



**Тема 6**  
**УПРАВЛЯЕМОСТЬ**

# ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

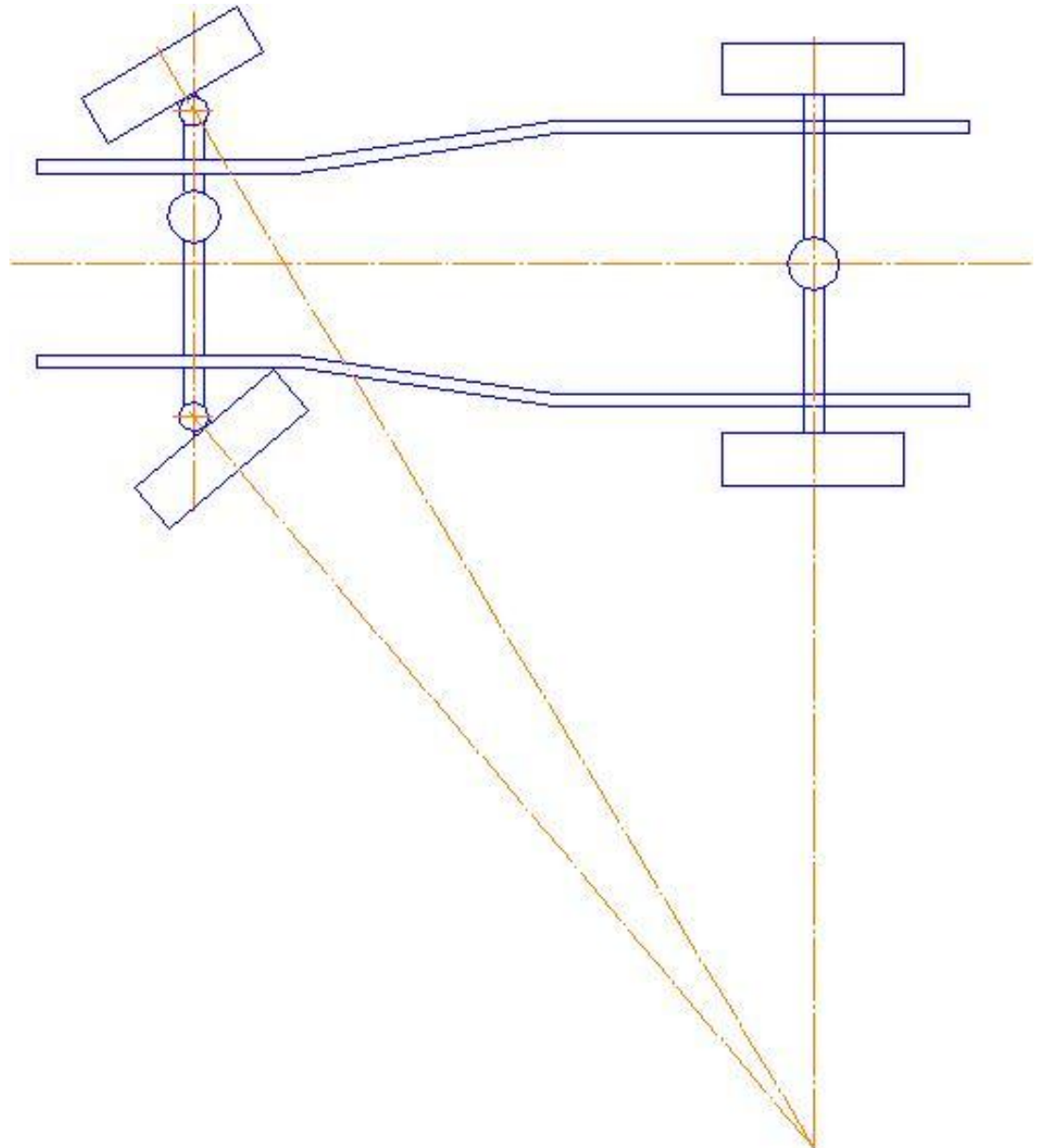
Управление автомобилем является главной производственной функцией водителя. Основным назначением автотранспортных средств является перемещение грузов или пассажиров, поэтому **под управлением следует понимать целенаправленную организацию процесса движения.**

В предыдущих главах были рассмотрены эксплуатационные свойства автомобилей для случая прямолинейного движения. В действительности траектория движения любого автомобиля всегда криволинейная, с непрерывно изменяющейся кривизной. Волновой характер траектории движения обусловлен не только наличием криволинейных участков дороги, но и действием на автотранспортное средство внешних возмущений и воздействием водителя на органы управления с целью корректировки характера движения, в частности направления движения.

