

Article info

Type of article:

Original research paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2023.vn.3.3.12-17>

***Corresponding author:**

E-mail address:

manhtg97@gmail.com

Received: 21/8/2023

Accepted: 18/9/2023

Published: 27/9/2023

Experiment method of linear hardness, vertical angle hardness and horizontal angle hardness determination of the car's systemsuspension

Nguyen The Manh*

Le Quy Don Technical University, Hanoi, Vietnam

Abstract: The relationship between hardness and deformation properties of the system suspension has been presented in the literatures. Knowing the values of hardness of the suspension help solve many problems and dynamic nature of the car. However, in the literature on manual of ten does not give the value of the linear stiffness and rigidity of the horizontal angle of the system suspension without stabilizer bar and bar stability. In the framework of article authors present method of determining these values by experimentation.

Keywords: car, control properties, system suspension, linear hardness, horizontal hardness angle.

Thông tin bài viết
Dạng bài viết:
Bài báo nghiên cứu

DOI:
<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2023.vn.3.3.12-17>

*Tác giả liên hệ:
Địa chỉ E-mail:
manhttg97@gmail.com

Ngày nộp bài: 21/8/2023
Ngày chấp nhận: 18/9/2023
Ngày đăng bài: 27/9/2023

Nghiên cứu thực nghiệm xác định độ cứng tuyến tính, độ cứng góc dọc, góc ngang của hệ thống treo xe hai cầu

Nguyễn Thế Mạnh*
Khoa Động lực, Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

Tóm tắt: Mối quan hệ giữa độ cứng, độ biến dạng của hệ thống treo (HTT) và tính chất điều khiển của xe bánh lốp đã được trình bày trong nhiều tài liệu chuyên ngành. Biết được giá trị độ lớn độ cứng của HTT giúp giải quyết nhiều bài toán động lực học và tính chất điều khiển của xe bánh lốp, đặc biệt là trong nghiên cứu tính điều khiển và tính ổn định chống lật của xe bánh lốp nói chung và ô tô nói riêng. Tuy nhiên trong các tài liệu về hướng dẫn sử dụng thường không đưa ra giá trị độ cứng tuyến tính và độ cứng góc dọc, ngang của HTT. Trong khuôn khổ bài báo tác giả trình bày phương pháp xác định các giá trị này bằng phương pháp thực nghiệm.

Từ khóa: xe hai cầu, tính chất điều khiển, hệ thống treo, độ cứng tuyến tính, độ cứng góc dọc, độ cứng góc ngang.

1. GIỚI THIỆU

Lực ngang đặt tại trọng tâm thân xe gây ra mô men quay $M_q = P_n \cdot h$ (P_n – lực ngang tác dụng vào trọng tâm xe, h – khoảng cách từ trọng tâm của xe tới mặt đường) làm trọng tâm thân xe bị dịch chuyển tương đối theo hướng tác dụng của lực, giá trị dịch chuyển của trọng tâm thân xe phụ thuộc vào lực tác dụng và độ cứng góc ngang của HTT, nó cũng làm cho bánh lốp bị biến dạng ngang tạo ra góc lệch bên. Mô men quay M_q là nguyên nhân gây ra sự biến dạng của HTT, ảnh hưởng xấu tới tính chất điều khiển của xe [1], [2], [3], [4]. Ngược lại độ cứng tuyến tính quyết định độ cứng góc ngang của HTT và chính độ cứng góc ngang của HTT xác định giá trị biên độ dao động theo phương ngang của trọng tâm thân xe. Tuy nhiên các giá trị độ cứng tuyến tính, góc dọc, góc ngang của HTT thường ít được trình bày trong các tài liệu theo xe. Một số công trình nghiên cứu ngoài nước về động lực học, tính điều

khiển, tính ổn định của xe chủ yếu quan tâm nhiều đến sự tương tác bánh lốp và nền đất [5], [6], [7], [8], [9] sự tác dụng của lực ly tâm khi quay vòng [10], [11], [12], [13]. Trong nước gần đây có công trình [2] nghiên cứu về tác dụng của tải trọng động lên bánh lốp.

