

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Автомобили»

**РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы и контрольной работы
по дисциплине «Автоматические системы автомобиля и трактора»
для студентов специальности 190201 «Автомобиле- и тракторостроение»

Курган 2010

Кафедра: «Автомобили»

Дисциплина: «Автоматические системы автомобиля и трактора»

Специальность: 190201 «Автомобиле- и тракторостроение»

Составил: доцент, канд. техн. наук А.В. Зайцев

Утверждены на заседании кафедры

« 26 » ноября 2009 г.

Рекомендованы методическим советом университета

« 15 » декабря 2009 г.

Цель работы: освоение методики расчета основных параметров гидроусилителя рулевого управления автомобиля.

Выполнение работы.

Студенты *очной* формы обучения проводят расчет основных параметров гидроусилителя рулевого управления во время выполнения лабораторной работы.

Студенты *заочной* формы обучения делают расчет основных параметров гидроусилителя при выполнении контрольной работы.

1 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ

Гидроусилитель рулевого управления предназначен для облегчения управления автомобилем. В конечном итоге благодаря усилителю снижается усилие водителя на рулевом колесе, необходимое для поворота управляемых колес, и нагрузки, передаваемые от дороги на рулевое колесо. Известно множество случаев травмирования кистей рук водителей грузовых автомобилей, не оснащенных усилителем рулевого управления, например, ЗИЛ-157, при движении по разбитым дорогам. Таким образом, усилитель не только облегчает управление автомобилем, но и способствует повышению безопасности дорожного движения.

В практике автомобилестроения сложилось несколько способов компоновки агрегатов гидроусилителя. В данной работе рассматривается такая компоновка, когда рулевой механизм, распределитель и силовой цилиндр размещены в рулевом управлении раздельно (рисунок 1).

Рассматриваемый усилитель устроен следующим образом. В продольную рулевую тягу встроен распределитель золотникового типа. Корпус распределителя соединен с тягой обратной связи, а золотник – с тягой, идущей от сошки. Между золотником и корпусом есть небольшой осевой люфт, необходимый для работы автоматической системы независимо от водителя. К распределителю подсоединены напорные и обратная магистрали насоса гидроусилителя, а также магистрали, идущие в полости силового цилиндра. Силовой цилиндр корпусом шарнирно прикреплен к раме автомобиля, а шток силового цилиндра связан с поворотным рычагом правого колеса.

При повороте рулевого колеса влево золотник смещается относительно корпуса распределителя вверх (на рисунке). Камера *А* отключается от сливной (обратной) магистрали, а камера *Б* – от напорной. Масло подается в верхнюю полость силового цилиндра, а из нижней полости вытесняется в обратную магистраль. Поршень силового цилиндра смещается вниз (на рисунке) и колеса поворачиваются влево. Одновременно с помощью тяги обратной связи корпус распределителя поднимается вверх. Если водитель перестанет вращать рулевое колесо, золотник остановится, корпус распределителя, смещаясь, займет нейтральное положение относительно золотника, поворот колес прекратится. Если при прямолинейном движении происходит случайное отклонение колеса, например, влево, корпус распределителя приподнимается