При движении на прямолинейных участках пределы изменения радиуса кривизны траектории невелики, поэтому такое движение рассматривают условно как прямолинейное. Такая условность позволяет

# КИНЕМАТИКА ПОВОРОТА АВТОМОБИЛЯ НА АБСОЛЮТНО ЖЕСТКИХ КОЛЕСАХ

Рулевое управление автомобиля должно обеспечивать такую кинематику поворота, при которой продолжения осей всех колес пересекаются в одной точке, называемой центром поворота:



# СИЛОВОЙ УВОД ШИНЫ

В обычном понимании шина едет прямо, однако, т.к. она не твердая а эластичная, то деформируется под действием сил. Форма беговой дорожки изгибается и в реальности шина начинает ехать не туда куда направляется, а отклоняется от этого направления на некий угол  $\delta$ .

## **Боковые силы, которые действуют на шину:**

1. Центробежная сила в повороте действует на автомобиль и он в свою очередь на шину. Чтобы вызвать силовой увод, достаточно едва заметно вильнуть рулем.
2. Тила тяжести (тоже действует на машину) а при наличии уклона дороги в бок вызывает силовой увод шины. Любая дорога должна иметь уклон в сторону обочины. Это закладывается в проект для того чтобы с её поверхности стекала вода. Так же плохие дороги имеют множество неровностей в т.ч. таких которые вызывают силовой увод шины.

# НА СОПРОТИВЛЕНИЕ СИЛОВОМУ УВОДУ ШИНЫ ВЛИЯЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ФАКТОРЫ:

1. Конструкция шины (например радиальная жестче диагональной, но и шины одного типа разной конструкции могут иметь разное сопротивление силовому уводу).
2. Давление в шине. Чем больше давление, тем меньше силовой увод.
3. Наличие тяги на колесе. Если ось ведущая, то сопротивление силовому уводу меньше. Чем больше тяга на оси, тем слабее шина может сопротивляться силовому уводу.
4. Соотношение ширины и высоты профиля. Чем меньше в процентном отношении высота профиля, тем больше сопротивление силовому уводу. По этому если стоит вопрос поставить 15" диски или 16" диски при одинаковом внешнем диаметре колеса, лучше выбрать 16-е даже учитывая что они несколько дороже.

5. Соотношение ширины профиля шины и ширины диска. Чем шире диск, тем лучше шина сопротивляется силовому уводу. Рационально ставить диски, которые на 20% уже профиля колеса. Например если шина имеет ширину профиля 12.5 дюймов или 315мм, то для неё стоит использовать диски шириной 10J. Среди джиперов принято ставить более узкие диски чтобы уменьшить вероятность разбортировки при срабатывании давления для движения по слабым грунтам. Да, всё правильно но принимая такое решение стоит осознавать и отрицательные стороны (чтобы не гадать потом почему машина «рыскает» по дороге на скорости выше 90 км/час).
6. Масса, приходящаяся на колесо. Чем больше масса, тем хуже шина сопротивляется силовому уводу.
7. Наклон колеса по отношению к плоскости дороги. Сопротивление силовому уводу хуже если колесо наклонено в сторону боковой силы и наоборот.
8. Угловая жесткость подвески (та самая которая препятствует крену). Чем она больше, тем больше силовой увод шин.

# КИНЕМАТИЧЕСКИЙ УВОД КОЛЕСА

Крен кузова может вызвать наклон колеса по отношению к плоскости дороги.

1. Зависимая подвеска почти не вызывает при крене кузова дополнительный наклон помимо заранее установленной величины развала колес (кроме очень незначительного наклона в результате деформации шин от переноса масс).
2. Независимая подвеска на двойных поперечных рычагах (ВАЗ-классика, Нива, Митсубуиси Паджеро, Тойота Сурф/Хайлюкс/4Раннер и т.д.) колесо кренится в сторону крена кузова и вызывает дополнительный увод колеса, который на передней оси полезен (но об этом позже).
3. Независимая подвеска на одном поперечном рычаге (НАМИ-1, на современных автомобилях такая не применяется, лишь её разновидность «на косых рычагах» например на БМВ задняя подвеска) вызывает наклон колеса в сторону, противоположную крену кузова. Такой наклон уменьшает увод, это благоприятно для задней оси.
4. Макферсон. Как правило вызывает меньший увод чем подвеска п.2. Так же применима для передней оси автомобиля.

