c = (M_1 + M_2 + M_3) * \frac{1}{\eta} \quad (2.23)$$

2.4.1.1. Momen cản lăn M_1

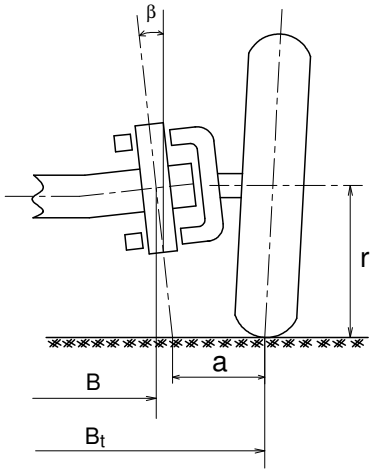
$$M_1 = 2 * G_{bx} * f * a \quad (2.24)$$

Trong đó:

G_{bx} – Trọng lượng tác dụng lên một bánh xe dẫn hướng.

a – cánh tay đòn của bánh xe dẫn hướng với xe thiết kế ta đo được (a = 0.03 ÷0.06 m).

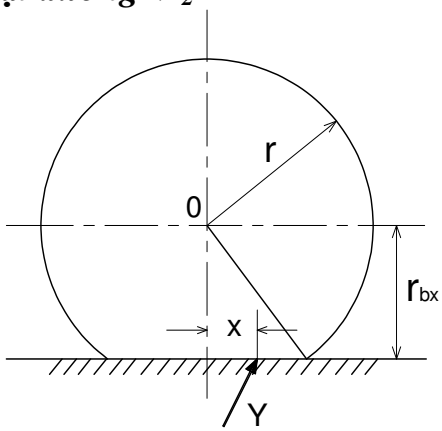
f – hệ số cản lăn ta xét trong trường hợp khi ôtô chạy trên đường nhựa và khô ta chọn (f=0.015)



Hình 2.10:

2.4.1.2. *Momen ma sát giữa bánh xe với mặt đường M_2*

Khi có lực ngang Y tác dụng lên bánh xe thì bề mặt tiếp xúc giữa lốp và đường sẽ bị lệch đi đối với trục bánh xe. Nguyên nhân lệch này là do sự đàn hồi bên của lốp. Điểm đặt của lực Y sẽ nằm cách hình chiếu của trục bánh xe một đoạn x về phía sau. đoạn x được thừa nhận bằng nửa khoảng cách của tâm diện tích tiếp xúc đến rìa ngoài của nó theo công thức sau:



Hình 2. 11

$$x = 0.5 * \sqrt{r^2 - r_{bx}^2} \quad (2.25)$$

Trong đó:

- r – bán kính tự do của bánh xe

$$r = H + \frac{D}{2} * 24.5 \quad (2.26)$$

Với bánh xe có cỡ lốp là: 185/70R 14 88H.

$$\rightarrow r = 185 + \frac{14}{2} * 24.5 = 30.73\ (mm) = 0.3073\ (m)$$

- r_{bx} – bán kính làm việc của bánh xe.

Ta thừa nhận: $r_{bx} = 0.96*r$

$$x = 0.5 * \sqrt{r^2 - r_{bx}^2} = 0.5 * \sqrt{r^2 - (0.96 * r)^2}$$

$$= 0.5 * r * \sqrt{1 - 0.96^2} = 0.14 * r$$

Do đó mômen cản do bánh xe trượt bên là:

$$M_2 = 2 * G_{bx} * \varphi * x = 2 * G_{bx} * \varphi * 0.14 * r \quad (2.27)$$

2.4.1.3. *Momen ổn định gây nên bởi góc đặt bánh xe M_3*

Mômen ổn định tạo nên bởi độ nghiêng ngang,nghiêng dọc của trụ đứng. Giá trị của M_3 thường tinh thong qua hệ số $\lambda = 1.07 \div 1.15 \rightarrow$ chọn $\lambda = 1.1$

2.4.1.4. *Hiệu dẫn động của trụ đứng và hình thang lái*

$$\eta = \eta_k * \eta_t \quad (2.28)$$

Trong đó:

η_k : Là hiệu suất của các khớp thanh kéo. Chọn $\eta_k = 0.8$.

η_t : Là hiệu suất của trụ đứng. Chọn $\eta_t = 0.9$.

$\Rightarrow \eta = \eta_k * \eta_t = 0.8 * 0.9 = 0.72$

2.4.1.5. *Momen cản quay vòng lớn nhất*

$$Mc = 2 * (M1 + M2) * \frac{\lambda}{\eta} = 2 * G_{bx} * (f * a + 0.14 * \varphi * r) * \frac{\lambda}{\eta} \quad (2.29)$$

Các thông số dùng để tính toán

G_{bx}	:	6550	(N)		r	:	0.3073	(m)
f	:	0.015			λ	:	1.1	
a	:	0.03	(m)		η	:	0.72	
φ	:	0.80						

$$Mc = 2 * G_{bx} * (f * a + 0.14 * \varphi * r) * \frac{\lambda}{\eta}$$

$$= 2 * 6550 * (0.015 * 0.03 + 0.14 * 0.8 * 0.3073) * \frac{1.1}{0.72}$$

$$= 697.836 \quad \text{(N.m)}$$

2.4.2. *Xác định lực cực đại tác dụng lên vành tay lái*

$$P_{vlmax} = \frac{M_c}{R * i_c * i_d * \eta_{th}} \quad (2.29)$$

Trong đó:

M_c – mômen cản quay vòng. $M_c = 697.836 \ (N.m)$

R – bán kính bánh lái. R = 0.18 (m).

i_c – tỷ số truyền cơ cấu lái . $i_c = 20.4$.

η_{th} – hiệu suất thuận của cơ cấu lái, đối với cơ cấu lái thanh răng – trục răng hiệu suất thuận. $\eta_{th} = 0.6$.

i_d – tỷ số truyền của truyền động lái. $i_d = 1$; [$i_d = \frac{l_n}{l_d} = 1; (l_n = l_d)$].

Vậy thay vào công thức (2.29):

$$P_{vlmax} = \frac{M_c}{R * i_c * i_d * \eta_{th}} = \frac{697.836}{0.18 * 20.4 * 0.6} = 316.738 \quad \text{(N)}$$

Thỏa mãn điều kiện $P_{vlmax} < 500\ N$

2.4.3. Xác định các thông số hình học của dẫn động lái và cơ cấu lái

2.4.3.1 Chiều dài thanh răng

Theo sơ đồ dẫn động lái, khi bánh xe dẫn hướng quay đi một góc $\beta_{max} = 40^{\circ}$ thì thanh răng dịch chuyển một đoạn là X_1

$$X_1 = m * cos(\theta - \beta) + p * cos(\gamma') - (m * \cos\theta + p * \cos\gamma) \qquad (2.30)$$

Theo công thức 2.11 ta có

$$\cos(\gamma') = \frac{1}{p} * \sqrt{p^2 - [y - m * \sin(\theta - \beta)]^2}$$

Thay các số liệu vào công thức (2. 30) ta được:

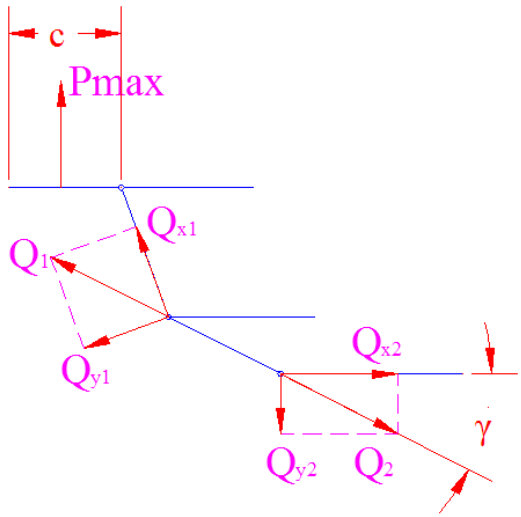
$$X_1 = 0.16 * cos(78^o - 40^o)$$
$$+\sqrt{0.25^2 - [0.182 - 0.160 * \sin(78^o - 40^o)]^2}$$
$$-\left(0.16 * \cos(78^o) + \sqrt{0.25^2 - [0.182 - 0.160 * \sin(78^o)]^2}\right)$$
$$= 0.0798\ (m)$$

Do thanh răng quay về cả hai bên nên khoảng cách của thanh răng sẽ phải thoả mãn là: L = 0.170 (m) > 2* X_1 = 2*0.0798 = 0.1596 (m).

Vậy khoảng cách phải làm việc của thanh răng đo trên chiều dài của trục nhỏ bằng nửa lần chiều dài (L = 0.170 m). Vậy thanh răng đủ dài để xe có thể quay vàng dễ dàng mà không bị chạm.

2.4.3.2 Sơ đồ phân tích lực trong trường hợp hệ thống làm việc nặng nhất

Hệ thống sẽ chiu tải trọng lớn nhất trong trường hợp xe bị phanh. Ta có sơ đồ phân tích lực như sau:



Hình 2.12: Sơ đồ phân tích lực trên các khâu

$P_{pmax} = G_1 * m_{1p} * \varphi$ (2.31)

Trong đó:

Tải trọng đặt lên cầu trước trong trạng thái tĩnh: G_1 = 13100(N).

Hệ số phân bố lại tải trọng lên cầu trước khi phanh: m_{1p} = 1.4.

Hệ số bám giữa lốp và mặt đường: φ = 0.8.

Thay vào biểu thức ta được:

$P_{pmax} = 13100 * 1.4 * 0.8 = 14672$ (N)

Qua sơ đồ phân tích lực trên ta có:

$Q_{x1} = \frac{P_{pmax} * c}{p}$ (2.32)

Trong đó:

c, p: là các kích thước trên hình vẽ

$c = \frac{B_t - B}{2} = \frac{0.152 - 0.144}{2} = 0.04$ (m)

p = 0.16 (m)

$\rightarrow Q_{y1} = \frac{14672 * 0.04}{0.16} = 2347.520$ (N)

Ta lại có:

$$Cos(\gamma) = \frac{\sqrt{P^2 - \left((y-m) * \sin(\theta)\right)^2}}{p}$$

$$= \frac{\sqrt{0.25^2 - \left((0.182 - 0.16) * \sin(78^o)\right)^2}}{0.25} = 0.995$$

$\rightarrow \gamma = acrcos(0.995) = 4.938^o$

$\rightarrow Q_1 = \frac{Q_{y1}}{\cos(\theta - \gamma)} = \frac{2347.520}{\cos(78^o - 4.938^o)} = 24466.288$ (N)

$\rightarrow Q_{x1} = \frac{Q_{y1}}{tag(\theta - \gamma)} = \frac{2347.520}{tag(78^o - 4.938^o)} = 7.14930$ (N)

$\rightarrow Q_2 = Q_1 = 2453.971$ (N)

$\rightarrow Q_{x2} = Q_2 * \cos(\gamma) = 2453.971 * 0.995 = 2453.428$ (N)

$\rightarrow Q_{y2} = Q_2 * \sin(\gamma) = 2453.971 * \sqrt{1 - 0.995^2} = 251.526$ (N)

2.4.3.3 Xác định bán kính quay vòng của bánh răng

Để xác định được bán kính vòng lăn của bánh răng ta có thể thực hiện theo các phương pháp sau:

Chọn trước đường kính vòng lăn của bánh răng từ đó tính ra vòng quay của bánh răng có phù hợp không. Có nghĩa là ứng với số vòng quay (n) nào đó thì thanh răng phải dịch chuyển được một đoạn X_1 = 0.0798 (m)Chọn trước số vòng quay của vành lái rồi sau đó xác định bán kính vòng lăn của bánh răng. đối với cơ cấu lái loại thanh răng – bánh răng thì số vòng quay của vành lái thì cũng là số vòng quay của bánh răng.

Dựa vào xe tham khảo, chọn số vòng quay của vành lái ứng với bánh xe quay là n = 1.5 vòng.

$X_1 = 2 * \pi * R * n$ (2.33)

R: Bán kính chia của bánh răng

$\rightarrow R = \frac{X_1}{2*\pi*n} = \frac{X_1}{2*\pi*1.5} = \frac{0.078}{2*3.14*1.5} = 0.008463$ (m)

2.4.3.4 Xác định các thông số của bánh răng

Theo tài liều chi tiết máy $D_c = \frac{m_n*Z}{\cos(\beta)}$

$\rightarrow Z = \frac{D_c*\cos(\beta)}{m_n}$ (2.34)

Trong đó:

D_c : Đường kính vòng chia: D_c = 2*R = 2*0.00863 =0.01693 (m)

m_n : Môduyn pháp tuyến của bánh răng, chọn theo tiêu chuẩn

m_n = 0.00250 (m)

β : Góc nghiêng ngang của bánh răng, chọn sơ bộ góc nghiêng β = 12^0.

Từ công thức (2.33) ta suy ra số răng của bánh răng :

$Z = \frac{D_c*\cos(\beta)}{m_n} = \frac{0.01693*\cos(27.603^o)}{0.0025} = 6.623$ (răng)

Chọn số răng Z = 6 (răng)

Tính chính xác lại góc nghiêng, ta có :

$\cos(\beta) = \frac{m_n*Z}{D_c} \rightarrow \beta = arcos\left(\frac{0.0025*6}{0.01693}\right) = 27.603^o$

Môduyn ngang của bánh răng :

$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta} = \frac{2.5}{\cos 27.063^o} = 0.00282$ (m)

Số răng tối thiểu:

$Z_{min} \geq 17*\cos^3\beta = 17*\cos^3 27.603^o = 11.103 \rightarrow Z_{min}$=12(răng)

Như vậy Z_{min} = 12 >6 do vậy có hiện tượng cắt chân răng nên phải dịch chỉnh, ta chọn kiểu dịch chỉnh đều ξ_Σ = 0.

$\xi = \frac{17-Z}{17} = \frac{17-6}{17} = 0.647$

Đường kính vòng đỉnh:

$D_d = D_c+2*m_n*(1+ \xi)$

= 0.01693 +2*0.0025*(1+ 0.647) =0.025162 (m).

Đường kính đỉnh chân răng:

$D_f = D_c- 2*m_n*(1.25- \xi)$

=0.01693 -2*0.0025*(1- 0.647)= 0.015162 (m)

Do bộ truyền là bánh răng ăn khớp với thanh răng nên đường kính vòng chia bằng đường kính vòng lăn (Tham khảo Bảng 5.5 tr62[2])

$D_c=D_w$

Góc ăn khớp của bánh răng được chọn theo chi tiết máy α = 20^0.