Mục tiêu nghiên cứu của bài báo là xác định độ cứng tuyến tính, góc dọc, ngang của HTT xe hai cầu bằng phương pháp thực nghiệm.

Kết quả nghiên cứu có thể làm tài liệu tham khảo hữu ích cho các nhà thiết kế, khai thác xe, cũng như áp dụng trong nghiên cứu chuyên sâu về tính điều khiển và ổn định của xe khi quay vòng. Phương pháp không quá phức tạp tuy nhiên cho kết quả tin cậy, có thể kiểm chứng thông qua tiêu chuẩn về điều kiện chuyển động êm dịu của xe.

Đối tượng chính của nghiên cứu là HTT của các xe hai cầu. Tuy nhiên phương pháp tiếp cận cho phép áp dụng với tất cả các dòng xe

bánh lốp, kể cả xe quân sự. Để lấy làm ví dụ tác giả lấy các tham số của xe **Renault Megan** sản xuất năm 2005.

Bảng 1. Một số thông số cơ bản của xe **Renault Megan**

Nhãn hiệu xe	Renault Megan
Năm sản xuất	2005
V_{max}	150 km/h
Cầu chủ động	Cầusau
Khối lượng toàn bộ ô tô khi đầy tải	1435 kg
Khối lượng phân bố lên cầu trước	1035 kg
Khối lượng phân bố lên cầu sau	400 kg
Chiều dài toàn bộ xe	4166 mm
Chiều rộng toàn bộ xe	1611 mm
Chiều dài cơ sở của xe	2424 mm
Chiều rộng theo vệt bánh xe cầu sau	1321 mm
Chiều rộng theo vệt bánh xe cầu trước	1365 mm

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Dụng cụ thực nghiệm gồm: kích chuyên dụng tải trọng 1,5 tấn, lực kế, thước dây, thước cứng, xà beng chuyên dụng.

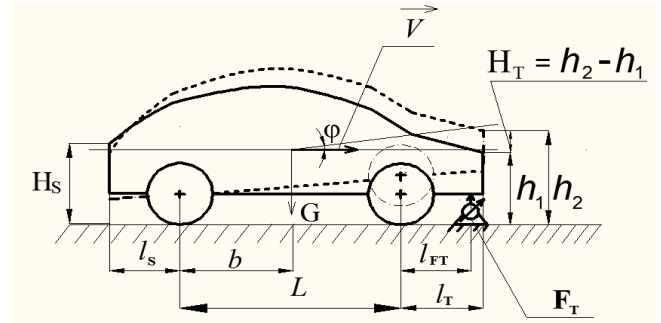
Để xác định độ cứng góc dọc của HTT có thanh ổn định hoặc không có thanh ổn định, đầu tiên chúng ta xác định độ cứng tuyến tính theo phương thẳng đứng mỗi bên của HTT $C_C = C_{Ti} + C_{Si}$; Trong đó: C_{Ti} - độ cứng tuyến tính ở mỗi bên của cụm treo cầu trước, C_{Si} - độ cứng tuyến tính mỗi bên của cụm treo cầu sau. Để xác định C_{Ti} , C_{Si} chúng ta cần xác định độ cứng góc dọc của cụm treo cầu trước $C_{\varphi T}$ và cầu sau $C_{\varphi S}$. Dưới đây trình bày sơ đồ trình tự xác định các giá trị: (1)

$$\left. \begin{aligned} C_{\varphi T} &= \frac{M_{\varphi T}}{\varphi} \rightarrow C_T = \frac{C_{\varphi T}}{L^2} \rightarrow C_{Ti} = \frac{C_T}{2} \\ C_{\varphi S} &= \frac{M_{\varphi S}}{\varphi} \rightarrow C_S = \frac{C_{\varphi S}}{L^2} \rightarrow C_{Si} = \frac{C_S}{2} \end{aligned} \right\} \rightarrow C_C = C_{Ti} + C_{Si} \rightarrow C_{\beta} = 2C_C \left(\frac{B}{2}\right)^2$$

2.1. Xác định độ cứng góc dọc các cụm treo cầu trước $C_{\varphi T}$.

Để xác định độ cứng góc dọc của các cụm treo cầu trước chúng ta làm như sau:

Đặt kích gắn lực kế vào tâm giữa trục cầu trước để đo lực F_T (hình 1). Ta tiến hành kích cầu xe đến khi bánh xe bắt đầu rời khỏi mặt đường thì dừng lại và ghi lại giá trị trên lực kế ($Lực F_T$).