# ВЛИЯНИЕ ТИПА ПРИВОДА НА УПРАВЛЯЕМОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

## Передний привод

Склонен к недостаточной поворачиваемости. Т.к. наличие тяги на оси снижает сопротивление силовому уводу шины, то наличие тяги на передней оси увеличивает силовой увод а её отсутствие на задней оси уменьшает силовой увод задней оси получаем автомобиль склонный к недостаточной поворачиваемости, что в общем благоприятно для автомобиля. Если недостаточная поворачиваемость избыточна, её легко уменьшить кинематикой направляющего устройства задней подвески (легче чем наоборот)

## Полный привод

Если не брать во внимание кинематику подвески и соотношение угловых жесткостей, то автомобиль с полным приводом имеет поворачиваемость близкую к нейтральной т.к. тяга у него (как правило пежосевой дифференциал либо симметричный либо близок к симметричному) распределяется по осям равномерно. Полный привод заметно снижает требования к подвеске автомобиля. Это то, почему постоянный дифференциальный полный привод нужен не только на нестабильных грунтах, но и на сухом асфальте.

## Задний привод

Склонен к избыточной поворачиваемости. Это самая сложная задача для конструктора подвесок. Приходится прибегать к целому ряду мер для снижения склонности автомобиля к избыточной поворачиваемости и идти на ряд компромисов.









Процесс поворота состоит из входа в поворот, движения с постоянным радиусом (этот этап может отсутствовать) и выхода из поворота. При входе в поворот и выходе из него кривизна траектории центра масс автомобиля меняется по закону, близкому к линейному, что соответствует приблизительно равномерному повороту рулевого колеса. Относительная длина криволинейных участков на дорогах различных категорий приведена в табл.

Движение по грунтовым дорогам характеризуется почти непрерывным воздействием водителя на рулевое колесо. Время условного прямолинейного движения со средним радиусом кривизны в пределах 300...400 м в этом случае составит всего 30...35% общего времени движения.

Анализ особенностей криволинейного движения автомобиля в различных условиях позволяет выделить два режима поворотов: с малыми радиусами и невысокими скоростями — характеризует в основном маневренность и с большими радиусами, высокими скоростями — характеризует устойчивость и управляемость.

## Относительная длина криволинейных участков, %

Категория дороги	<i>R</i> , м				Всего
	1000...600	600...300	300...100	менее 100	
<b>I</b>	<b>1,85</b>	<b>0,05</b>	-	-	<b>1,9</b>
<b>II</b>	<b>3,80</b>	<b>1,2</b>	<b>0,235</b>	-	<b>5,235</b>
<b>III</b>	<b>6,6</b>	<b>2,2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,1</b>	<b>9,7</b>
<b>IV</b>	<b>8,3</b>	<b>3,21</b>	<b>1,4</b>	<b>0,4</b>	<b>13,310</b>

Движение автомобиля как механической системы может определяться траекторией какой-либо ее точки (направляющая точка), углом поворота некоторой прямой, связанной с системой, относительно выбранной системы координат и перемещениями отдельных элементов системы относительно направляющей точки. В практике вождения в качестве направляющих принимают различные точки, наиболее удобные для наблюдения за процессом движения.

При теоретическом изучении управляемости одиночного автомобиля в качестве направляющей точки удобно выбирать центр его масс, а для автопоезда — центры масс его звеньев. Зная ускорения центров масс, можно непосредственно определять силы инерции, действующие на систему.

В качестве прямой для автомобиля или каждого из звеньев автопоезда принимают его продольную ось, положение которой определяют **курсовым углом  $\gamma$**  между ее проекцией на плоскость дороги и неподвижной прямой, принадлежащей этой плоскости.

Перемещение центра масс может быть разложено на составляющие  $x$ , направленную по продольной оси, и  $y$ , перпендикулярную ей. Законы изменения перемещений, скоростей и ускорений по направлению продольной оси определяют тягово-скоростные и тормозные свойства.