Đường kính cơ sở của bánh răng:

$D_0 = D_c.\cos\alpha = 0.01693*\cos(20^0) = 0.015905$ (m)

Chiều cao răng :

$h = (h_f^{'} + h_f^{''})*m_n = (1 + 1.25)*0.0025 = 0.005625$ (m)

Chiều cao đỉnh răng:

$h^{'} = (f^{'} + \xi)*m_n = (1 + 0.647)*0.0025 = 0.004118$ (m)

Chiều dày của răng trên vòng chia:

$S = \pi * m_n/2 + 2*\xi*m_n*tg\alpha$

$= 3.14*0.0025/2 + 2*0.647*0.0025*tg20^0 = 0.005104$ (m)

Hệ số trùng khớp ngang

$$\varepsilon_\alpha = \left[1.88 - 3.2*\left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}\right)\right]*\cos(\beta)$$

$$= \left[1.88 - 3.2*\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\infty}\right)\right]*\cos(27.603^o) = 1.193$$

2.4.3.5 Xác định kích thước và thông số của thanh răng

Ứng suất nén dọc của thanh ngang liên kết được xác định theo công thức

$$\delta_n < [\delta_n] \rightarrow \frac{Q_{x2}}{F_t} < [\delta_n] \rightarrow F_t > \frac{Q_{x2}}{[\delta_n]} \rightarrow d > \sqrt{\frac{4*Q_{x2}}{\pi*[\delta_n]}} \quad (3.35)$$

Trong đó:

$[\delta_n]$: Ứng suất tiếp xúc cho phép tại tiết diện nguy hiểm nhất.

Lấy $[\delta_n] = 350*10^6$ (N/m^2)

Q_{x2} – Lực nén lớn nhất lên thanh $Q_{x2} = 2453.428$ (N)

$$\rightarrow d > \sqrt{\frac{4*2453.428}{\pi*350*106}} = 0.009447 \quad (m)$$

Do kích thước của thanh khá dài nên trong quá trình làm việc thanh có thể bị mất ổn định trước khi bị phá hủy. Điều kiện thể thanh không bị mất ổn định là

$$Q_{x2} < Q_{x2th} \quad (3.36)$$

Q_{x2}=2453.428 (N)

Q_{x2th}- Lực tới hạn làm thanh mất ổn định.

Theo sức bền vật liệu ta có $Q_{x2th} = \frac{\pi^2*E*J_{min}}{\mu*X_1^2}$ (3.37)

Trong đó

E- Mô đun đàn hồi của vật liệu làm thanh răng $E = 2.1*10^{11}$ (N/m^2)

J_{min}- Momen quan tính tiết diện ngang của hình tròn có đường kính d

$$J_{min} = \frac{\pi*d^4}{64} \quad (3.38)$$

μ- Hệ số phục thuộc vào liên kết của thanh răng. Một cách gần đúng có thể coi $\mu = 0.5$

X Chiều dài của thanh răng

$$X = B - 2 * (m * \cos(\theta) + \sqrt{p^2 - (y - m * \sin(\theta))^2})$$

$$X = 1.44 - 2 * (0.16 * \cos(78^o) + \sqrt{0.25^2 - (0.182 - 0.16 * \sin(78^o))^2})$$

$$X = 0.876 \quad \text{(m)}$$

Thay vào bất đẳng thức 3.34 ta có

$$Q_{x2} < \frac{\pi^2 * E * J_{min}}{\mu * X_1^2} \leftrightarrow Q_{x2} < \frac{\pi^2 * E}{\mu * X_1^2} * \frac{\pi * d^4}{64}$$

$$\leftrightarrow \frac{Q_{x2} * \mu * X_1^2 * 64}{\pi^3 * E} < d^4 \leftrightarrow d > \sqrt[4]{\frac{Q_{x2} * \mu * X_1^2 * 64}{\pi^3 * E}}$$

$$\leftrightarrow d > \sqrt[4]{\frac{2444.863 * 0.5 * 0.0876 * 64}{\pi^3 * 2.1 * 10^{11}}} = 0.009808 \quad \text{(m)}$$

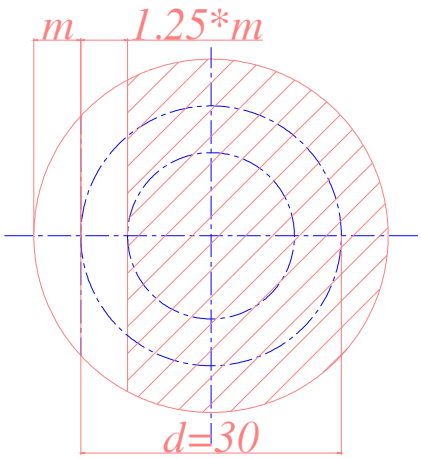
Trên thực thế mặt căt nguy hiểm nhất của thang răng không có dạng hình tròn mà có dang như hình 2.13.

d- Là đường kính của vòng tròn tiếp xúc với mặt phẳng lăn

Từ kết quả tính toan ở trên ta thu được

$$\begin{cases} d > 0.009430 \text{ (m)} \\ d > 0.009808 \text{ (m)} \end{cases}$$

Chọn d=0.03 (m)



Hình 2.13

Chiều rộng trung bình của răng trên thanh răng

$$b_{trtb} = 2 * \sqrt{(d + m)^2 - d^2} \quad (2.39)$$

$$b_{trtb} = 2 * \sqrt{(0.03 + 0.0025)^2 - 0.03^2} = 0.025 \quad \text{(m)}$$

Theo phần trên hiều dài đoạn làm việc của thanh răng L = 0.170 (m)

Bươc răng t_1 được tinh theo công thưc sau:

$$t_1 = \frac{t}{\cos(\beta)} = \frac{\pi * 0.0025}{\cos(27.603^o)} = 0.008863 \quad \text{(m)}$$

Số răng trên thanh răng:

$$Z_{tr} = \frac{L}{t_1} = \frac{0.170}{0.008863} = 19.181 \quad \text{(răng)}$$

Vậy ta chọn Z = 20 (răng)

Chiều cao của thanh răng:

$h=(f' + f'')m_n=(1+ 1.25)*0.0025=0.005625$ (m)

2.4.4. Kiểm nghiện bền

2.4.4.1. Tính bền cơ cấu lái bánh răng – thanh răng

Đối với loại truyền động truc răng – thanh răng phải đảm bảo cho các răng có độ bền cao.

Xác định lực tác dụng lên bộ truyền trục răng – thanh răng.

Lực vòng tác dụng lên bánh răng

$P_{vbx} = P_{vlmax} * i_c = 316.738 * 20.4 = 6461.447$ (N)

Lực hướng tâm tác dụng lên trục răng theo công thức:

$P_r = \frac{P_{vbx} * tg(\alpha)}{\cos(\beta)} = \frac{6461.447 * tg(20^o)}{\cos(27.603^o)} = 16311.933$ (N)

Lực dọc tac dụng lên trục răng:

$P_a = P_{vlx} * tg(\beta) = 6461.447 * tg(27.603^o) = 3378.395$ (N)

Kiểm tra vật liệu.

Trong quá trình làm việc trục răng, thanh răng chịu ứng suất uốn tiếp xúc và chịu tải trọng va đập từ mặt đường. Vì vậy thường gây ra hiện tương rạn nứt chân răng. Do ảnh hưởng lớn tới sự tin cậy và tuổi thọ của cơ cấu lái. Để đảm bảo được những yêu cầu lam việc của cơ cấu lái thì vật liệu chế tạo trục răng – thanh răng được dùng là thép cacbon các loại được thấm cacbon và tôi. Theo bảng 5.8 tr77[2] ta co:

Vật liệu	Nhiệt luyện	Độ cứng		σ^o_{Hlim} (Mpa)	S_H	σ^o_{Flim} (Mpa)	S_F
Thép thấm cac bon cac loại	Thấm cac bon và tôi	Mặt răng	Lõi răng				
		HRC45-63	HRC 30-35	23*HRC	1.2	750	1.55

- ***Ứng suất tiếp xúc cho phép***

Ứng suất tiếp xúc cho phép của trục răng:

$$[\sigma_H] = \left(\frac{\sigma_{Hlim} * K_{HL}}{S_H}\right) * Z_R * Z_V * Z_F * K_{XH} \quad (3.40)$$

Trong đó:

σ_{Hlim}- Giới hạn bền mỏi tiếp xúc ứng với số chu kỳ cơ sở

$\sigma_{Hlim} = 63 * HRC = 1449.10^6$

S_H - Là hệ số an toàn ; lấy $S_H = 1.1$.

Z_R - Hệ số xét ảnh hưởng của độ nhám; $Z_R = 0.95$.

Z_V - Hệ số xét ảnh hưởng của vận tốc vòng; $Z_V = 1.1$.

K_{XH} - Hệ số xét ảnh hưởng của kích thước trục răng; $K_{XH} = 1$.

K_{HL} - Hệ số tuổi thọ $K_{HL} = 1.4$

$\rightarrow [\sigma_H] = \left(\frac{1449.10^6 * 1.4}{1.1}\right) * 0.95 * 1.1 * 1 * 1 = 1766.572 * 10^6$ (N/m^2)

- ***Ứng suất uốn cho phép***

(N/m^2)

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma^o_{Flim} * K_{FL} * K_{FC}}{S_F} * Y_R * Y_S * Y_{XF}$$

Trong đó:

σ^o_{Flim}- Giới hạn bền mỏi uốn của trục răng: $\sigma^o_{Flim} = 750 * 10^6$ (N/m^2)
K_{FL} -Hệ số tuổi thọ $K_{FL} = 1.4$
K_{FC} - Với bộ truyền quay hai chiều ta chọn $K_{FC} = 0.75$
Y_R - Hệ số kể đến ảnh hưởng của độ nhám bề mặt $Y_R = 1$
Y_{XF} - Hệ số kể đến ảnh hưởng của ảnh hưởng của kích thước trục răng $Y_{XF} = 1$.
S_F - Hệ số an toàn $S_F = 1.55$
Y_S- Là hệ số xét tới ảnh hưởng của mô đun với m = 2.5→ $Y_S = 1.03$

$$[\sigma_F] = \frac{750*10^6*1*0.75}{1.7} * 1 * 1.03 * 1 = 477.132 * 10^6 \quad (N/m^2)$$

- ***Kiêm nghiệm răng về độ bền tiếp xúc***

$$\sigma_H = \frac{Z_M*Z_H*Z_\varepsilon}{d_\omega} * \sqrt{\frac{2*T*K_{H\alpha}*K_{HV}*(i_c+1)*K_{H\beta}}{b_\omega*i_c}} \quad (3.41)$$

Trong đó:
Đối với trục răng bằng thép $Z_M = 274$ MPa$^{1/2}$
Z_H- Hệ số xét đến ảnh hưởng của hình dạng bề mặt tiếp xúc

$$\alpha_{tw} = arctg\left(\frac{tg(\alpha)}{tg(\beta)}\right) = arctg\left(\frac{tg(20^o)}{tg(27.603^o)}\right) = 25.413^o$$

$$\beta_b = arctg\big(\cos(\alpha_{tw}) * tg(\beta)\big) = arctg\big(\cos(25.413^o) * tg(27.603^o)\big) = 37.159^o$$

$$Z_H = \sqrt{\frac{2*\cos(\beta_b)}{\sin(2*\alpha)}} = \sqrt{\frac{2*\cos(37.159^o)}{\sin(2*20^o)}} = 1.463$$

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1.193}} = 0.915$$

ε_α - Là hệ số trùng khớp ngang được tính theo công thức $\varepsilon_\alpha = 1.193$
i_c- Tỉ số truyền của cơ cấu lái i_c=20.4
K_{HV} – Hệ số tải trọng động

$$K_{HV} = 1 + \frac{\nu_H*b_\omega*d_\omega}{2*T*K_{H\alpha}*K_{H\beta}} \quad (2.42)$$

Trong đó:
d_ω – Đường kính vòng chia của bánh răng $d_\omega = d_c = 0.01693$ m
Chiều rộng vành răng được xác định theo chiều rộng của bánh răng mỏng hơn. Vì vậy trong trường hợp này chiều rộng vành răng được tính theo thanh răng $b_\omega = b_{trtb\omega} = 0.025$ (m)
Hệ số bề rộng vành răng: $\Psi_{bd} = \frac{b_\omega}{d_\omega} = \frac{0.025}{0.01693} = 1.477$ (m)
ν_H – Hệ số cường độ tải trọng động tính theo công thưc $\nu_H = 4$
$K_{H\beta}$- Hệ số kể đến sự phân bố không đều cho các răng đồng thời ăn khớp
Với $\Psi_{bd} = 1.477$ tra theo bảng 5.4 tr72[2] ta có được $K_{H\beta} = 1.31$
T- Momen xoắn tác dung lên bánh răng

$T = P_{vlmax} * R = 316.738 * 0.18 = 57.013$ (Nm)

$K_{H\alpha}$- Hệ số phân bố tải trọng không đều giữa các răng đồng thơi ăn khớp

$K_{H\alpha} = 1.05$ Tra theo đồ thị hình 5.11 tr71[2]

$K_{HV} = 1 + \frac{\nu_H * b_\omega * d_\omega}{2 * T * K_{H\alpha} * K_{H\beta}}$

$K_{HV} = 1 + \frac{4*0.025*0.01693}{2*57.013\ *1.05*1.31} = 1.000$

Thay các thông số vào công thức (2.41) ta được:

$\sigma_H = \frac{Z_M * Z_H * Z_\varepsilon}{d_\omega} * \sqrt{\frac{2*T*K_{H\alpha}*K_{HV}*(i_c+1)*K_{H\beta}}{b_\omega * i_c}}$

$\sigma_H = \frac{274*10^3*1.463*0.915}{0.01693} * \sqrt{\frac{2*57.013\ *1.15*1.000*(20.4+1)*1.31}{0.025*20.4}}$

$\sigma_H = 1581.566 * 10^6$ (N/m^2)

$[\sigma_H] = 1766.572 * 10^6$ (N/m^2)

Vậy cơ cấu thỏa mãn điều kiện bên tiếp xúc

- ***Kiểm nghiệm răng về độ bền uốn***

Ứng suất uốn được tính theo công thức:

$\sigma_{Fbr} = \frac{2*T*K_{F\beta}*K_{Fv}*Y_{Fbr}*Y_\varepsilon}{d_\omega * b_\omega * m_{uonbr}}$ (2.43)

Y_{Fbr}- Là hệ số dạng răng. Theo Bảng 5.10tr85[2] với hệ số dạng răng dịch chỉnh $\xi = 0.647$ và số răng tương đương.