Hình 1. Mô hình xác định độ cứng góc dọc các cụm treo cầu trước $C_{\varphi T}$

l_{FT} - khoảng cách từ tâm trục bánh phía trước đến điểm đặt kích để đo lực F_T ; l_T - khoảng cách từ trục bánh phía trước đến đường thẳng đứng đo giá trị H_T ; l_S - khoảng cách từ trục bánh sau đến đường thẳng đứng đo giá trị H_S ; H_S - là khoảng cách từ mặt đường đến điểm đo phần đuôi xe theo phương thẳng đứng khi bánh trước bắt đầu rời khỏi mặt đường; F_T - lực tác động lên kích theo phương thẳng đứng; b - khoảng cách từ trọng tâm ô tô đến trục bánh xe cầu sau; φ - góc lệch của trục dọc thân xe trong mặt phẳng thẳng đứng với mặt phẳng nằm ngang; h_1 - vị trí ban đầu khi chưa kích cầu xe (khi đó lực kế chỉ giá trị bằng không $F_T = 0$); h_2 - vị trí khi kích cầu xe đến thời điểm bánh xe bắt đầu rời khỏi mặt đường; H_T - sự dịch chuyển của thân xe theo phương thẳng đứng.

Khi tạo lực kích nâng làm cho thân xe dịch chuyển theo phương thẳng đứng một đoạn H_T nào đó, lúc này trục dọc thân xe trong mặt phẳng thẳng đứng sẽ tạo với mặt phẳng nằm ngang một góc φ (hình 1) làm xuất hiện mô men quay $M_{\varphi} = F_T(L + l_{FT})$. Giá trị cực đại của góc φ_{max} ứng với mô men quay lớn nhất $M_{\varphi x} = F_{Tmax}(L + l_{FT})$ được xác định như sau:

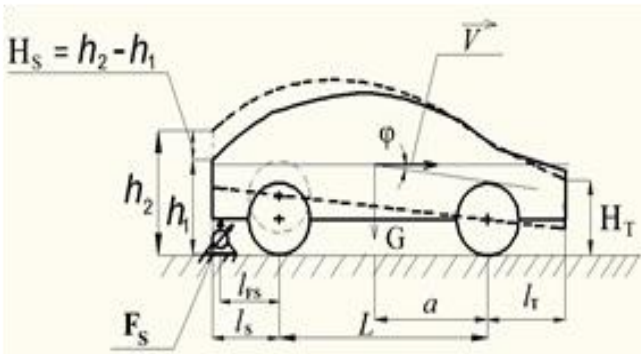
$$\varphi_{max} = \frac{H_T - (-H_S)}{L + l_T + l_S}, \text{ rad} \quad (2)$$

Dấu (-) ứng với trường hợp khi mà ta quan sát thấy độ cao H_S giảm so với giá trị ban đầu, tức

là khi ta kích nâng phần đầu xe thì phần đuôi xe dịch chuyển theo chiều ngược lại. Nếu phần đuôi xe cũng dịch chuyển lên trên thì H_s mang dấu (+), trong trường hợp này H_s mang dấu (-).

2.2. Xác định độ cứng góc dọc các cụm treo cầu sau $C_{\varphi s}$

Với mô hình hoàn toàn tương tự chúng ta xác định độ cứng góc dọc các cụm treo cầu sau. Cách bố trí lực kế và mô tả các giá trị được trình bày trên hình 2.