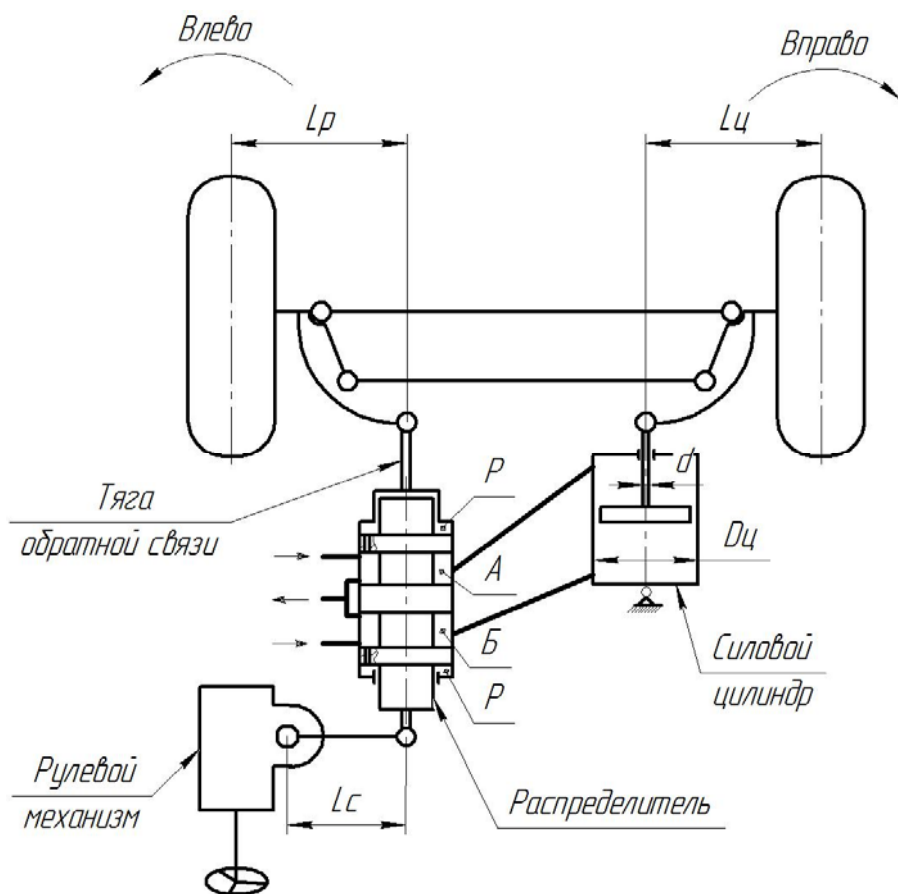


Рисунок 1 – Схема гидроусилителя

вверх, камера *Б* отключается от сливной магистрали, масло под давлением поступает в нижнюю полость силового цилиндра и положение колеса восстанавливается. Таким образом, каждому углу поворота рулевого колеса соответствует определенный угол поворота колес. В этом заключается **кинематическое следящее действие** усилителя.

Усилитель также «следит» за поддержанием заданного водителем направления движения. Допустим, из-за воздействия случайных факторов (боковой ветер, неровность дороги) колеса слегка отклонились от заданного направления, например, влево. С помощью тяги обратной связи корпус распределителя приподнимется, камера *Б* отключится от сливной (обратной) магистрали, а камера *А* – от напорной. Масло будет подаваться в нижнюю полость силового цилиндра и колеса повернутся вправо. Заданное водителем направление движения восстановится.

Кроме кинематического, усилитель должен обеспечивать **силовое следящее действие** (чувство дороги). Усилитель должен обеспечивать соответствие сопротивления повороту колес и усилия на рулевом колесе. Необходимо это для восприятия водителем стабилизирующих моментов, восприятия боковой силы (например, из-за прокола колеса) и т.д.

Для обеспечения силового следящего действия предусмотрены реактивные камеры *Р*, соединенные с полостями *А* и *Б* отверстиями в поясах золотника. При повороте водитель смещает золотник относительно корпуса распределителя. Чем больше сопротивление повороту управляемых колес,

тем больше давление в гидросистеме, тем труднее водителю выдавить масло из реактивных камер, преодолевая это давление.

Таким образом, усилитель облегчает управление автомобилем, но сохраняет пропорциональность между сопротивлением повороту управляемых колес и усилием на рулевом колесе.

Проектирование усилителя начинают с выбора схемы компоновки и расчета основных параметров.

2 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ

К основным параметрам гидроусилителя рулевого управления можно отнести следующее:

- 1) коэффициент усиления;
- 2) активная площадь реактивных камер;
- 3) диаметр силового цилиндра;
- 4) параметры насоса (производительность и давление).

Расчет этих параметров основывается на нижеследующих закономерностях. Размерности величин, входящих в формулы, приведены в исходных данных.

При повороте управляемых колес возникает суммарный момент сопротивления повороту:

$$M_{\Sigma \max} = G_1 \cdot (f \cdot a + \varphi \cdot r_K \cdot 0,14 + a \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta - r_K \cdot \sin^2 \gamma \cdot \sin \theta), \quad (1)$$

где G_1 – вес, приходящийся на управляемые колеса;

f – коэффициент сопротивления качению;

φ – коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью;

a – плечо обкатки;

r_K – радиус колеса;

β, γ – углы наклона шкворня, соответственно поперечный и продольный;

θ – средний угол поворота колес.