$Z_{vbr} = \frac{Z_{br}}{\cos(\beta)} = \frac{6}{\cos(27.603^o)} = 14.692 \rightarrow Y_{Fbr} = 3.14$

$K_{F\beta}$- Hệ số kể đến sự phân bố không đều cho các răng đồng thời ăn khớp. Với $\Psi_{bd} = 1.217$ tra theo bảng 5.4 tr72[2] ta có được $K_{F\beta} = 1.4$

$K_{Fv} = 1 + \frac{\nu_F * b_\omega * d_\omega}{2*T*K_{F\alpha}*K_{F\beta}}$ (2.44)

Trong đó:

ν_F- Cường độ tải trọng động $\nu_F = 10$

$d_\omega = 0.01693$ (m)

$b_\omega = 0.025$ (m)

$K_{F\alpha}$- Hệ số phân bố tải trọng không đều giữa các răng đồng thơi ăn khớp

$K_{F\alpha} = 1.4$ Tra theo đồ thị hình 5.11 tr71[2]

Thay vào biểu thức ta có

$$K_{Fv} = 1 + \frac{10 * 0.025 * 0.01693}{2 * 57.013 * 1.2 * 1.4} = 1.000$$

$Y_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_\alpha} = 0.838$

m_{uonbr}- Hệ số kể đến sự mòn của răng

$$m_{uonbr} = K_m * \sqrt{\frac{T*K_{K\beta}*Y_F}{Z_{br}^2*\Psi_{bd}*[\sigma_F]}} \quad (2.45)$$

Trong đó

$$K_m = \sqrt{2 * K_{Fv} * Y_\varepsilon} = \sqrt{2 * 1.000 * 0.638} = 1.129$$

$$\rightarrow m_{uonbr} = 1.129 * \sqrt{\frac{57.012 * 1.14 * 3.14}{6^2 * 1.217 * 284.643 * 10^6}} = 0.0049$$

Thay các thông số vào công thức (2.43) ta được:

$$\sigma_{Fbr} = \frac{2*57.013*1.4*1.000*3.14*0.638}{0.01693*0.025*0.0049} = 196.649 * 10^6 \quad (N/m^2)$$

$$\rightarrow \sigma_{Fbr} = 196.649 * 10^6 < [\sigma_F] = 284.643 * 10^6$$

Vậy điều kiện được thoả mãn ⇒ Bộ truyền trục răng - thanh răng đảm bảo đủ bền trong quá trình làm việc.

2.4.4.2. Tính bền trục lái

Trục lái làm bằng thép 20 có ứng suất cho phép $[\tau] = 80 * 10^6 (N/m^2)$

Trục lái chế tạo đặc có đường kính D = 20 mm.

- ***Ứng suất xoắn gây nên tại tiết diện nguy hiểm được xác định bằng công thức:***

$$\tau_x = \frac{P_{vlmax}*R}{W_x} \quad (2.46)$$

Trong đó:

P_{vlmax} - Lực cực đại tác dụng lên vành tay lái

$P_{vlmax} = 316.73$ (N)

R - Bán kính vành tay lái R = 0.18 (m)

W_x - Môduyn chống xoắn

$W_x = 0.2 * D^3 = 0.2 * 0.02^3 = 1.6 * 10^{-6}$ (m^3)

Thay số vào công thức (2.39):

$$\tau_x = \frac{P_{vlmax}*R}{W_x} = \frac{316.738*0.18}{1.6*10^{-6}} = 35.633 * 10^6 \quad (N/m^2)$$

Với vật liệu chế tạo các đăng là thép nhiệt luyện có ứng suất xoắn cho phép là: $[\tau] = 80 * 10^6 (N/m^2)$

$$< \frac{[\tau]}{n} = \frac{80*10^6}{1.5} = 53.333 * 10^6 \quad (N/m^2)$$

- ***Góc xoắn của trục lái lơn nhất***

$$\theta = \frac{\tau_x*2*L}{G*D} \quad (2.47)$$

Trong đó:

$\tau_x = 35.633 * 10^6$ (N/m^2)

Chiều dài trục lái: L = 0.4 (m)

Mô đun đàn hồi dịch chuyển: G = $8*10^{10}$ (N/m^2)

Thay các giá trị vào công thức (2.40)

$$\theta = \frac{\tau_x*2*L}{G*D} = \frac{35.633*10^6*2*0.4}{8*10^{10}*0.2} = 0.0178 \quad \text{(rad)}$$

Góc xoắn tương đối

$$\varphi = \frac{\theta}{L} = \frac{0.0178}{0.4} * \frac{180}{\pi} = 2.552^o$$

$$[\varphi] = 5.5 \div 7.5 \quad \text{(độ/m)}$$

$$\rightarrow \varphi < [\varphi]$$

Vậy trục lái đảm bảo yêu cầu kỹ thuật.

2.4.4.3. Kiểm nghiệm đòn kéo bên

Ứng suất uốn của thanh.

$$\delta_n = \frac{Q_1}{F_t} \quad (2.48)$$

Trong đó:

F_t: Là tiết diện của thanh:

$$F_t = \frac{\pi*d^2}{4} = \frac{3.14*0.012^2}{4} = 1.131*10^{-4} \quad (m^2)$$

$$\rightarrow \delta_n = \frac{Q_1}{F_t} = \frac{2466.288}{1.131*10^{-4}} = 7.023*10^6 \quad (\frac{N}{m^2})$$

Thanh nối được làm băng vật liệu thép 20X có $[\sigma_n] = 140*10^6$ $(\frac{N}{m^2})$

$$\rightarrow \delta_n = 70.23*10^6 < [\sigma_n] = 140*10^6$$

Vậy đòn nối bên của dẫn động lái đủ bền trong quá trình là việc. Vậy đòn kéo ngang đảm bảo độ bền và độ ổn định.

2.4.4.4. Kiểm nghiệm bền đòn kéo dọc

Để đảm bảo an toàn và tính ổn định trong quá trình làm việc, đòn bên được làm bằng thép 20X. Đòn bên của dẫn động lái chủ yếu chịu ứng suất uốn. Do vậy ta tính bên theo điều kiện uốn:

$$M_u = Q_{y1} * m = 22347.520 * 0.16 = 120.980 \quad \text{(Nm)}$$

Ta kiểm tra ứng suất uốn tại vị trí nguy hiểm nhất tại chỗ giao nhau giữa hai tiết diện, tại điểm A.

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} \quad (2.49)$$

Trong đó:

$$W_u = \frac{b*h^2}{6} = \frac{0.03*0.02^2}{6} = 2*10^{-6} \quad (m^3)$$

Với b = 0.03 m; h = 0.020 m.

$$\rightarrow \sigma_u = \frac{M_u}{W_u} = \frac{120.980}{2*10^{-6}} = 60.049*10^6 \quad (\frac{N}{m^2})$$

Theo tài liệu chuyên ngành, lấy hệ số an toàn n = 1.5 và với thép 20X thì ta có:

$[\sigma_u] = \frac{800}{1.5} * 10^6 = 533 * 10^6$ $(\frac{N}{m^2})$

$\sigma_u = 187.802 * 10^6 < [\sigma_u] = 533 * 10^6$

Vậy thoả mãn điệu kiện bền uốn.

2.4.4.5. Kiểm nghiệm bền thanh kéo ngang

Ứng suất nén dọc của thanh ngang liên kết được xác định theo công thức

$\delta_n = \frac{Q_x 2}{F_t}$

Trong đó:

$Q_x = 2453.428$ (N)

F_t: Là tiết diện của thanh:

$F_t = \frac{\pi*(D^2-d^2)}{4} = \frac{3.14*(0.02^2-0.01^2)}{4} = 2.356 * 10^{-4}$ (m^2)

Đòn kéo ngang được chế tạo bằng thép ống CT20 có đường kính trong và ngoài lần lượt là: D = 0.020 mm; d = 0.010mm.

$[\sigma_b] = 350$ (KG/cm^2) = $35*10^6$ (N/m^2)

Với hệ số dự trữ bền ổn định n = 2 ta có:

$[\sigma_b] = 17.5*10^6$ (N/m^2).

Thay số vào

$\delta_n = \frac{4253.428}{2.356*10^{-4}} = 10.413 * 10^6$ $(\frac{N}{m^2})$

$\rightarrow \delta_n = 10.413 * 10^6 < [\sigma_b] = 17.5*10^6$

Vậy điều kiện bền thỏa mãn

2.4.4.6. Kiểm nghiệm bền khớp cầu (Rô- tuyn)

Khớp cầu được bố trí trên đòn kéo dọc, đòn ngang hệ thống lái. Chúng là khâu quan trọng của dẫn động lái. Các khớp cầu được phân loại theo cách thức bù đắp khe hở của các bề mặt làm việc khi chúng bị mòn. Hiện nay trên ôtô thường sử dụng hai loại khớp cầu:

- Khớp cầu có loxo nén đặt hướng kính.
- Khớp cầu có loxo nén đặt hướng trục.

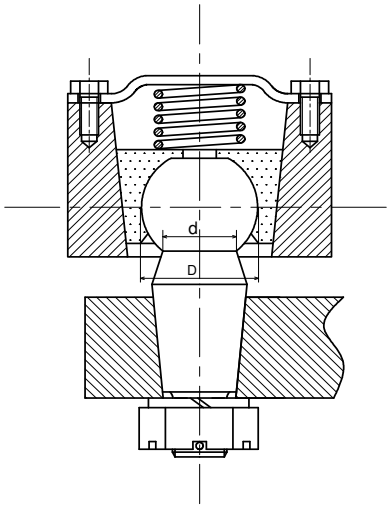
Vật liệu chế tạo khớp cầu là thép 20XH có cơ tính:

$[\sigma_d] = 30 * 10^6$ $(\frac{N}{m^2})$

$[\tau_c] = 80 * 10^6$ $(\frac{N}{m^2})$

Với điều kiện là khớp làm việc ở chế độ tải trọng động và chịu va đập. Khớp cầu được kiểm nghiệm độ bền theo ứng suất chèn dập tại vị trí làm việc và kiểm tra độ bền cắt tại vị trí có tiết diện nguy hiểm. Lực tác dụng lên khớp cầu

$Q_1 = 2466.288$ (N)



Hình 2. 13: Khớp Ro-tuyn

- ***Kiểm tra điều kiện chèn dập***

Tính ứng suất chèn dập tại bề mặt làm việc của khớp cầu

$\sigma_{cd} = \frac{Q_1}{F}$

F – là diện tích tiếp xúc giữa mặt cầu và đệm rôtuyn. Trong thực tế diện tích làm việc chiếm 2/3 diện tích bề mặt tiếp xúc của khớp cầu. Nên mặt chịu lực tiếp xúc chiếm 1/2 * 2/3 = 1/3 bề mặt cầu.

$F = \frac{1}{3} * 4 * \pi * D^2 = \frac{3.14*4*0.02^2}{3} = 16.755 * 10^{-4}$ (m^2)

D – là đường kính khớp cầu: D = 0.020 (m)

$\rightarrow \sigma_{cd} = \frac{2466.428}{16.755*10^{-4}} = 1.472 * 10^6$ $(\frac{N}{m^2})$

Hệ số an toàn:

$\rightarrow n = \frac{[\sigma_{cd}]}{\sigma_{cd}} = \frac{30*10^6}{1.472*10^6} = 20.381$

Như vậy khớp cầu thoả mãn điều kiện chèn dập tại bề mặt làm việc của khớp cầu ở thanh kéo dọc.

- ***Kiểm tra khớp cầu theo điều kiện cắt***

Kiểm tra độ bền cắt khớp cầu tại tiết diện nguy hiểm nhất.

Ứng suất cắt được tính theo công thức

$\sigma_c = \frac{Q_1}{F_c}$

Trong đó:

F_c – là tiết diện của rotuyn tại vị trí có tiết diện nguy hiểm nhất (tại chỗ thắt nhỏ của rotuyl như trên hình 2.13)

$F_c = \frac{\pi*d^2}{4} = \frac{3.14*0.012^2}{4} = 3.142 * 10^{-4}$ (m^2)

d - là đường kính tại chỗ thắt của rôtuyl d = 0.012 (m)

$\tau_c = \frac{2466.288}{3.142*10^{-4}} = 7.850 * 10^6$ $(\frac{N}{m^2})$

Hệ số an toàn: $n = \frac{[\tau_c]}{\tau_c} = \frac{80*10^6}{25.649*10^6} = 10.190$

Vậy khớp cầu thoả mãn điều kiện bền cắt

2.5. *Tính toán cường hóa lái*

2.5.1. Chọn những thông số làm việc của hệ thống lái

Trong việc tính toán hệ thống lái để quay vòng ôtô khi chuyển động được xác định bằng công như sau:

$A_{tb} = \frac{\pi*\varphi_t}{180} * R_v * P_y$

Trong đó:

φ_t: Là góc quay trục lái (độ) từ vị trí trung gian tới mép ngoài cùng, ở đây có.

$\varphi_t = n * 360^o = 1.5 * 360^o = 540^o$

Bán kính vành lái $R_v = 0.180$

Lực trung bình đặt vào vành lái. Chọn $P_{vltb} = 50$ (N)

Thay các số liệu vào công thức

$A_{tb} = \frac{3.14*540}{180} * 0.18 * 50 = 84.823$ (Nm)

Mặt khác đối với xe du lịch công trung bình giới hạn $[A_{tb}] = 100$ (Nm)

Như vậy: $A_{tb} = 84.823 < [A_{tb}] = 100$ Do đó thoả mãn

Lực cực đại đặt lên vành lái khi có cường hoá ta chọn $P_{vlomax} = 90$ (Theo tài liệu tham khảo chuyên ngành).

Từ đó ta tính được phần trăm trợ lực là:

$\frac{P_{vlmax} - P_{vlomax}}{P_{vlmax}} = \frac{336.278 - 90}{336.278} = 71.585\%$

Lực đặt lên vành tay lái để gài trợ lực:

Đối với ôtô du lịch hiện nay giá trị này thường nằm khoảng (20N÷ 40N). Đối với xe thiết kế ta chọn là: $P_{vlomin} = 30N$. Từ đó ta tính được mômen cần thiết để mở cường hoá là(Tại vành tay lái):

$M_o = P_{vlomin} * R_{vl} = 30 * 0.18 = 5.4$ (Nm)

Mặt khác: $M_0 = (M_Q + M_Z) * \frac{1}{\eta_o * i_o}$

Trong đó:

M_Z: Mômen cản khi trục lái dịch chuyển, giá trị này nhỏ $M_Z = 0$

M_Q: Mômen cần thiết để xoắn thanh xoắn tới vị trí bắt đầu trợ lực

η_0: Là hiệu suất từ vành tay lái tới van xoắn (Hiệu suất truyền lực).