Hình 2. Mô hình xác định độ cứng góc dọc cụm treo cầu sau $C_{\varphi s}$

l_{fs} , - khoảng cách từ tâm trục bánh phía sau đến điểm đặt kích để đo lực F_T , l_s - khoảng cách từ trục bánh phía sau đến đường thẳng đứng đo giá trị H_s ; F_s - lực tác động theo phương thẳng đứng; a - khoảng cách từ trọng tâm đến tâm trục của bánh xe cầu trước; φ - góc lệch của thân xe trong mặt phẳng thẳng đứng so với mặt phẳng nằm ngang.; h_1 - vị trí ban đầu khi chưa nâng xe (khi đó đồng hồ đo lực chỉ giá trị bằng 0, $F_s = 0$); h_2 - vị trí khi nâng xe đến thời điểm bánh lốp bắt đầu rời khỏi mặt đường; H_s - sự dịch chuyển của thân xe theo phương thẳng đứng tại thời điểm bánh xe phía sau bắt đầu rời khỏi mặt đường. H_T - độ cao từ mặt đường đến điểm đo trên thân xe khi bánh xe bắt đầu rời khỏi mặt đường.

a) Xác định góc lệch φ_{max} của xe tương đối với đường thẳng ngang song song với mặt đất.

Giá trị cực đại của góc φ_{max} ứng với mô men xoắn lớn nhất $M_{\varphi_{max}} = F_{T_{max}}(L + l_{fs})$ N.m, được xác định như sau:

$$\varphi_{max} = \frac{H_s - (-H_T)}{L + l_s + l_T} \text{ , rad (3)}$$

Trong trường hợp này H_T mang dấu (-), do đó:

$$\varphi_{max} = \frac{H_s + H_T}{L + l_s + l_T} \text{ rad (4)}$$

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

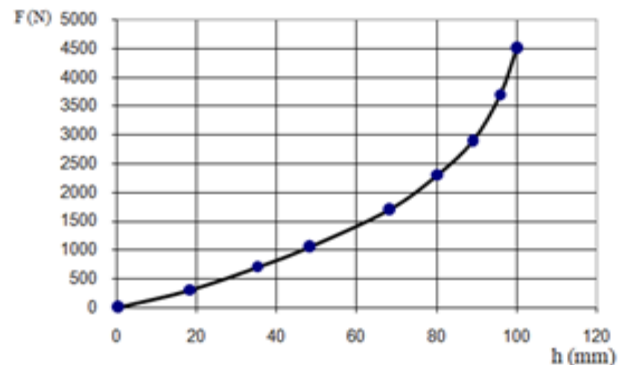
3.1. Xác định độ cứng góc dọc của các cụm treo cầu trước

Dựa trên sơ đồ bố trí lực kế như trên hình 1 và phương pháp đo như đã trình bày ở trên, sau ba lần đo chúng ta thu được các số liệu quan sát trên lực kế được trình bày trong bảng 2 dưới đây.

Bảng 2. Các tham số đo được trong ba lần thực nghiệm xác định độ cứng cụm treo cầu trước

T	Các tham số	Đơn vị đo	Số lần thực nghiệm			Giá trị trung bình
			1	2	3	
1	F_T	N	4449,6	4622,4	4492,8	4521,7
2	l_{fs}	mm	465	463	464	464
3	l_s	mm	472	474	473	473
4	l_s	mm	430	432	431	431
5	H_T	mm	100	99	101	100
6	H_s	mm	10	13	12	11,6
7	b	mm	1211	1213	1212	1212
8	L	mm	2422	2426	2424	2424

Mối quan hệ giữa độ dịch chuyển thân xe h tại điểm đo theo phương thẳng đứng và lực nâng F được thể hiện ở hình 3.



Hình 3. Mối liên hệ giữa độ dịch chuyển thân xe h tại điểm đo theo phương thẳng đứng và lực nâng F

Như đã trình bày ở trên chúng tác lần lượt xác định được các giá trị sau:

Giá trị cực đại φ_{max} , góc giữa trục dọc thân

xe và đường nằm ngang, ứng với mô men lớn nhất $M_{\phi x} = F_{Tmax}(L + l_{FT}) = 4521,7 \cdot (2,424 + 0,464) = 13058 \text{ N.m}$, xác định như sau:

$$\phi_{max} = \frac{H_T + H_S}{L + l_T + l_S} = \frac{100 + 11,6}{2424 + 473 + 431} = 0,034 \text{ rad}$$

có thể kiểm chứng giá trị góc ϕ theo sơ đồ trên:

$$\phi_{max} = \frac{H_T}{L + l_T} = \frac{100}{2424 + 473} = 0,034 \text{ rad}$$