Поэтому при изучении управляемости ограничиваются рассмотрением законов изменения курсового угла  $\gamma$ , а также бокового смещения  $У$  и их производных по времени. Скорость и ускорение в направлении продольной оси считают известными.

При изучении управляемости в первом приближении можно пренебрегать перемещениями отдельных масс автомобиля или каждого из звеньев автопоезда относительно их центров масс за исключением поворотов управляемых колес или мостов. При более детальном рассмотрении следует учитывать еще повороты кузова в поперечной и продольной плоскостях. При изучении управляемости автопоезда принимают во внимание повороты его звеньев относительно автомобиля-тягача.

В системе автомобиль – водитель автомобиль является **объектом управления**, а водитель – **оператором**. Являясь источником информации о задачах управления и анализируя дорожную обстановку и результаты управления, водитель,

У подавляющего большинства автомобилей изменение курсовых и боковых параметров движения осуществляется в результате поворота рулевого колеса – управляющего воздействия. Возникающие в результате управляющего воздействия изменения курсовых и боковых параметров являются *кинематической реакцией автомобиля* на управляющее воздействие.

Для поворота рулевого колеса водитель должен создать некоторый момент, значение которого зависит от изменений параметров движения. Сопротивления повороту рулевого колеса при этом будем называть *силовой реакцией автомобиля* на управляющее воздействие.

Как кинематические, так и силовые реакции функционально связаны с управляющими воздействиями, причем зависимости определяются свойствами автомобиля как управляемого объекта. Для различных автомобилей одни и те же управляющие воздействия, осуществляемые в одних и тех же условиях движения, вызывают неодинаковые кинематические и силовые реакции: поворот рулевого колеса на один и тот же угол вызовет поворот, характеризуемый разной угловой скоростью изменения курсового угла, неодинаковыми боковой скоростью и ускорением; неодинаковы также усилия, необходимые для поворота рулевого колеса.

Характер функциональной зависимости между управляющими воздействиями и реакциями на них может служить оценкой свойств автомобиля как управляемого объекта



## Оценочные показатели и методика их экспериментального определения

Оценочными показателями устойчивости управления являются: 1) устойчивость управления траектории, балл; 2) устойчивость курсового управления, балл; 3) устойчивость управления траекторией при торможении, балл; 4) устойчивость курсового управления при торможении, балл, 5) предельная скорость выполнения маневра  $V_{np}$ , км/ч; 6) скорость начала снижения устойчивости управления траекторией  $V_{tr}$ , км/ч, 7) скорость начала снижения устойчивости курсового управления  $V_{курс}$ , км/ч.

Показатели 1...4 определяют в эксплуатационных (штатных) режимах движения со скоростями  $V_{max}$  на специальных дорогах и скоростями, разрешенными правилами дорожного движения, на дорогах категории 1. При оценке показателей 3 и 4 торможение происходит от  $V_0$  до  $V=0,5V_0$  с замедлением  $j_3=0,5g$ . Оценку дают в баллах по субъективным ощущениям испытателя (органолептическим методом) по шкале, приведенной ниже.