Chọn $\eta_0 = 1$.

i_0: Là tỷ số truyền từ vành lái tới van. Chọn $i_0 = 1$.

Vậy mômen cần thiết để bắt đầu mở trợ lực là: $M_Q = M_0 = 5.4$ (Nm).

Ở thời điểm bắt đầu cường hoá thì mômen cản do mặt đường truyền lên

$$M' = \frac{P_{vlomin} * M_c}{P_{vlmax}} = \frac{30 * 697.836}{336.278} = 66.095 \quad \text{(Nm)}$$

Mômen cản mà cường hoá phải khắc phục là:

$$M_{tl} = M_c * 0.71585 = 697.836 * 0.71585 = 499.548 \quad \text{(Nm)}$$

Chỉ số hiệu quả tác dụng của cường hoá(H):

Là tỷ số giữa lực đặt vào vành tay lái khi không có trợ lực và khi có trợ lực

$$H = \frac{P_{vlmax}}{P_{vlomax}} = \frac{336.278}{90} = 3.519$$

Chỉ số H thường cho H < 4. Do đó H = 3.519 là hợp lý, phù hợp với chủng loại xe thiết kế. Để đảm bảo được các yếu cầu của cường hoá và phải đảm bảo tuổi thọ của lốp.

2.5.2. Xây dựng đặc tính cường hoá lái

Theo giáo trình Thết kế tính toán ôtô thì đặc tính của cường hoá chỉ rõ sự đặc trưng của quá trình làm việc của bộ cường hoá hệ thống lái. Nó biểu thị mối quan hệ giữa lực mà người lái đặt lên vành tay lái P_l và mômen cản quay vòng của các bánh dẫn hướng M_c:

$$P_{vl} = \frac{M_c}{R * i_c * i_d * \eta_{th}}$$

Qua đây ta thấy khi không có cường hoá thì lực đặt lên vành tay lái chỉ phụ thuộc vào mômen cản quay vòng của các bánh xe dẫn hướng (vì R, i_ω, i_d, η_{th} là những hằng số). Do đó đường đặc tính là những đường bậc nhất đi qua gốc toạ độ. Theo tính toán ở phần trước khi quay vòng ôtô tại chỗ mômen cản quay vòng là lớn nhất, toạ độ xác định điểm này trên đường đặc tính là B [697.836 ; 316.738]. Vậy đường đặc tính được xác định $P_1 = f(M_c)$ sẽ đi qua gốc toạ độ và đi qua điểm B [697.836 ; 316.738].

Khi hệ thống lái được lắp cường hoá đường đặc tính của của nó cũng biểu thị mối quan hệ giữa lực tác dụng lên vành tay lái và mômen cản quay vòng của các bánh xe dẫn hướng M_c. Đây cũng là mối quan hệ bậc nhất.

Khi con trượt của van phân phối ở vị trí trung gian thì lực cường hoá quy dẫn lên vành tay lái $P_c = 0$ nên mômen cản quay vòng $M_c = 0$.

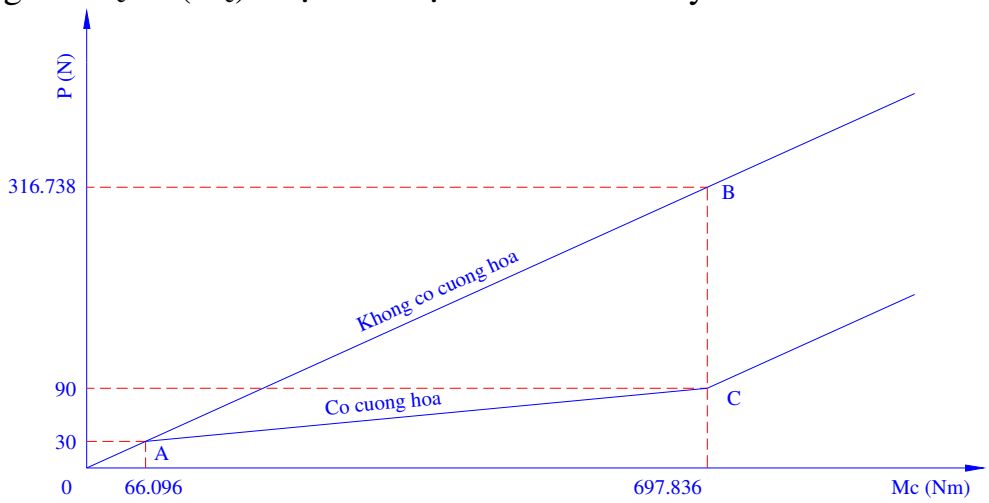
Do bộ cường hoá được thiết kế ở van phân phối có lò xo định tâm. Khi những va đập ở mặt đường truyền ngược lên vành tay lái nếu nằm trong giới hạn lực nén sơ bộ ban đầu của lò xo thì lực đó được truyền lên vành tay lái. Nếu như lực ngược đó mà vượt quá giới hạn đó thì lò xo sẽ được nén tiếp

dẫn đến con trượt van phân phối bị lệch về một phía và bộ cường hoá bắt đầu làm việc. Cụ thể, để bộ cường hoá làm việc thì lực đặt lên vành tay lái phải lớn hơn 30 (N). Ở giai đoạn này đặc tính biểu thị sẽ trùng với đặc tính khi chưa có bộ cường hoá.

Tại điểm A [66.096; 30] thì bộ cường hoá bắt đầu làm việc.

Khi lực đặt lên vành tay lái lớn hơn 30 (N) đường đặc tính đặc trưng cho hoạt động của cường hoá ở giai đoạn này cũng là đường bậc nhất nhưng có độ dốc thấp hơn so với đường đặc tính khi chưa có cường hoá (độ dốc này cần thiết phải có để đảm bảo cho người lái có cảm giác sức cản của mặt đường tác dụng lên vành tay lái). Khi mômen cản quay vòng lớn hơn M_c = 487.6 (Nm) thì hệ thống lái làm việc như hệ thống lái cơ khí ban đầu (cường hoá đã làm việc hết khả năng). Cụ thể là người lái muốn quay vòng ôtô thì phải tác dụng lên vành tay lái một lực $P_l > P_c$.

Đồ thị các đường đặc tính khi chưa cường hoá $P_l = f(M_c)$ và được lắp bộ cường hoá $P_c = f(M_c)$ được thể hiện ở hình dưới đây.



Ta thấy rằng:

Đặc tính khi chưa có cường hoá là đường bậc nhất, đoạn OB.

Đặc tính khi có cường hoá là đường bậc nhất gãy khúc và thấp hơn đường đặc tính khi chưa có cường hoá.

Đoạn OA: $P_l = P_c = f(M_c)$. Lực do người lái hoàn toàn đảm nhận.

Đoạn AC: $P_c = f(M_c)$. Biểu thị lực mà người lái cảm nhận về chất lượng mặt đường. Điểm C [697.836; 90], chọn P_c = 90 (KG).

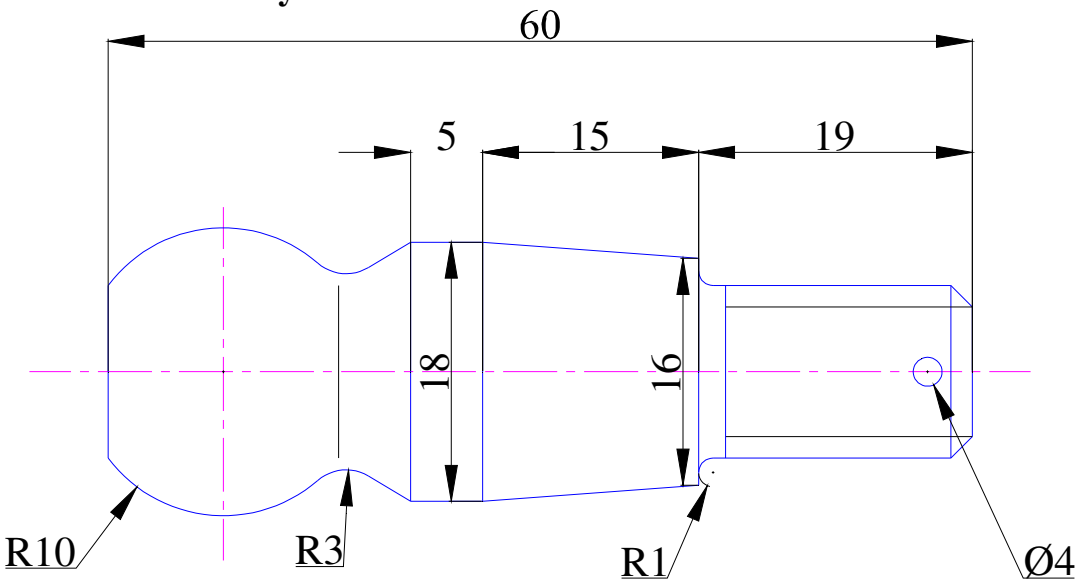
Từ C trở đi: $P_c = f(M_c)$ song song với đường $P_l = f(M_c)$.

Hiệu số các toạ độ của hai đường P_c và P_l chính là lực tạo nên bởi bộ cường hoá. Lực này phải phụ thuộc vào áp suất môi trường làm việc và đường kính của xilanh.

Nếu chọn P_c lớn thì quay riêng các bánh xe dẫn hướng tại chỗ sẽ nặng hơn, còn nếu chon P_c quá nhỏ thì người lái sẽ không đủ cảm giác về chất lượng mặt đường.

CHƯƠNG 3: BẢN VẼ CHẾ TẠO CHI TIẾT ROTUYN

3.1. Kết cấu rotuyl



3.2. Điều kiện làm việc của rotuyl

Từ nhiệm vụ và yêu cầu của khớp cầu trong vấn đề thiết kế quy trình công nghệ gia công chi tiết phải phù hợp với điều kiện gia công, công nghệ trong nước. Thị trường trong nước là thị trường nhỏ việc sản xuất mang tính chất thử nghiệm, công nghệ còn lạc hậu do vậy ta chọn dạng sản xuất là đơn chiếc.

Những yêu cầu kỹ thuật đối với khớp cầu như: độ nhẵn bóng các bề mặt phải được xác định hợp lý để đảm bảo điều kiện làm việc của chi tiết.

Do phải chịu tải trọng động và chịu va đập, để giảm ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc, phải có độ nhẵn bóng nhất định. Ta phải chọn độ nhẵn bóng bề mặt đầu hình cầu và chuôi hình cầu được Xêmentit tới độ sâu từ 1.5 ÷ 3 mm.

Để đảm bảo độ làm việc bền lâu vật liệu chế tạo khớp cầu phải có độ cứng và độ chống mài mòn cao ta chọn vật liệu chế tạo là thép hợp kim có ký hiệu là 40X.

CHƯƠNG 4: QUY TRÌNH BẢO DƯỠNG, SỬA CHỮA HỆ THỐNG LÁI

4.1. Lắp ráp các cụm chi tiết

Piston được hàn trước một mảnh vào thanh răng ở vị trí xác định, ta đặt xéc măng bằng nhựa vào sau đó lắp nốt mảnh nữa của piston sao cho xecmăng rơi khít vào trong khe hở, lắp phanh hãm vào hốc của piston và thanh răng. Vậy là hoàn thành xong phần xy lanh.

Đóng miếng đệm bằng thép dày có hai mặt phẳng vào, nó có tác dụng định vị cho phớt chắn dầu, đồng thời làm cho phớt khỏi bị nát khi chạm vào ren ống nối tiếp xy lanh. Tiếp theo là đóng phớt chắn dầu vào, cho thanh răng vào ống xy lanh nhẹ nhàng để khỏi vênh mặt phớt gạt dầu.

Vặn êcu định vị: Ê cu này có 2 chức năng: Một là định hướng cho thanh răng do có bạc đỡ răng, Hai là làm điểm tỳ cho phớt để phớt không bị nát.

4.2. Một số hư hỏng cần sửa chữa

Những hư hỏng chính của các chi tiết cơ cấu lái là mòn cụm trục răng thanh răng và ống lót của đòn quay đứng, vòng bi, ổ để lắp vòng bi, mặt bích bắt mặt các te bị sứt mẻ hoặc nứt, lỗ ở cácte để lắp ống lót trục của đòn quay đứng bị mòn.

Sửa chữa cơ cấu lái:

Hư hỏng	Cách khắc phục
Bề mặt của trục răng hoặc thanh răng mòn, rỗ bề mặt, ăn khớp không đều	Điều chỉnh lại hoặc thay thế
Mòn trục của đòn quay đứng	Mạ crôm rồi mài theo kích thước danh nghĩa
Mòn ống lót bằng đồng	Phải thay thế
Ren của đòn quay đứng bị chờn	Tiện hết ren cũ rồi hàn đắp kim loại và tiện theo kích thước danh nghĩa, và cắt ren mới.
Rãnh then hoa trên trục quay đứng bị xoắn, hư hỏng	Thay thế
Sứt mẻ và nứt trên mặt bích cacte	Phục hồi bằng phương pháp hàn
Chốt cầu bị mòn bị nứt mẻ hay có vết xước, Các lò xo yếu	Thay thế
Các thanh trong hệ thống bị cong	Nắn nguội
Nắp chắn bụi bị rách	Thay thế
Kiểm tra xem thanh răng có ăn khớp đúng không nếu nghe thấy tiếng ồn khi vận hành	Điều chỉnh bằng vít điều chỉnh ở bên cạnh thanh răng.

- Hư hỏng ở bơm thuỷ lực làm cho lực tác dụng bị giảm hoặc không đủ lớn hoặc không đồng đều. áp suất của chất lỏng không đảm bảo trong quá trình cường hoá làm việc.
- Để sửa chữa cần tháo rời bơm ra, xả hết dầu nhờn cọ rửa cẩn thận. Sau đó, tháo các chi tiết phải cọ rửa trong thùng dung dịch rồi rửa bằng nước sau đó thổi sạch bằng không khí nén, kiểm tra cánh gạt nếu mòn phải thay thế, thân bơm mòn phải thay mới.
- Sau khi lắp ráp nên chạy rà bơm trên bệ thử và kiểm tra lưu lượng và áp suất phát huy được theo đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Thử nghiệm hệ thống lái trên đường: Để xe đứng yên trên mặt đường tốt và phẳng đánh lái tới vị trí tận cùng. Dùng lực kế đo giá trị lực tại đó để xác định lực vành lái lớn nhất.