Độ cứng góc dọc $C_{\phi T}$ của cụm treo cầu trước xác định như sau:

$$C_{\phi T} = \frac{M_{\phi}}{\phi_{max}} = \frac{13058}{0,034} = 3,8 \cdot 10^5 \text{ N.m/rad}$$

Vì độ cứng tuyến tính của cụm treo cầu trước C_T và độ cứng góc dọc $C_{\phi T}$ xác định theo mối quan hệ $C_{\phi T} = C_T L^2$ nên $C_T = \frac{C_{\phi T}}{L^2} = \frac{3,8 \cdot 10^5}{2,424^2} = 6,47 \cdot 10^4 \text{ N/m}$. Vậy độ cứng tuyến tính của một cụm treo (bên trái hoặc phải) là $C_{Ti} = \frac{C_T}{2} = 3,25 \cdot 10^4 \text{ N/m}$.

3.2. Xác định độ cứng góc dọc của cụm treo cầu sau

Bố trí lực kể như mô tả trên hình 2 và với cách làm tương tự như khi xác định độ cứng góc dọc của cụm treo cầu trước, chúng ta xác định độ cứng góc dọc của cụm treo cầu sau.

Sau ba lần đo chúng ta thu được các số liệu quan sát trên lực kế trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Các tham số đo được trong ba lần thực nghiệm xác định độ cứng cụm treo cầu sau

T	Các thông số	Đơn vị đo	Số lần thực nghiệm			Giá trị trung bình
			1	2	3	
1	F _s	N	3456	3499,2	3542	3499
2	l _{FS}	mm	1110	1112	1113	1111,6
3	l _s	mm	1130	1132	1131	1131
4	h _t	mm	472	474	473	473
5	H _s	mm	147	150	148	148,3
6	H _T	mm	15	13	14	14
7	a	mm	1213	1211	1212	1212
8	L	mm	2422	2426	2424	2424

Như đã trình bày ở trên chúng tác lần lượt xác định được các giá trị sau:

Giá trị cực đại của góc ϕ_{max} ứng với mô men xoắn lớn nhất: $M_{\phi max} = F_{Tmax}(L + l_{FS}) = 3499(2,424 + 1,1117) = 12371 \text{ N.m}$, được xác định như sau:

$$\phi_{max} = \frac{H_S + H_T}{L + l_S + l_T} = \frac{148,33 + 14}{2424 + 1131 + 473} = 0,04 \text{ rad.}$$

Độ cứng góc dọc của cụm treo cầu sau:

$$C_{\phi S} = \frac{M_{\phi max}}{\phi} = \frac{12371}{0,04} = 3,09 \cdot 10^5 \text{ N.m/rad}$$

Vì độ cứng tuyến tính của các cụm treo cầu sau C_S và độ cứng góc dọc $C_{\phi S}$ xác định theo mối quan hệ $C_{\phi S} = C_S L^2$ nên:

$$C_S = \frac{C_{\phi S}}{L^2} = \frac{3,09 \cdot 10^5}{2,424^2} = 5,26 \cdot 10^4 \text{ N/m.}$$

Vậy độ cứng tuyến tính của một cụm treo (bên trái hoặc bên phải) phía sau là:

$$C_{Si} = \frac{C_S}{2} = 2,63 \cdot 10^4 \text{ N/m.}$$

3.3. Xác định độ cứng tuyến tính theo phương thẳng đứng của mỗi bên (bên trái, bên phải) của HTT

$$C_C = C_{Ti} + C_{Si} = 3,25 \cdot 10^4 + 2,63 \cdot 10^4 = 5,88 \cdot 10^4 \text{ N/m}$$

3.4. Độ cứng góc ngang HTT của xe

$$C_{\beta} = 2C_C \left(\frac{B}{2}\right)^2 = C_C \frac{B^2}{2} = 5,88 \cdot 10^4 \cdot \frac{1,34^2}{2} = 5,27 \cdot 10^4 \text{ N.m.}$$

Tổng độ cứng tuyến tính các cụm treo:

$$C_{\Sigma} = 2C_C = 2 \cdot 5,88 \cdot 10^4 = 11,76 \cdot 10^4 \text{ N/m.}$$

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Như vậy với các dụng cụ thí nghiệm dễ kiếm, bằng phương pháp thực nghiệm không quá phức tạp chúng ta có thể xác định được tương đối chính xác độ cứng tuyến tính, độ cứng góc dọc và độ cứng góc ngang các HTT của các xe hai cầu. Và như đã phân tích ở trên, đây là các giá trị quan trọng dùng để tính toán, đánh giá tính điều khiển và tính ổn định chống lật của các xe bánh lốp, kể cả các xe thiết giáp quân sự. Đây là hai trong số các tính chất động học quan trọng

của xe quyết định đến độ an toàn chuyển động của xe bánh lốp.