Для поворота управляемых колес при отсутствии усилителя необходимо приложить к рулевому колесу усилие:

$$T_{\max} = \frac{M_{\Sigma \max}}{R_P \cdot U_{PY} \cdot \eta_{PY}}, \quad (2)$$

где R_P – радиус рулевого колеса;

U_{PY}, η_{PY} – передаточное число рулевого управления и его к.п.д.

При повороте рулевого колеса распределитель создает разности давлений жидкости в полостях силового цилиндра, максимальное значение которого P_{\max} . При давлении P_{\max} на штоке силового цилиндра возникает сила:

$$F_{\text{Ц}} = P_{\max} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_{\text{Ц}}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right),$$

где $D_{\text{Ц}}$ – диаметр силового цилиндра.

d – диаметр штока.

Из этой формулы можно выразить диаметр силового цилиндра:

$$D_{\text{Ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{Ц}}}{P_{\text{max}} \cdot \pi} + d^2} \quad (3)$$

Со стороны реактивных камер распределителя на сошку будет передаваться усилие:

$$F_P = S_P \cdot P_{\text{max}}, \quad (4)$$

где S_P – активная площадь реактивных камер.

Это усилие уравновешивается силой, приложенной к рулевому колесу:

$$T = \frac{F_P \cdot L_C}{U_{PM} \cdot \eta_{PM} \cdot R_P}, \quad (5)$$

где L_C – длина сошки;

U_{PM}, η_{PM} – передаточное число и к.п.д. рулевого механизма.

Условие равновесия управляемых колес под действием поворачивающих моментов и моментов сопротивления можно выразить следующим образом. Силы F_P и $F_{\text{Ц}}$ создают моменты относительно осей шкворней, которые преодолевают суммарный момент сил сопротивления повороту M_{Σ} :

$$F_P \cdot L_P + F_{\text{Ц}} \cdot L_{\text{Ц}} = M_{\Sigma} \max \quad (6)$$

Производительность насоса выбирают таким образом, чтобы силовой цилиндр мог поворачивать управляемые колеса быстрее, чем это может делать водитель, вращая рулевое колесо с угловой скоростью $\omega = 2\pi$ рад/с (т.е. 1 об/с). Для этого производительность насоса должна быть больше Q_{min} :

$$Q_{\text{min}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{Ц}}^2 \cdot \omega \cdot L_C \cdot L_{\text{Ц}}}{4 \cdot \eta_H \cdot U_{PM} \cdot L_P}, \quad (7)$$

где η_H – к.п.д. насоса.

3 СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСИЛИТЕЛЯ

Статическая характеристика гидроусилителя представляет собой график зависимости усилия на рулевом колесе от суммарного момента сопротивления повороту управляемых колес (рисунок 2).

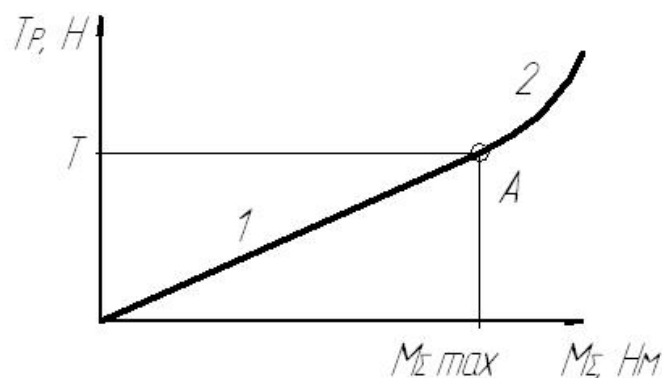


Рисунок 2 – Статическая характеристика усилителя

На рисунке 2 точка *A* соответствует максимальному моменту сопротивления, рассчитанному по формуле (1). При этом усилие на рулевом колесе соответствует расчетному максимальному усилию *T*. Участок 1 (до точки *A*) соответствует работе усилителя в номинальном режиме. После точки *A* (участок 2) возможностей усилителя недостаточно и водитель прикладывает дополнительное усилие к рулевому колесу, что отражается в прогрессирующем росте графика.