Kiểm tra mức dầu trong bình dầu cường hoá trong bình dầu có vạch min, max chú ý kiểm tra khi dầu nguội.

Tài liệu tham khảo

[1]. *PGS.TS. Nguyễn Trọng Hoan*: Tập bài giảng thiết kế và tính toán ô tô

[2]. *Trình Chât*: Cơ sở thiết kế máy và chi tiết máy
Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2007

[3]. *Nguyễn Hữu Cẩn-Dương Quốc Thịnh-Phạm Minh Thai-Nguyễn Văn Tài-Lê Thị Vàng:* Lý thuyết Ô Tô Máy Kéo
Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2007

Phụ lục

Chương trình tính toán hệ thống lái trên Matlab 7.8

```
clc;
format long
%anpha: Goc quay ben ngoai theo ly thuyet
%anpha1: Goc quay ben ngoai tren thuc te
%denta_anpha: Sai so goc
%beta: Goc quay ben ngoai
%teta: Goc co so cua dan dong 6 khau

%Thong so dau vao de tinh toan dan dong lai                                    [1]
b_t=1.52;
b=1.440;%Khoang cach giua 2 diem la giao diem cua duong tam truc dung voi mat phang chua cac
khau dan dong
l=2.450;%Chieu dai co so
m=0.160;
y=0.182;
p=0.250;

%Cac thong so dau vao tinh toan co cau lai                                     [2]
f=0.015; % He so ma sat lan
a_canhtaydon=0.03; % Canh tay don
phi=0.8; % He so bam
% Tinh toan thong so banh xe 185/70 R14 88
r_bx=0.185*0.7+7*0.0254 % Ban kinh tu do cua banh xe dan huong
landa=1.1; % He so ke den momen on dinh do cac goc dat banh xe
g1=13100; % Tai trong cua xe (N)
eta=0.72; % Hieu suat ton hao ma sat tai cam quay va cac khop dan dong
eta_th=0.6; % Hieu suat thuan cua co cau lai
i_c=20.4; % Ti so truyen cua co cau lai
i_d=1; % Ti so truyen cua dan dong lai
z1=2; % So banh xe dan huong

 %So rang [z_br]
r_vl=0.18; % Banh kinh vanh lai
n=1.5; % So vong quay cua vo lang
m_n=0.0025;%Modun phap tuyen cua banh rang

%Modun ngang cua rang m_t
anpha_br=20; % Goc an khop cua banh rang
beta_o_br=12*pi/180; % Goc nghieng so bo cua banh rang
 % Goc nghieng banh rang khi da tinh toan lai  [beta_br]
 %si Duong kinh vong dinh

 %Tinh toan thanh rang                                                         [3]
  denta_n_gh_tz=35*10^6; % Don vi (N/m)
  m_1p=1.4; % He so phan bo tai trong khi phanh
  nguy_thanhrang=0.5 %He so phuc thuoc vao lien cua thanh rang
  e_thanhrang=2.1*(10^11) % Mo dun dan hoi cua vat lieu lam thanh rang (N/m2)

 %Tinh ben                                                                     [4]
```

```
% Cac thong so ve vat lieu
denta_ch=700*10^6;
denta_b=1000*10^6;
hrc=63; %Do cung

 % Cac thong so de tinh gioi han ben tiep xuc cho phep (tham khao tr77 cua tai lieu)
  s_h=1.2; % He so an toan doi voi ung suat tiep xuc
  z_r=0.95; % He so an ke den su anh huong cua do nham be mat
  z_v=1.1; % He so ke den su anh huong cua van toc quay vong
  k_xh=1; % He so ke  den su anh huong cua kich thuoc truc rang
  k_hl=1.4 % He so tuoi tho
  z_f=1; % He so ke den su anh huong cua che do boi tron

 % Cac thon so de tinh gioi han uon cho phep
   k_fl=1.4; % He so tuoi tho
   s_f=1.7; % He so an toan
   k_fc=0.75; % He so ke den tai trong 2 phia (0.7 den 0.8)
   y_r=1; % He so ke den su anh huong cua do nham be mat
   y_s=1.03; % He so ke den anh huong cua modun lam truc rang
   y_xf=1; % He so xet den su anh huong cua kich thuoc truc rang

 % Cac thong so de tinh ung suat tiep xuc
   z_m=274*10^3; % MPa
   nhuy_hbanhrang=4; % He so cuong do tai trong tr73[2]
 %Cac thong so de tinh ung suat uon

 % Tinh ben truc lai
   d_tl=0.02; % Duong kinh truc lai
   l_tl=0.4; % Chieu dai truc lai
   g_tl=8*10^10; % Modum dan hoi dich chuyen
   to_xoan_tl_gh=80*10^6; %(N/m2)
   n__xoan_tl=1.5; % He so an toan cua truc lai

 % Tinh ben don keo ben
   d_donkeoben=0.012; %(m)
   denta_nen_donkeoben_gh=140*10^6 %Ung suat gioi han nen cua don keo ben

 % Tinh ben don keo ngang
   d_n_donkeogang=0.02; % Duong kinh ngoai cua thanh
   d_t_donkeogang=0.01; % Duong kinh trong cua thanh
   denta_nen_donkeogang_gh=35*10^6 % Ung suat gioi han don keo doc

 % Tinh don keo doc
   b_a=0.03; % Don vi la (m)
   h_a=0.02; % Don vi la (m)
   denta_uon_donkeodoc_gh=533*10^6 %(N/m2)

 % Tinh ben rotuyn
   d_rotuyn=0.02;
   denta_gh_rotuyn=30*10^6;
   to_gh_rotuyn=80*10^6;

 %Tinh toan tro luc lai                                                    [5]
   p_vl_tb=50; %(N) Luc trung binh dat len vanh
   p_vlo_max=90; %(N) Luc cuc dai dat len vanh lai khi co tro (tham khao tai lieu)
```

```
    p_vlo_min=30; %(N) Luc cuc dai dat len vanh lai de tro luc bat dau hoat dong(tham khao tai lieu)
  %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
  %Tinh toan dan dong lai                                                          [1]
  teta_do_thoaman=[];
  denta_anpha_do_max_thoaman=[];
  %for teta_do=77:79;
  for teta_do_kt=77:78;
  %'-----------------------------------'
  teta_kt=teta_do_kt*pi/180;
  denta_anpha_do=[];
  for beta_do=1:40;
        beta = beta_do*pi/180;
      anpha = atan(1/((1/tan(beta))+(b/l)));
      anpha_do=anpha*180/pi;
      ad=2*(m*cos(teta_kt)+sqrt(p^2-(y-m*sin(teta_kt))^2))-(m*cos(teta_kt-beta)+sqrt(p^2-(y-
    m*sin(teta_kt-beta))^2));
      anpha1 = atan(y/ad)+acos((y^2+m^2+ad^2-p^2)/(2*m*sqrt(ad^2+y^2)))-teta_kt;
      denta_anpha = anpha1-anpha;
      denta_anpha_do = [denta_anpha_do abs(denta_anpha*180/pi)];
  end
  denta_anpha_do_max=max(denta_anpha_do);
  if max(denta_anpha_do)<1.5
    denta_anpha_do_max_thoaman=[denta_anpha_do_max_thoaman max(denta_anpha_do)]
    teta_do_thoaman=[teta_do_thoaman teta_do_kt]
  end
  end

   'denta_anpha_do_max_thoaman |càng nh thì duong dac tinh thuc te cang gan voi duong dac tinh ly
thuyet'
  teta_do=input('Chon goc nghieng TETA cua dan dong 6 khau |teta_do= ')
  teta=teta_do*pi/180

  %Tinh toan co cau lai                                                            [2]
    g_bx=g1/z1;
    m_o=g_bx*(f*a_canhtaydon+0.14*phi*r_bx)*landa ;% CT4_181
    'Momen can quay vong lon nhat CT2.29'
    m_c=z1*m_o/eta % CT 5_182
    'Luc quay lon nhat tren vanh lai CT2.30'
    p_vl_max=m_c/(r_vl*i_c*i_d*eta_th) %CT2.30

    if p_vl_max<500
      'Luc tren vanh lai dam bao p_max<500'
       'Chieu dai phan rang tren thanh rang'
       x1=(m*cos(teta-40*pi/180)+sqrt(p^2-(y-m*sin(teta-40*pi/180))^2))-(m*cos(teta)+sqrt(p^2-(y-
m*sin(teta))^2))

       % So do phan tich luc
      'Goc gama ung voi truong hop di thang'
        cos_gama=sqrt((p^2)-((y-m*sin(teta))^2))/p
        gama=acos(cos_gama)
        gama_do=acos(cos_gama)*180/pi
        'Luc phanh lon nhat'
        p_ph_max=g1*phi*m_1p
        'Luc tac dung theo phuong vuong goc voi thanh'
        c=(b_t-b)/2
        q_y1=p_ph_max*c/p
```

```
'Luc nen cua don keo ben'
 q_1=q_y1/sin(teta-acos(cos_gama))
 q_2=q_1;
 q_x2=q_2*cos(gama)
 q_y2=q_2*sin(gama)
 q_x1=q_y1/tan(teta-acos(cos_gama))

% Tinh toan cac thong so cua banh rang
 'Ban kinh vong chia cua banh rang trong co cau lai'
 r=x1/(2*pi*n)
 'So rang'
 z_o_br=(2*r*cos(beta_o_br))/(m_n)
 z_br= floor(z_o_br)
 'Goc nghieng thuc te cua banh rang'
 beta_br=acos(m_n*z_br/(2*r))
 beta_br_do=(180/pi)*acos(m_n*z_br/(2*r))
 'Modun ngang cua rang'
 m_t = 2*r/z_br
 'So rang toi thieu'
 z_min=17*(m_n*z_br/(2*r))^3
 'He so dich chinh'
 si=(17-z_br)/17
 'Duong kinh vong dinh'
 d_d_br=2*r+m_n*(1+si)
 'Duong kinh chan rang'
 d_c_br=2*r-m_n*(1-si)
 'Duong kinh co so cua banh rang'
 d_o_br=2*r*cos(anpha_br*pi/180)
 'Chieu cao rang'
 h_br=(1+1.25)*m_n
 'Chieu cao dinh rang'
 h_d_br=(1+si)*m_n
 'Chieu day cua rang tren vong chia'
 s_br=pi*m_n/2+2*si*m_n*tan(anpha_br*pi/180)
 ' He so trung khop'
 epsolon_anpha=(1.88-3.2*(1/z_br))*(m_n*z_br/(2*r))

% Tinh toan thanh rang                                                    [3]
 'Duong kinh thanh rang tai mat cat nguy hiem nhat'
 %d_o_tr=(m_c/(0.2*to_tr))^(1/3)
 %d_tr=ceil(d_o_tr*1000)/1000;
 'Buoc rang tren thanh rang'
 t_1_tr=(pi*m_n)/(m_n*z_br/(2*r))
 'So rang tren thanh rang'
 z_tr=0.170/t_1_tr
 'Chieu dai cua thanh rang'
 l_tr=b-2*(m*cos(teta)+sqrt((p^2)-((y-m*sin(teta))^2)))
 'Duong kinh gioi han cua thanh rang tinh theo do ben nen'
 d_tr_gh_bennen=sqrt((4*q_x2)/(pi*denta_n_gh_tz))
 'Duong kinh gioi han cua thang rang theo tinh on dinh'
 d_tr_gh_dondinh=((q_x2*nguy_thanhrang*(l_tr^2)*64)/((pi^3)*e_thanhrang))^(1/4)
 d_tr=0.03
 %d_tr=input('NHAP VAO GIA TRI DUONG KINH CHIA TRUC THANH RANG ( d_tr>d_tr_gh
)')
 'Chieu rong trung binh tren thanh r?ng'
 b_tr_trungbinh=2*sqrt((d_tr+m_n)^2-(d_tr)^2)
```

```
% Tinh ben banh rang, thanh rang                                    [4]
  'Luc vong tac dung len vanh lai'
  p_v_bx=p_vl_max*i_c
  'Luc huong tam tac dung len truc rang'
  p_r_tr=p_v_bx*tan(anpha_br)/(m_n*z_br/(2*r))
  'Luc doc truc tac dung len truc rang'
  p_a_tr=p_v_bx*tan(acos(m_n*z_br/(2*r)))
  'Gio han ben moi tiep xuc cua truc rang ung voi so chu ky co so'
  denta_hlim=(23*hrc)*10^6
  'Ung suat tiep xuc cho phep'
  denta_h_cp=((denta_hlim*k_hl)/s_h)*z_r*z_v*z_f*k_xh
  'Gioi han moi uon cua truc rang ung voi so chu ky co so'
  denta_flim=750*10^6 % tra bang 5.8tr77[2]
  'Ung suat uon cho phep'
  denta_f_cp=(denta_flim*k_fl/s_f)*k_fc*y_r*y_s*y_xf

  % Tinh ung suat tiep xuc tren thuc te
  anpha_tw=atan(tan(20*pi/180)/cos(beta));
  anpha_tw_do=anpha_tw*180/pi
  beta_b=atan(cos(anpha_tw)*tan(beta));
  beta_b_do=beta_b*180/pi
  z_h=sqrt((2*cos(beta_b))/sin(2*anpha_br))
  z_epsolon=sqrt(1/epsolon_anpha)
  'He so be rong vanh rang'
  si_bd=b_tr_trungbinh/(2*r)
  %k_hbeta=input('Tra theo bang 5.4 tr72[2] k_hbeta=')
  k_hbeta=1.31
  %k_hanpha=input('Tra theo hinh 5.11 tr71[2])
  k_hanpha=1.05 % Voi do chinh xac cap 8 tra theo hinh5.11 tr71[2]
  'Monem xoan tac dung len banh rang'
  t_br=p_vl_max*r_vl
  k_hv=1+(nhuy_hbanhrang*b_tr_trungbinh*2*r)/(2*t_br*k_hanpha*k_hbeta)

denta_tx_banhrang=(z_m*z_h*z_epsolon)/(2*r)*sqrt((2*t_br*k_hanpha*k_hv*(i_c+1)*k_hbeta)/(b_tr_tru
ngbinh*i_c))
  if denta_tx_banhrang<denta_h_cp
    'Dieu kien ben tiep xuc cua banh rang duoc thoa man'
  else