Độ chính xác của kết quả đạt được phụ thuộc vào trình độ kỹ thuật viên thực hành đo các số liệu với giả thiết lực kế có độ chính xác cao. Chính vì yếu tố đó nên càng thực hiện nhiều lần đo kết quả cho ra càng chính xác. Tuy nhiên chúng ta có thể kiểm nghiệm các số liệu đo dựa vào tiêu chuẩn tần số dao động riêng cho phép đảm bảo điều kiện chuyển động êm dịu đã được trình bày trong các tài liệu chuyên khảo [4], [5]. Trong ví dụ này có thể kiểm chứng độ chính xác giá trị độ cứng tuyến tính bằng cách so sánh tần số dao động riêng với điều kiện chuyển động êm dịu của xe.

Tần số dao động riêng của xe:

$$\omega_c = \sqrt{\frac{C_z}{m}} = \sqrt{\frac{11,76 \cdot 10^4}{10,35 \cdot 10^2}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{11,76}{10,35}} = 10 \cdot 1,07 = 10,7 \text{ S}^{-1}$$

$$\text{do đó } f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{10,7}{2 \cdot 3,14} = 1,7 \text{ Hz}$$

Giá trị này phù hợp với các tính toán lý thuyết về điều kiện đảm bảo chuyển động êm dịu của xe là: $1,2 \leq f_c \leq 2 \text{ Hz}$, [5].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P.-H.Nguyen, Đ.-L.Vu. (2001). Lý thuyết ô tô quân sự. NXB Quân đội nhân dân, Hà Nội.
- [2] V.-T.Nguyen, S.-Đ.Nguyen. (2021). Xác định tải trọng động tác dụng lên bánh xe bằng thực nghiệm. KH&CN Hàng Hải.
- [3] Bauer W. (2011). Hydropneumatic suspension systems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [4] В.-Д.Иртегова. (1985). Устойчивость движения/Под ред. В.М. Матросова, - Новосибирск: Наука, 1985.
- [5] А.-С.Литвинова. (1963). Управляемость и устойчивость автомобиля. Сборник статей/Пер. с англ. В.И.Котовского; Под ред. – М.: Машгиз
- [6] В.-И.Котовского. (1963). Управляемость и устойчивость автомобиля: Конспект лекций по разделу курса “Теория автомобиля” для спец 0513/Белорусский пол. Каф. “Автомобили”. – Минск.
- [7] А.-С.Литвинов. (1971). Управляемость и устойчивость автомобиля.- М.: Машиностроение.
- [8] Е.-Ю. Малиновский и др. (1974). Динамика самоходных машин с шарнирной рамой.- М.:Машиностроение.
- [9] Н.-Т.Мань. (2011). Методика расчётной оценки траекторной управляемости автомобиля по относительным боковым смещениям и ускорениям, (ВолГТУ).
- [10] Е.-В.Балакина, Н.-М.Зотов. (2011). Устойчивость движения колесных машин, (ВолГТУ).
- [11] Л.-Л.Гинцбург. (2011). Устойчивость управляемого движения автомобиля относительно траектории. «Авто. промышленность», № 9, 1977 г., с. 27.
- [12] В.-П.Агапова. (2012). Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса /пер. с нем. В. П. Агапова; под ред. О.Д Златоврадского.- М.:Машиностроение.
- [13] Е.-В. Балакина. (2015). Определение взаимного расположения сил, реакций и зон трения в пятне контакта эластичного колеса с твердой поверхностью / Е. В. Балакина, Н. М. Зотов // Трение и износ. - т.36, № 1. - С. 36–40.