Такой характер графиков имеют статические характеристики гидроусилителей, у которых в распределителе отсутствуют центрирующие пружины. Для усилителей без силового следящего действия (реактивные камеры отсутствуют, установлены только центрирующие пружины) участок 1 горизонтален.

Для расчета статической характеристики необходимо знать соответствие между сопротивлением повороту управляемых колес и давлением в гидросистеме.

После подстановки в формулу (6) выражений для *F_p* и *F_ц* получается следующая зависимость:

$$S_p \cdot P \cdot L_p + P \cdot \left(\frac{\pi \cdot D_{ц}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot L_{ц} = M_{\Sigma}.$$

Из этого выражения можно выразить давление:

$$P = \frac{M_{\Sigma}}{S_p \cdot L_p + 0,25 \cdot \pi \cdot L_{ц} \cdot (D_{ц}^2 - d^2)}. \quad (8)$$

4 ПОРЯДОК РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

- 1 Рассчитать по формуле (1) суммарный момент сопротивления повороту управляемых колес *M_Σ*.
- 2 По формуле (2) вычислить максимальное усилие на рулевом колесе при отсутствии усилителя *T_{max}*.
- 3 Вычислить требуемый коэффициент усиления: *K = T_{max} / T*.
- 4 Определить активную площадь реактивных камер.
 - 4.1 Из уравнения (5) найти усилие *F_p*, которое передается на сошку со стороны реактивных камер распределителя;
 - 4.2 Используя уравнение (4), определить *S_p*.
- 5 Определить диаметр силового цилиндра *D_ц*.
 - 5.1 Из уравнения (6) найти усилие на штоке силового цилиндра *F_ц*;
 - 5.2 Используя уравнение (3), найти диаметр силового цилиндра *D_ц*.
- 6 По формуле (7) вычислить производительность насоса *Q_{min}*.

5 ПОРЯДОК РАСЧЕТА И ПОСТРОЕНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

5.1 Расчет участка 1

Задаются несколькими значениями суммарного момента сопротивления повороту управляемых колес от 0 до $M_{\Sigma \max}$. Рекомендуется брать значения, приблизительно равные 0, $0,25M_{\Sigma \max}$, $0,5M_{\Sigma \max}$, $0,75M_{\Sigma \max}$, $M_{\Sigma \max}$. Например, при $M_{\Sigma \max} = 2124$ Нм можно задаться значениями M_{Σ} 0, 500, 1000, 1500, 2124 Нм.

По формуле (8) рассчитываются значения давления в гидросистеме в зависимости от M_{Σ} .

По формуле (4) рассчитываются соответствующие значения усилий F_p .

По формуле (5) рассчитываются значения усилия на рулевом колесе T .

Результаты расчетов заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет участка 1

M_{Σ} , Нм	P , МПа	F_p , Н	T , Н
0			
$0,25 M_{\Sigma \max}$			
$0,5 M_{\Sigma \max}$			
$0,75 M_{\Sigma \max}$			
$M_{\Sigma \max}$			

5.2 Расчет участка 2

Особенностью участка 2 является то, что сопротивление повороту управляемых колес превышает возможности усилителя, и водитель вынужден прикладывать к рулевому колесу усилие больше расчетного. Поэтому момент сопротивления повороту рассматривается в виде двух составляющих. Это – часть сопротивления, которая преодолевается с помощью усилителя, и часть сопротивления, преодолеваемая только за счет мускульной силы водителя.

Порядок расчета следующий.

Задаются значениями суммарного момента сопротивления повороту ориентировочно $1,2M_{\Sigma \max}$ и $1,4M_{\Sigma \max}$.

Рассчитывают разность M_{Σ} и $M_{\Sigma \max}$.

Рассчитывают значения усилия на руле:

$$T = \frac{M_{\Sigma} - M_{\Sigma \max}}{R_p \cdot U_{PY} \cdot \eta_{PY}}, \text{ Нм.}$$

Результаты расчетов заносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет участка 2

$M_{\Sigma}, \text{Нм}$	$M_{\Sigma} - M_{\Sigma\text{max}}$	$T, \text{Н}$

По данным таблиц 1 и 2 строится график статической характеристики регулятора.