    'Dieu kien ben tiep xuc cua banh rang KHONG duoc thoa man'
  end

  %Tinh ung suat uon tren thuc te
  %Cac thong so de tinh ung suat uon
  nhuy_fbanhrang=10 %Tinh toan gan dung
  k_fanpha=1.2 % voi do chinh xac cap 8 tra theo hinh 5.11tr71[2]


  'Ung suat uon tren banh rang'
  %k_fbeta=input('Tra theo bang 5.4 tr72[2] k_fbeta=')
  k_fbeta=1.4
  y_epsolon=1/epsolon_anpha
  y_fbanhrang=3.14
  k_fv=1+(nhuy_fbanhrang*b_tr_trungbinh*2*r)/(2*t_br*k_fbeta*k_fanpha)
  k_m=sqrt(2*k_fv*y_epsolon)
  m_ungsuatuon_br=k_m*((t_br*k_fbeta*y_fbanhrang)/(z_br*si_bd*denta_f_cp))^(1/3)
```

```
denta_uon_banhrang=(2*t_br*k_fbeta*k_fv*y_fbanhrang*y_epsolon)/(b_tr_trungbinh*2*r*m_ungsuatuon
_br)
        if denta_uon_banhrang<denta_f_cp
           'Dieu kien ben uon cua banh rang duoc thoa man'
        else
           'Dieu kien ben uon cua banh rang KHONH duoc thoa man'
        end

        % Tinh ben truc lai
        'Momen chong xoan'
        w_x_tl=0.2*d_tl^3
        'Ung suat xoan tren truc lai'
        to_xoan_tl=p_vl_max*r_vl/w_x_tl
        'Goc xoan cua truc'
        teta_tl=(2*to_xoan_tl*l_tl)/(g_tl*d_tl)
        ' Goc xoan tuong doi'
        teta_tl_td=(teta_tl/l_tl)*(180/pi)
        if and((to_xoan_tl<to_xoan_tl_gh),(teta_tl_td<6))
           'Truc lai du ben'
        else
           'Truc lai KHONG du ben'
        end

        % Tinh ben don keo ben
         'Tiet dien ngang cua thanh'
         f_donkeoben=pi*d_donkeoben^2/4
         'Ung suat nen don keo ben'
         denta_nen_donkeoben=q_1/(tan(teta-acos(cos_gama))*f_donkeoben)
         if denta_nen_donkeoben<denta_nen_donkeoben_gh
            'Don keo ben du ben'
         else
            'Don keo ben KHONG du ben'
         end

        % Tinh don keo doc
         'Momen uon'
         m_uon_donkeodoc=q_x1*m
         'Momen chong uon tai tiep dien A'
         w_uon_a=(b_a*h_a^2)/6
         'Ung suat uon tai A'
         denta_uon_a=m_uon_donkeodoc/w_uon_a
         if denta_uon_a<denta_uon_donkeodoc_gh
            'Don keo doc du ben'
         else
            'Don keo doc KHONG du ben'
         end

        % Tinh ben thanh keo ngang
         'Tiet dien ngang cua thanh'
         f_donkeogang=pi*(d_n_donkeogang^2-d_t_donkeogang^2)/4
         'Ung suat nen tren thanh ngang'
         denta_nen_donkeogang=q_x2/f_donkeogang
         if denta_nen_donkeogang<denta_nen_donkeogang_gh
            'Thanh keo ngang du ben'
         else
```

```
    'Thanh keo ngang KHONG du ben'
  end

  % Tinh ben rotuyn
   % Kiem tra dieu kien chen dap
   'Dien tich chiu luc cua rotuyn'
   f_rotuyn_chendap=(pi*4*d_rotuyn^2)/3
   'Ung suat chen dap'
   denta_rotuyn=q_1/f_rotuyn_chendap
   'He so an toan'
   n_cd_rotuyn=denta_gh_rotuyn/denta_rotuyn
   if n_cd_rotuyn>1
     'Dieu kien ben do chen dapthoa man'
   else
     'Dieu kien ben do chen dap KHONG thoa man'
   end
   % Kiem tra dieu kien ben cat
   'Tiet dien nguy hiem'
   f_rotuyn_cat=(pi*d_rotuyn^2)/4
   'Ung suat cat'
   to_rotuyn=q_1/f_rotuyn_cat
   'He so an toan'
   n_c_rotuyn=to_gh_rotuyn/to_rotuyn
    if n_c_rotuyn>1
     'Dieu kien ben thoa man'
   else
     'Dieu kien ben KHONG thoa man'
    end
   % Tinh toan tro luc lai                                    [5]
   'Cong quay vanh lai'
   a_vl_tb=n*2*pi*r_vl*p_vl_tb
   'Phan tram tro luc lai'
   p_phantramtroluclai=(p_vl_max-p_vlo_max)*100/p_vl_max
   'Momen can do mat duong truyen len khi bat dau co tro luc lai'
   m_matduong=(p_vlo_min*m_c)/p_vl_max
   'Momen can ma cuong hoa phai khac phuc'
   m_troluc=m_c*(p_phantramtroluclai/100)
   'Chi so hieu qua tac dung cua mat duong'
   h_chi_so_hieu_qua_tac_dung_cua_mat_duong=p_vl_max/p_vlo_max
else
  'Luc tren vanh lai khong duoc dam bao de nghi kiem tra lai'
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

Kết quả tính toán sai lệch giữa góc qua anpha thực tế và lý thuyết

□	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		Max
45	0.032	0.122	0.264	0.451	0.681	0.950	1.255	1.597	1.972	2.381	2.822	3.297	3.804	4.343	4.917	5.523	6.165	6.842	7.555	8.306	9.096	9.926	10.799	11.716	12.680	13.694	14.759	15.881	17.062	18.308	19.625	21.020	22.502	24.081	25.774	27.600	29.587	31.779	34.248	37.131		#####
46	0.029	0.112	0.243	0.417	0.630	0.879	1.164	1.482	1.832	2.214	2.626	3.070	3.544	4.049	4.586	5.155	5.756	6.390	7.058	7.761	8.501	9.278	10.095	10.952	11.851	12.795	13.787	14.828	15.921	17.071	18.282	19.558	20.906	22.332	23.845	25.458	27.184	29.043	31.065	33.291		#####
47	0.027	0.104	0.224	0.385	0.582	0.815	1.079	1.375	1.702	2.058	2.444	2.859	3.303	3.776	4.279	4.812	5.376	5.971	6.597	7.257	7.951	8.680	9.446	10.249	11.091	11.974	12.900	13.872	14.890	15.959	17.082	18.261	19.502	20.808	22.187	23.646	25.192	26.839	28.600	30.495		#####
48	0.025	0.095	0.207	0.356	0.539	0.754	1.001	1.277	1.581	1.914	2.274	2.662	3.078	3.521	3.992	4.492	5.021	5.580	6.168	6.788	7.440	8.125	8.843	9.597	10.388	11.217	12.085	12.995	13.948	14.947	15.994	17.091	18.243	19.452	20.723	22.062	23.473	24.965	26.546	28.227		#####
49	0.023	0.088	0.191	0.328	0.498	0.698	0.927	1.184	1.468	1.778	2.115	2.478	2.867	3.282	3.724	4.193	4.689	5.213	5.766	6.349	6.962	7.605	8.281	8.991	9.734	10.513	11.329	12.184	13.079	14.015	14.996	16.022	17.098	18.225	19.406	20.647	21.949	23.320	24.765	26.291		#####
50	0.021	0.081	0.176	0.303	0.460	0.646	0.859	1.098	1.362	1.651	1.966	2.304	2.668	3.057	3.471	3.911	4.376	4.869	5.388	5.936	6.512	7.118	7.754	8.422	9.122	9.856	10.624	11.428	12.270	13.151	14.072	15.036	16.045	17.100	18.205	19.362	20.575	21.847	23.182	24.587		#####
51	0.019	0.074	0.162	0.279	0.425	0.597	0.794	1.016	1.262	1.532	1.825	2.141	2.481	2.845	3.232	3.644	4.081	4.543	5.032	5.546	6.088	6.659	7.258	7.886	8.546	9.237	9.962	10.720	11.513	12.343	13.211	14.119	15.068	16.060	17.097	18.182	19.317	20.505	21.750	23.055		#####
52	0.018	0.068	0.149	0.257	0.392	0.551	0.734	0.939	1.168	1.419	1.692	1.987	2.304	2.644	3.006	3.392	3.802	4.235	4.694	5.177	5.687	6.224	6.788	7.380	8.002	8.654	9.337	10.053	10.801	11.585	12.404	13.260	14.155	15.090	16.067	17.088	18.155	19.270	20.437	21.657		#####
53	0.016	0.063	0.137	0.236	0.360	0.507	0.676	0.867	1.079	1.312	1.565	1.840	2.136	2.453	2.792	3.153	3.536	3.943	4.373	4.827	5.306	5.811	6.342	6.900	7.486	8.101	8.746	9.421	10.128	10.868	11.642	12.451	13.296	14.179	15.102	16.065	17.071	18.122	19.220	20.366		#####
54	0.015	0.057	0.125	0.217	0.331	0.466	0.622	0.798	0.994	1.210	1.446	1.701	1.976	2.272	2.588	2.925	3.283	3.664	4.067	4.493	4.943	5.417	5.917	6.443	6.995	7.575	8.183	8.821	9.489	10.188	10.920	11.685	12.484	13.319	14.192	15.103	16.054	17.047	18.083	19.164		#####
55	0.013	0.052	0.114	0.198	0.303	0.427	0.571	0.733	0.914	1.114	1.332	1.568	1.824	2.099	2.393	2.707	3.042	3.397	3.775	4.174	4.596	5.042	5.511	6.006	6.526	7.073	7.647	8.249	8.880	9.541	10.233	10.957	11.713	12.504	13.330	14.193	15.093	16.033	17.013	18.036		#####
56	0.012	0.047	0.104	0.181	0.276	0.390	0.522	0.671	0.838	1.022	1.223	1.442	1.678	1.933	2.207	2.499	2.811	3.143	3.495	3.869	4.264	4.682	5.123	5.588	6.078	6.592	7.134	7.702	8.298	8.922	9.577	10.262	10.978	11.727	12.510	13.328	14.181	15.072	16.001	16.971		#####
57	0.011	0.043	0.094	0.164	0.251	0.355	0.475	0.612	0.765	0.934	1.119	1.321	1.539	1.775	2.028	2.299	2.589	2.898	3.227	3.576	3.945	4.337	4.750	5.187	5.647	6.131	6.641	7.177	7.740	8.330	8.948	9.597	10.275	10.985	11.727	12.502	13.312	14.157	15.039	15.959		#####
58	0.010	0.039	0.085	0.148	0.227	0.322	0.431	0.556	0.695	0.850	1.020	1.205	1.406	1.623	1.857	2.108	2.377	2.663	2.969	3.294	3.639	4.005	4.392	4.801	5.233	5.688	6.168	6.672	7.203	7.760	8.345	8.958	9.600	10.272	10.976	11.711	12.480	13.282	14.120	14.994		#####
59	0.009	0.035	0.076	0.133	0.204	0.290	0.389	0.502	0.629	0.769	0.924	1.094	1.278	1.477	1.692	1.924	2.172	2.437	2.721	3.023	3.344	3.685	4.046	4.429	4.833	5.261	5.711	6.186	6.686	7.211	7.763	8.343	8.950	9.587	10.254	10.951	11.681	12.443	13.239	14.070		#####
60	0.008	0.031	0.068	0.119	0.183	0.259	0.348	0.450	0.565	0.692	0.833	0.987	1.155	1.337	1.534	1.746	1.975	2.219	2.481	2.761	3.059	3.376	3.712	4.069	4.448	4.848	5.270	5.716	6.186	6.681	7.202	7.749	8.324	8.926	9.558	10.219	10.911	11.635	12.391	13.181		#####
61	0.007	0.027	0.060	0.105	0.162	0.230	0.309	0.401	0.503	0.618	0.744	0.884	1.036	1.202	1.381	1.575	1.784	2.009	2.250	2.508	2.783	3.077	3.390	3.722	4.075	4.448	4.844	5.262	5.703	6.169	6.659	7.175	7.717	8.287	8.885	9.511	10.168	10.855	11.574	12.325		#####
62	0.006	0.024	0.053	0.092	0.142	0.202	0.272	0.353	0.444	0.546	0.660	0.785	0.921	1.071	1.234	1.410	1.600	1.806	2.026	2.263	2.517	2.788	3.077	3.385	3.713	4.061	4.430	4.821	5.235	5.672	6.133	6.618	7.130	7.668	8.233	8.826	9.448	10.100	10.782	11.496		#####
63	0.005	0.021	0.045	0.080	0.123	0.175	0.236	0.307	0.387	0.477	0.578	0.689	0.811	0.945	1.091	1.250	1.422	1.609	1.810	2.026	2.258	2.508	2.774	3.059	3.362	3.686	4.029	4.394	4.780	5.189	5.622	6.078	6.560	7.067	7.600	8.161	8.750	9.368	10.015	10.694		#####
64	0.004	0.017	0.039	0.068	0.104	0.149	0.202	0.263	0.333	0.411	0.499	0.596	0.704	0.823	0.953	1.095	1.250	1.418	1.599	1.796	2.008	2.235	2.480	2.742	3.022	3.320	3.639	3.978	4.338	4.720	5.124	5.552	6.005	6.482	6.985	7.514	8.071	8.656	9.270	9.914		9.914
65	0.004	0.014	0.032	0.056	0.087	0.124	0.169	0.221	0.280	0.347	0.423	0.507	0.601	0.705	0.819	0.945	1.082	1.232	1.395	1.572	1.764	1.971	2.193	2.433	2.690	2.965	3.259	3.573	3.907	4.263	4.640	5.041	5.464	5.912	6.386	6.884	7.410	7.963	8.544	9.155		9.155
66	0.003	0.011	0.025	0.045	0.070	0.100	0.137	0.180	0.229	0.285	0.349	0.421	0.501	0.590	0.690	0.799	0.920	1.052	1.197	1.355	1.527	1.713	1.915	2.133	2.367	2.619	2.889	3.178	3.488	3.817	4.168	4.541	4.937	5.357	5.801	6.270	6.765	7.287	7.837	8.414		8.414
67	0.002	0.009	0.019	0.034	0.054	0.077	0.106	0.140	0.179	0.225	0.277	0.337	0.404	0.479	0.564	0.658	0.762	0.877	1.004	1.144	1.296	1.463	1.644	1.840	2.052	2.281	2.528	2.793	3.078	3.382	3.707	4.054	4.422	4.814	5.230	5.670	6.135	6.627	7.145	7.691		7.691