6 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Индивидуальные исходные данные для каждого студента отличаются только значением веса на переднюю ось G_I (см. таблицу). Остальные данные (параметры рулевого управления) у всех студентов одинаковые.

Индивидуальные исходные данные

№ вар.	$G_I, \text{Н}$	№ вар.	$G_I, \text{Н}$	№ вар.	$G_I, \text{Н}$	№ вар.	$G_I, \text{Н}$
1	20000	8	34000	15	48000	22	62000
2	22000	9	36000	16	50000	23	64000
3	24000	10	38000	17	52000	24	68000
4	26000	11	40000	18	54000	25	70000
5	28000	12	42000	19	56000	26	72000
6	30000	13	44000	20	58000	27	74000
7	32000	14	46000	21	60000	28	76000

Общие исходные данные

$\varphi = 0,8$; $f = 0,02$; $a = 0,06 \text{ м}$; $\beta = 8 \text{ град}$; $\gamma = 2,5 \text{ град}$; $\theta = 35 \text{ град}$; $r_K = 0,45 \text{ м}$; $U_{PY} = 27$; $U_{PM} = 24$; $\eta_{PY} = 0,75$; $\eta_{PM} = 0,8$; $L_P = 0,17 \text{ м}$; $L_{Ц} = 0,17 \text{ м}$; $R_P = 0,275 \text{ м}$; $L_C = 0,15 \text{ м}$; $T = 50 \text{ Н}$; $P_{\text{max}} = 10^6 \text{ Па}$; $d = 0,025 \text{ м}$; $\eta_H = 0,8$.

Номер варианта для выполнения контрольной работы определяется по сумме двух последних цифр номера зачетной книжки студента. Если, например, номер зачетной книжки 361548, то номер варианта $4 + 8 = 12$.

7 СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

(для студентов заочной формы обучения)

Контрольная работа должна содержать:

1 Краткое описание конструктивных особенностей и работы гидроусилителя рулевого управления по заданию преподавателя.

Необходимо привести схему усилителя и отметить, как реализуются кинематическое и силовое следящие действия.

2 Расчеты основных параметров гидроусилителя.

3 Расчет и график статической характеристики.

4 Сравнение рассчитанных параметров с параметрами гидроусилителей существующих конструкций.

Студенты **очной формы обучения** в отчете о лабораторной работе пункт 1) не выполняют.

8 ПРИМЕР РАСЧЕТА

Ниже приведены результаты расчета основных параметров усилителя и статической характеристики. Эти результаты можно использовать для сравнения и поиска ошибок в расчетах.

Исходные данные: $G_1 = 51\,000\text{ Н}$.

Остальные данные – см. раздел 6.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

1. $M_{\Sigma\max} = 2850,6\text{ Нм}$
2. $T_{\max} = 511,9\text{ Н}$
3. $K = 10,2$
- 4.1. $F_p = 1760\text{ Н}$
- 4.2. $S_p = 0,00176\text{ м}^2$
- 5.1. $F_{\text{ц}} = 15008\text{ Н}$
- 5.2. $D_{\text{ц}} = 0,14\text{ м}$
6. $Q_{\min} = 0,00076\text{ м}^3/\text{с}$

СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Пример таблицы 1

$M_{\Sigma},\text{ Нм}$	$P,\text{ Па}$	$F_p,\text{ Н}$	$T,\text{ Н}$
0	0	0	0
500	175399,9	308,7038	8,769996
1000	350799,8	617,4077	17,53999
1500	526199,7	926,1115	26,30999
2850,6	1000000	1760	50

Пример таблицы 2

$M_{\Sigma},\text{ Нм}$	$M_{\Sigma} - M_{\Sigma\max},\text{ Нм}$	$T,\text{ Н}$
3420,8	570,1	102,4
3990,9	1140,3	204,8

Зайцев Алексей Викторович

**РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы и контрольной работы
по дисциплине «Автоматические системы автомобиля и трактора»
для студентов специальности 190201 «Автомобиле- и тракторостроение»

Редактор Н.М. Устюгова

Подписано к печати	Формат 60,84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 0,75	Уч.-изд. л. 0,75
Заказ	Тираж 50 экз.	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.