68	0.002	0.006	0.013	0.024	0.038	0.055	0.076	0.102	0.132	0.167	0.208	0.255	0.310	0.372	0.441	0.520	0.609	0.707	0.817	0.938	1.072	1.218	1.379	1.554	1.745	1.952	2.176	2.417	2.678	2.957	3.257	3.577	3.919	4.283	4.671	5.083	5.519	5.981	6.469	6.984		6.984
69	0.001	0.003	0.008	0.014	0.023	0.034	0.047	0.065	0.086	0.111	0.141	0.177	0.218	0.267	0.323	0.387	0.459	0.541	0.634	0.737	0.852	0.980	1.121	1.275	1.445	1.630	1.831	2.050	2.286	2.541	2.816	3.111	3.426	3.764	4.124	4.508	4.915	5.348	5.807	6.291		6.291
70	0.000	0.001	0.002	0.005	0.008	0.013	0.020	0.029	0.041	0.056	0.076	0.100	0.130	0.165	0.207	0.256	0.314	0.380	0.456	0.542	0.639	0.747	0.869	1.003	1.152	1.315	1.495	1.690	1.903	2.134	2.384	2.654	2.944	3.255	3.588	3.944	4.324	4.728	5.157	5.612		5.612
71	0.000	0.001	0.003	0.005	0.006	0.007	0.007	0.006	0.003	0.003	0.013	0.026	0.043	0.066	0.095	0.130	0.172	0.223	0.282	0.351	0.430	0.520	0.622	0.737	0.865	1.008	1.165	1.338	1.528	1.736	1.961	2.206	2.471	2.756	3.063	3.392	3.743	4.119	4.520	4.945		4.945
72	0.001	0.004	0.008	0.014	0.020	0.027	0.033	0.040	0.045	0.048	0.049	0.046	0.041	0.030	0.015	0.006	0.034	0.069	0.112	0.164	0.226	0.298	0.381	0.476	0.585	0.706	0.842	0.994	1.161	1.345	1.547	1.767	2.007	2.266	2.547	2.849	3.173	3.521	3.893	4.290		4.290
73	0.002	0.006	0.013	0.022	0.033	0.046	0.059	0.072	0.085	0.098	0.108	0.117	0.122	0.124	0.122	0.114	0.101	0.081	0.053	0.018	0.027	0.081	0.146	0.222	0.310	0.411	0.526	0.656	0.801	0.962	1.140	1.336	1.551	1.785	2.040	2.316	2.613	2.934	3.278	3.646		3.646
74	0.002	0.008	0.018	0.030	0.046	0.064	0.083	0.104	0.125	0.146	0.166	0.185	0.202	0.216	0.226	0.231	0.232	0.227	0.215	0.196	0.168	0.131	0.085	0.028	0.041	0.122	0.216	0.324	0.447	0.586	0.741	0.913	1.104	1.313	1.542	1.792	2.063	2.356	2.672	3.013		3.013
75	0.003	0.010	0.022	0.039	0.058	0.081	0.107	0.135	0.164	0.193	0.223	0.252	0.279	0.305	0.327	0.346	0.360	0.370	0.373	0.370	0.359	0.339	0.310	0.272	0.222	0.161	0.088	0.000	0.101	0.217	0.349	0.498	0.664	0.849	1.053	1.277	1.521	1.788	2.077	2.389		2.389
76	0.003	0.012	0.027	0.046	0.070	0.099	0.130	0.164	0.201	0.239	0.278	0.316	0.355	0.391	0.426	0.458	0.486	0.509	0.527	0.539	0.545	0.542	0.531	0.511	0.480	0.439	0.385	0.319	0.239	0.145	0.036	0.090	0.232	0.392	0.571	0.770	0.988	1.228	1.490	1.775		1.775
77	0.004	0.014	0.031	0.054	0.082	0.115	0.152	0.193	0.237	0.283	0.331	0.379	0.428	0.476	0.522	0.567	0.608	0.645	0.678	0.706	0.727	0.741	0.748	0.745	0.733	0.711	0.678	0.632	0.573	0.501	0.414	0.311	0.192	0.056	0.098	0.271	0.464	0.678	0.913	1.170		1.170
78	0.004	0.016	0.035	0.061	0.093	0.131	0.174	0.222	0.273	0.327	0.383	0.441	0.499	0.558	0.616	0.673	0.727	0.778	0.826	0.868	0.905	0.936	0.959	0.975	0.981	0.978	0.964	0.939	0.901	0.850	0.785	0.705	0.610	0.497	0.368	0.220	0.052	0.135	0.344	0.574		0.981
79	0.005	0.018	0.039	0.068	0.104	0.147	0.195	0.249	0.307	0.369	0.433	0.501	0.569	0.639	0.708	0.777	0.844	0.908	0.970	1.027	1.080	1.126	1.167	1.200	1.224	1.240	1.245	1.240	1.223	1.193	1.150	1.093	1.020	0.931	0.826	0.702	0.560	0.399	0.217	0.013		#####
80	0.005	0.019	0.043	0.075	0.115	0.162	0.216	0.275	0.340	0.410	0.483	0.559	0.637	0.717	0.797	0.878	0.957	1.035	1.111	1.182	1.250	1.313	1.370	1.420	1.462	1.496	1.521	1.535	1.539	1.530	1.508	1.473	1.423	1.358	1.277	1.178	1.061	0.925	0.769	0.592		1.539
81	0.005	0.021	0.047	0.082	0.125	0.177	0.236	0.301	0.373	0.449	0.530	0.615	0.703	0.793	0.885	0.977	1.069	1.159	1.248	1.334	1.417	1.495	1.569	1.635	1.696	1.748	1.791	1.825	1.849	1.861	1.860	1.847	1.820	1.778	1.720	1.645	1.553	1.442	1.312	1.162		1.861
82	0.006	0.023	0.050	0.088	0.135	0.191	0.255	0.326	0.404	0.488	0.577	0.671	0.768	0.868	0.970	1.073	1.177	1.280	1.383	1.483	1.580	1.674	1.763	1.847	1.924	1.994	2.056	2.109	2.153	2.185	2.206	2.215	2.210	2.190	2.156	2.105	2.037	1.952	1.848	1.724		2.215
83	0.006	0.024	0.054	0.094	0.145	0.205	0.274	0.350	0.435	0.526	0.622	0.724	0.830	0.940	1.053	1.167	1.283	1.399	1.514	1.628	1.740	1.849	1.954	2.054	2.148	2.236	2.316	2.388	2.451	2.504	2.546	2.575	2.592	2.596	2.584	2.557	2.514	2.454	2.375	2.277		2.596
84	0.007	0.026	0.057	0.100	0.154	0.218	0.292	0.374	0.464	0.562	0.666	0.776	0.892	1.011	1.134	1.259	1.386	1.514	1.642	1.770	1.896	2.019	2.140	2.256	2.367	2.472	2.571	2.661	2.744	2.816	2.879	2.930	2.968	2.994	3.006	3.002	2.983	2.947	2.893	2.821		3.006
85	0.007	0.027	0.061	0.106	0.163	0.231	0.309	0.397	0.493	0.598	0.709	0.827	0.951	1.080	1.212	1.348	1.487	1.627	1.768	1.908	2.048	2.186	2.322	2.454	2.582	2.704	2.820	2.929	3.030	3.123	3.205	3.277	3.337	3.385	3.419	3.439	3.444	3.432	3.403	3.357		3.444
86	0.007	0.029	0.064	0.112	0.172	0.244	0.326	0.419	0.521	0.632	0.751	0.877	1.009	1.147	1.289	1.435	1.585	1.737	1.890	2.044	2.197	2.350	2.500	2.648	2.791	2.931	3.064	3.192	3.311	3.423	3.526	3.618	3.699	3.769	3.825	3.868	3.896	3.909	3.905	3.883		3.909
87	0.008	0.030	0.067	0.117	0.181	0.256	0.343	0.441	0.549	0.666	0.791	0.925	1.065	1.212	1.364	1.520	1.681	1.844	2.009	2.176	2.343	2.509	2.674	2.837	2.997	3.152	3.303	3.448	3.587	3.717	3.839	3.952	4.054	4.145	4.224	4.289	4.341	4.377	4.397	4.401		4.401
88	0.008	0.031	0.070	0.123	0.189	0.268	0.359	0.462	0.575	0.698	0.831	0.972	1.120	1.275	1.437	1.603	1.774	1.948	2.125	2.304	2.484	2.664	2.844	3.022	3.197	3.369	3.537	3.699	3.856	4.005	4.147	4.279	4.402	4.514	4.615	4.703	4.777	4.837	4.881	4.909		4.909
89	0.008	0.033	0.073	0.128	0.197	0.279	0.375	0.482	0.601	0.730	0.869	1.017	1.173	1.337	1.507	1.683	1.865	2.050	2.239	2.430	2.623	2.816	3.010	3.202	3.393	3.581	3.765	3.945	4.119	4.287	4.447	4.600	4.743	4.876	4.997	5.107	5.204	5.287	5.355	5.407		5.407
90	0.009	0.034	0.076	0.133	0.204	0.290	0.390	0.502	0.626	0.761	0.906	1.061	1.225	1.397	1.576	1.762	1.953	2.149	2.349	2.552	2.757	2.964	3.171	3.378	3.584	3.787	3.988	4.184	4.376	4.562	4.741	4.913	5.076	5.229	5.372	5.504	5.623	5.728	5.820	5.896		5.896

Kết quả tính toán anpha thực tế và lý thuyết

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
anpha_lt	0.990	1.960	2.911	3.843	4.757	5.653	6.533	7.397	8.245	9.077	9.896	10.700	11.491	12.269	13.034	13.787	14.529	15.260	15.980	16.690	17.391	18.082	18.764	19.437	20.102	20.760	21.410	22.053	22.690	23.319	23.943	24.561	25.174	25.781	26.384	26.982	27.576	28.165	28.751	29.334
45	0.958	1.838	2.647	3.392	4.076	4.704	5.278	5.800	6.273	6.697	7.073	7.403	7.687	7.925	8.117	8.264	8.364	8.418	8.425	8.384	8.295	8.155	7.964	7.721	7.422	7.066	6.651	6.173	5.628	5.011	4.318	3.541	2.672	1.700	0.610	-0.618	-2.011	-3.614	-5.497	-7.797
46	0.960	1.847	2.667	3.426	4.127	4.774	5.369	5.915	6.413	6.864	7.269	7.630	7.947	8.219	8.448	8.633	8.774	8.870	8.922	8.929	8.889	8.803	8.669	8.486	8.251	7.965	7.624	7.226	6.768	6.248	5.661	5.003	4.268	3.450	2.539	1.524	0.392	-0.878	-2.314	-3.957
47	0.963	1.856	2.686	3.458	4.174	4.839	5.454	6.021	6.543	7.019	7.452	7.841	8.188	8.492	8.755	8.975	9.154	9.289	9.383	9.433	9.439	9.401	9.318	9.189	9.012	8.786	8.510	8.182	7.799	7.360	6.861	6.300	5.672	4.973	4.197	3.336	2.384	1.327	0.152	-1.161
48	0.965	1.864	2.704	3.487	4.218	4.899	5.532	6.120	6.663	7.164	7.622	8.038	8.413	8.748	9.041	9.295	9.508	9.680	9.812	9.902	9.951	9.957	9.920	9.840	9.714	9.543	9.325	9.058	8.741	8.373	7.950	7.470	6.931	6.329	5.661	4.920	4.103	3.201	2.206	1.106
49	0.967	1.872	2.720	3.514	4.258	4.955	5.606	6.213	6.777	7.299	7.781	8.222	8.624	8.987	9.310	9.595	9.840	10.047	10.214	10.341	10.429	10.476	10.482	10.447	10.368	10.247	10.081	9.869	9.611	9.304	8.948	8.539	8.076	7.557	6.978	6.335	5.626	4.845	3.986	3.043
50	0.969	1.879	2.735	3.540	4.296	5.007	5.674	6.299	6.883	7.426	7.930	8.395	8.823	9.212	9.563	9.877	10.153	10.391	10.592	10.754	10.878	10.964	11.009	11.015	10.981	10.905	10.786	10.625	10.420	10.169	9.871	9.525	9.129	8.681	8.179	7.620	7.001	6.319	5.569	4.747
51	0.971	1.886	2.749	3.563	4.332	5.056	5.739	6.380	6.982	7.546	8.071	8.559	9.010	9.424	9.802	10.143	10.448	10.717	10.949	11.144	11.302	11.423	11.506	11.551	11.556	11.523	11.448	11.333	11.176	10.976	10.732	10.442	10.106	9.721	9.287	8.800	8.258	7.660	7.001	6.279
52	0.972	1.892	2.762	3.585	4.365	5.103	5.800	6.457	7.077	7.659	8.204	8.713	9.187	9.625	10.028	10.395	10.728	11.025	11.287	11.513	11.703	11.858	11.976	12.057	12.100	12.106	12.073	12.001	11.888	11.735	11.540	11.302	11.019	10.692	10.317	9.894	9.421	8.895	8.315	7.677
53	0.974	1.897	2.774	3.606	4.396	5.146	5.857	6.530	7.166	7.766	8.330	8.860	9.355	9.816	10.242	10.635	10.993	11.317	11.608	11.863	12.085	12.271	12.422	12.537	12.616	12.659	12.665	12.632	12.561	12.452	12.302	12.111	11.878	11.602	11.282	10.917	10.505	10.043	9.532	8.967
54	0.975	1.903	2.785	3.626	4.426	5.187	5.911	6.598	7.250	7.867	8.450	8.999	9.515	9.997	10.446	10.863	11.246	11.596	11.913	12.197	12.448	12.664	12.847	12.994	13.107	13.185	13.227	13.232	13.201	13.131	13.024	12.877	12.690	12.462	12.192	11.879	11.522	11.119	10.669	10.169
55	0.976	1.908	2.796	3.644	4.454	5.226	5.962	6.663	7.330	7.964	8.564	9.132	9.667	10.170	10.641	11.080	11.487	11.863	12.206	12.516	12.794	13.040	13.252	13.431	13.576	13.687	13.763	13.804	13.810	13.779	13.711	13.605	13.461	13.277	13.054	12.789	12.483	12.133	11.738	11.298
56	0.978	1.912	2.806	3.662	4.480	5.263	6.011	6.725	7.407	8.056	8.673	9.258	9.812	10.335	10.827	11.288	11.718	12.117	12.485	12.822	13.127	13.400	13.641	13.849	14.025	14.168	14.277	14.351	14.392	14.397	14.366	14.300	14.196	14.054	13.874	13.654	13.395	13.094	12.750	12.363
57	0.979	1.917	2.816	3.679	4.505	5.298	6.058	6.785	7.480	8.144	8.777	9.379	9.951	10.494	11.006	11.488	11.940	12.362	12.753	13.115	13.445	13.745	14.013	14.250	14.456	14.629	14.769	14.876	14.950	14.990	14.995	14.965	14.899	14.797	14.657	14.480	14.264	14.008	13.712	13.375
58	0.980	1.921	2.825	3.694	4.529	5.332	6.102	6.841	7.549	8.228	8.876	9.495	10.085	10.645	11.177	11.679	12.153	12.597	13.011	13.396	13.752	14.077	14.372	14.636	14.870	15.072	15.243	15.381	15.487	15.559	15.598	15.603	15.574	15.509	15.408	15.271	15.096	14.883	14.632	14.340
59	0.981	1.925	2.834	3.709	4.552	5.364	6.144	6.895	7.616	8.308	8.972	9.606	10.213	10.791	11.342	11.864	12.357	12.823	13.259	13.668	14.047	14.397	14.718	15.008	15.269	15.500	15.699	15.867	16.004	16.108	16.180	16.218	16.223	16.194	16.130	16.031	15.895	15.723	15.513	15.264
60	0.982	1.929	2.842	3.724	4.574	5.394	6.185	6.947	7.680	8.385	9.063	9.713	10.336	10.932	11.500	12.041	12.555	13.041	13.499	13.929	14.332	14.706	15.051	15.368	15.655	15.912	16.140	16.337	16.503	16.638	16.741	16.812	16.850	16.855	16.826	16.763	16.665	16.531	16.360	16.153
61	0.983	1.932	2.850	3.737	4.595	5.423	6.224	6.996	7.741	8.460	9.151	9.816	10.455	11.067	11.653	12.212	12.745	13.251	13.730	14.182	14.607	15.004	15.374	15.715	16.028	16.312	16.566	16.791	16.986	17.151	17.284	17.386	17.457	17.494	17.499	17.471	17.408	17.311	17.178	17.009
62	0.984	1.936	2.858	3.750	4.615	5.451	6.261	7.044	7.800	8.531	9.236	9.915	10.569	11.198	11.800	12.377	12.929	13.454	13.954	14.427	14.874	15.294	15.686	16.052	16.389	16.699	16.980	17.232	17.455	17.648	17.811	17.943	18.044	18.114	18.151	18.156	18.127	18.065	17.969	17.838
63	0.985	1.939	2.865	3.763	4.634	5.478	6.297	7.090	7.857	8.600	9.318	10.011	10.680	11.324	11.943	12.537	13.107	13.651	14.171	14.664	15.132	15.574	15.990	16.378	16.740	17.074	17.381	17.660	17.909	18.130	18.322	18.483	18.614	18.715	18.784	18.821	18.826	18.798	18.736	18.640
64	0.985	1.942	2.872	3.775	4.652	5.504	6.331	7.134	7.912	8.666	9.397	10.104	10.786	11.446	12.081	12.692	13.280	13.842	14.381	14.894	15.383	15.846	16.284	16.696	17.081	17.440	17.771	18.075	18.352	18.600	18.819	19.009	19.169	19.299	19.399	19.468	19.504	19.509	19.481	19.420
65	0.986	1.945	2.879	3.787	4.670	5.529	6.364	7.176	7.965	8.730	9.473	10.193	10.890	11.564	12.215	12.842	13.447	14.028	14.585	15.118	15.627	16.111	16.570	17.004	17.413	17.795	18.151	18.480	18.782	19.057	19.303	19.521	19.710	19.869	19.998	20.097	20.166	20.202	20.207	20.179
66	0.987	1.948	2.885	3.798	4.687	5.553	6.396	7.217	8.016	8.792	9.547	10.279	10.990	11.678	12.344	12.988	13.609	14.208	14.783	15.335	15.864	16.368	16.849	17.305	17.735	18.141	18.521	18.875	19.202	19.502	19.775	20.020	20.237	20.425	20.583	20.712	20.811	20.878	20.915	20.919
67	0.988	1.951	2.891	3.808	4.703	5.576	6.427	7.257	8.065	8.852	9.618	10.363	11.087	11.789	12.470	13.130	13.767	14.383	14.976	15.546	16.094	16.619	17.120	17.597	18.050	18.479	18.882	19.260	19.612	19.937	20.236	20.508	20.752	20.967	21.154	21.312	21.441	21.539	21.606	21.643
68	0.988	1.954	2.897	3.819	4.719	5.598	6.457	7.295	8.113	8.910	9.688	10.444	11.181	11.897	12.592	13.267	13.921	14.553	15.163	15.752	16.319	16.863	17.385	17.883	18.358	18.808	19.234	19.636	20.012	20.362	20.687	20.984	21.255	21.498	21.713	21.899	22.057	22.185	22.282	22.350
69	0.989	1.956	2.903	3.828	4.734	5.620	6.486	7.332	8.159	8.967	9.755	10.523	11.272	12.002	12.711	13.401	14.070	14.719	15.346	15.953	16.538	17.102	17.643	18.162	18.658	19.130	19.579	20.003	20.403	20.778	21.127	21.451	21.748	22.017	22.260	22.474	22.660	22.817	22.945	23.043
70	0.990	1.959	2.908	3.838	4.749	5.640	6.513	7.368	8.204	9.021	9.820	10.600	11.361	12.104	12.827	13.531	14.215	14.880	15.525	16.149	16.752	17.334	17.895	18.434	18.951	19.445	19.916	20.363	20.786	21.185	21.559	21.907	22.230	22.526	22.796	23.038	23.252	23.438	23.594	23.722
71	0.990	1.961	2.913	3.847	4.763	5.661	6.540	7.403	8.247	9.074	9.883	10.674	11.447	12.203	12.939	13.658	14.357	15.037	15.698	16.340	16.961	17.562	18.141	18.700	19.237	19.753	20.245	20.715	21.161	21.584	21.982	22.355	22.703	23.025	23.321	23.590	23.832	24.046	24.232	24.389
72	0.991	1.964	2.919	3.856	4.777	5.680	6.567	7.436	8.289	9.125	9.944	10.746	11.531	12.299	13.049	13.781	14.495	15.191	15.868	16.526	17.165	17.784	18.382	18.961	19.518	20.054	20.568	21.060	21.529	21.974	22.396	22.794	23.167	23.515	23.837	24.133	24.402	24.644	24.858	25.044
73	0.991	1.966	2.923	3.865	4.790	5.699	6.592	7.469	8.330	9.175	10.004	10.817	11.613	12.393	13.156	13.901	14.630	15.341	16.034	16.708	17.364	18.001	18.618	19.215	19.793	20.349	20.884	21.398	21.889	22.358	22.803	23.225	23.623	23.996	24.344	24.666	24.962	25.232	25.474	25.688
74	0.992	1.968	2.928	3.873	4.803	5.717	6.616	7.501	8.370	9.223	10.062	10.885	11.692	12.484	13.260	14.019	14.761	15.487	16.195	16.886	17.559	18.213	18.848	19.465	20.061	20.638	21.194	21.729	22.242	22.734	23.202	23.648	24.070	24.468	24.842	25.190	25.513	25.809	26.079	26.321
75	0.992	1.970	2.933	3.881	4.815	5.735	6.640	7.531	8.408	9.270	10.118	10.952	11.770	12.573	13.361	14.133	14.890	15.630	16.353	17.060	17.749	18.421	19.074	19.709	20.325	20.921	21.498	22.054	22.589	23.103	23.594	24.064	24.510	24.933	25.331	25.705	26.054	26.378	26.675	26.945
76	0.993	1.972	2.937	3.889	4.827	5.752	6.663	7.561	8.445	9.316	10.173	11.016	11.845	12.660	13.460	14.245	15.015	15.769	16.508	17.230	17.935	18.624	19.295	19.948	20.583	21.199	21.796	22.372	22.929	23.465	23.979	24.472	24.942	25.389	25.813	26.212	26.587	26.937	27.261	27.559
77	0.993	1.974	2.941	3.896	4.839	5.768	6.686	7.590	8.482	9.361	10.227	11.079	11.919	12.744	13.556	14.354	15.137	15.905	16.658	17.396	18.118	18.823	19.511	20.182	20.836	21.471	22.088	22.685	23.263	23.820	24.357	24.873	25.366	25.838	26.286	26.711	27.112	27.488	27.839	28.164
78	0.994	1.976	2.946	3.904	4.850	5.785	6.707	7.618	8.517	9.404	10.279	11.141	11.990	12.827	13.650	14.460	15.256	16.038	16.806	17.558	18.296	19.017	19.723	20.412	21.084	21.738	22.374	22.992	23.591	24.170	24.729	25.267	25.784	26.279	26.752	27.202	27.628	28.030	28.408	28.760
79	0.994	1.978	2.950	3.911	4.861	5.800	6.728	7.645	8.551	9.446	10.329	11.200	12.060	12.907	13.742	14.564	15.373	16.168	16.950	17.717	18.470	19.208	19.930	20.637	21.327	22.000	22.655	23.293	23.912	24.513	25.093	25.654	26.194	26.713	27.210	27.684	28.136	28.564	28.968	29.347
80	0.995	1.979	2.954	3.918	4.872	5.815	6.749	7.672	8.585	9.487	10.378	11.259	12.128	12.985	13.831	14.665	15.487	16.295	17.091	17.873	18.641	19.394	20.133	20.857	21.565	22.256	22.931	23.588	24.228	24.849	25.452	26.035	26.597	27.140	27.660	28.160	28.636	29.090	29.520	29.926
81	0.995	1.981	2.957	3.924	4.882	5.830	6.769	7.698	8.617	9.527	10.426	11.315	12.194	13.062	13.919	14.764	15.598	16.419	17.228	18.025	18.808	19.577	20.332	21.073	21.798	22.508	23.201	23.878	24.538	25.180	25.804	26.409	26.994	27.559	28.104	28.627	29.129	29.608	30.064	30.496
82	0.996	1.983	2.961	3.931	4.892	5.844	6.788	7.723	8.649	9.565	10.473	11.370	12.258	13.136	14.004	14.860	15.706	16.540	17.363	18.173	18.971	19.756	20.527	21.284	22.027	22.754	23.466	24.163	24.842	25.505	26.149	26.776	27.384	27.972	28.540	29.087	29.613	30.117	30.599	31.058
83	0.996	1.984	2.964	3.937	4.901	5.858	6.807	7.747	8.679	9.603	10.518	11.424	12.321	13.209	14.087	14.954	15.812	16.659	17.494	18.318	19.130	19.930	20.717	21.491	22.250	22.996	23.726	24.441	25.141	25.823	26.489	27.137	27.766	28.377	28.968	29.539	30.090	30.619	31.126	31.611
84	0.996	1.986	2.968	3.943	4.911	5.871	6.825	7.771	8.709	9.640	10.562	11.476	12.382	13.279	14.167	15.046	15.915	16.774	17.623	18.460	19.286	20.101	20.903	21.693	22.470	23.232	23.981	24.715	25.433	26.136	26.822	27.491	28.142	28.775	29.389	29.984	30.559	31.112	31.645	32.155
85	0.997	1.987	2.971	3.949	4.920	5.884	6.842	7.794	8.738	9.675	10.605	11.527	12.442	13.348	14.246	15.136	16.016	16.887	17.748	18.599	19.439	20.268	21.086	21.891	22.684	23.464	24.230	24.982	25.720	26.442	27.149	27.838	28.511	29.166	29.803	30.421	31.019	31.598	32.155	32.690
86	0.997	1.989	2.974	3.954	4.929	5.897	6.860	7.816	8.766	9.710	10.647	11.577	12.500	13.415	14.323	15.223	16.114	16.997	17.870	18.734	19.588	20.431	21.264	22.085	22.894	23.691	24.474	25.245	26.001	26.742	27.469	28.179	28.873	29.550	30.209	30.850	31.472	32.074	32.656	33.217
87	0.997	1.990	2.977	3.960	4.937	5.909	6.876	7.837	8.793	9.743	10.687	11.625	12.556	13.480	14.398	15.308	16.210	17.104	17.989	18.866	19.733	20.591	21.438	22.274	23.099	23.912	24.713	25.501	26.276	27.037	27.783	28.513	29.228	29.927	30.608	31.271	31.917	32.543	33.149	33.735
88	0.998	1.991	2.980	3.965	4.945	5.921	6.892	7.858	8.820	9.776	10.726	11.672	12.611	13.544	14.470	15.390	16.303	17.208	18.106	18.995	19.875	20.746	21.608	22.459	23.300	24.129	24.947	25.753	26.545	27.325	28.090	28.841	29.576	30.296	30.999	31.684	32.352	33.002	33.632	34.243
89	0.998	1.993	2.983	3.970	4.953	5.933	6.908	7.879	8.845	9.807	10.765	11.717	12.664	13.605	14.541	15.471	16.394	17.310	18.219	19.120	20.013	20.898	21.773	22.639	23.495	24.341	25.175	25.998	26.809	27.606	28.391	29.161	29.917	30.657	31.381	32.089	32.780	33.453	34.107	34.741
90	0.998	1.994	2.986	3.975	4.961	5.944	6.923	7.898	8.870	9.838	10.802	11.761	12.716	13.665	14.610	15.549	16.482	17.409	18.329	19.242	20.148	21.046	21.935	22.815	23.686	24.547	25.398	26.238	27.066	27.882	28.685	29.474	30.250	31.011	31.756	32.486	33.198	33.894	34.571	35.230

KẾT LUẬN

Qua thời gian làm đồ án tốt nghiệp với sự cố gắng của bản thân và đặc biệt là sự hướng dẫn nhiệt tình của thầy giáo **PGS.TS Nguyễn Trọng Hoan** cùng toàn thể các thầy giáo trong bộ môn em đã hoàn thành nhiệm vụ được giao. Cũng như tinh thần chung nhằm làm quen với việc tính toán và thiết kế em đã hoàn thành đồ án: ***' Thiết kế hệ thống lái có cường hoá cho xe du lịch'***

Trong đồ án này em đã làm được những việc sau:

- Nêu lên sự làm việc của hệ thống lái, sự làm việc của trợ lực lái.
- Tính toán hệ thống lái trục răng thanh răng, tính toán trợ lực lái.
- Đưa ra chương trình tính toán trên Matlab

Phần bản vẽ em có các bản vẽ:

- Bản vẽ cơ cấu lái.
- Bản vẽ chế tạo Rotuyn.

Vì điều kiện thời gian có hạn, trình độ kinh nghiệm còn bị hạn chế mà khối lượng công việc lớn cho nên chất lượng đồ án còn hạn chế, còn nhiều thiếu sót trong phần tính toán và kết cấu có thể chưa hợp lý. Rất mong sự đóng góp ý kiến của các thầy trong bộ môn để đồ án của em được hoàn chỉnh hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội 10/2009