### ***Удовлетворительные оценки:***

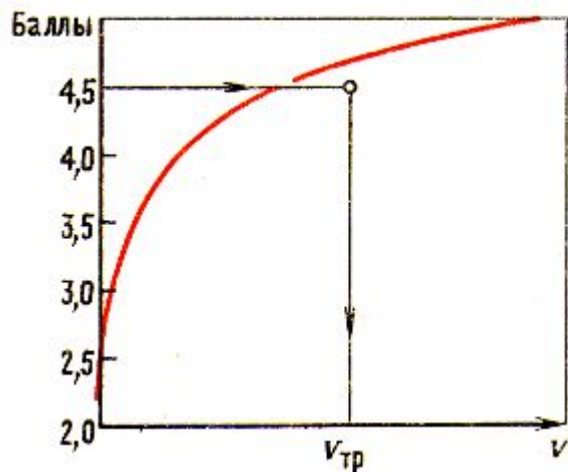
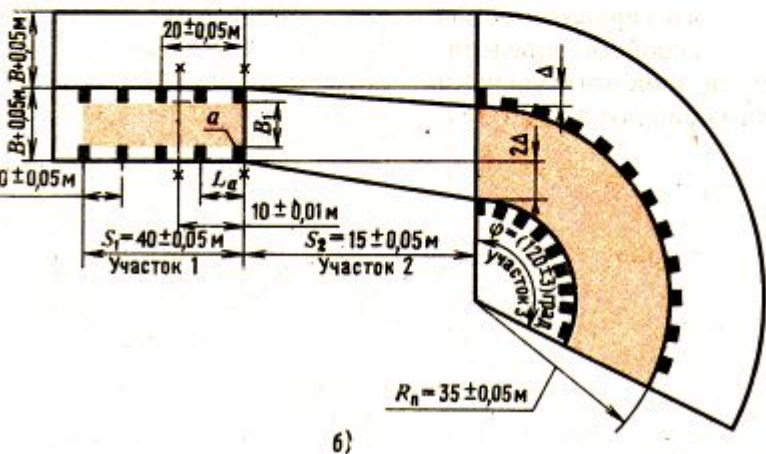
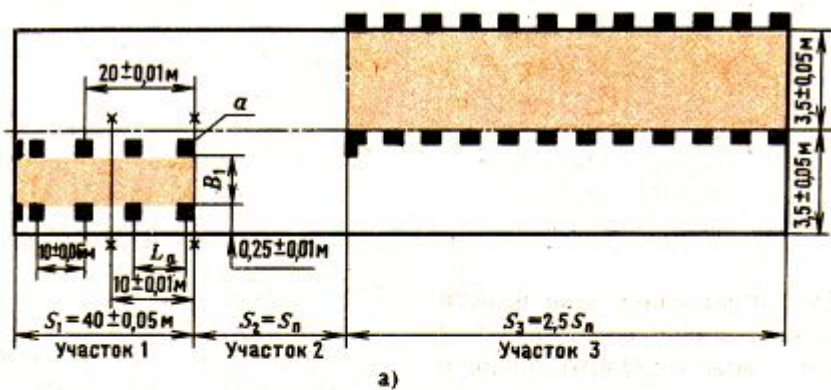
отлично, улучшать не требуется .....	5
не ясно, хорошо или отлично .....	4,5
хорошо, желательно улучшить .....	4
не ясно, посредственно или хорошо .....	3,5
посредственно, необходимо улучшить при модернизации .....	3
не ясно, удовлетворительная или нет .....	2,5

### ***Неудовлетворительные оценки:***

плохо, но бывает и хуже .....	2
не ясно, бывает ли хуже .....	1,5
хуже быть не может . .....	1

На основании протоколов испытаний, проводимых на различных дорогах автополигона и в обычных условиях, определяют комплексные оценки устойчивости управления, которые должны быть не ниже заданных нормативных значений.

<b>Категория автотранспортного средства</b>	<i>M</i> <i>1</i>	<i>M</i> <i>2</i>	<i>M</i> <i>3</i>	<i>N1</i>	<i>N2</i>	<i>N3</i>	$N_{2(3)}^+$ $O_{3(4)}$
<i>Устойчивость управления траекторией</i>	4,5	4	4	4	4	3,5	3,5
<i>Устойчивость курсового управления</i>	4,5	4,5	4,5	4	4	4	3,5
<i>Устойчивость управления траекторией при торможении</i>	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5
<i>Устойчивость курсового управления при торможении</i>	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5



Разметка участка испытания для выполнения маневров:

*a* — «переставка»; *б* «поворот»

Показатели 5...7 определяют при испытаниях на критических (нештатных) режимах движения, которые заключаются в выполнении заданных разметкой маневров «переставка» (рис. а), «поворот», «торможение на повороте» (рис б) с постепенно увеличивающейся скоростью.

По субъективным оценкам контролера, находящегося вне объекта испытаний, и водителя-испытателя выставляется комплексная оценка устойчивости управления в баллах при различных скоростях движения и строится график. Точка кривой, соответствующая ординате 4,5, определяет  $V_{тр}$  и  $V_{курс}$ .

Кроме этого, имеется целый ряд показателей и характеристик, из которого для оценки управляемости могут быть выделены следующие: 1) характеристика статической траекторной управляемости; 2) характеристика «рывок руля»; 3) характеристика выхода из поворота; 4) характеристика легкости рулевого управления; 5) предельная скорость входа в заданный поворот; 6) предельная скорость входа в заданную переставку; 7) средняя угловая скорость поворота рулевого колеса на прямолинейном участке дороги.

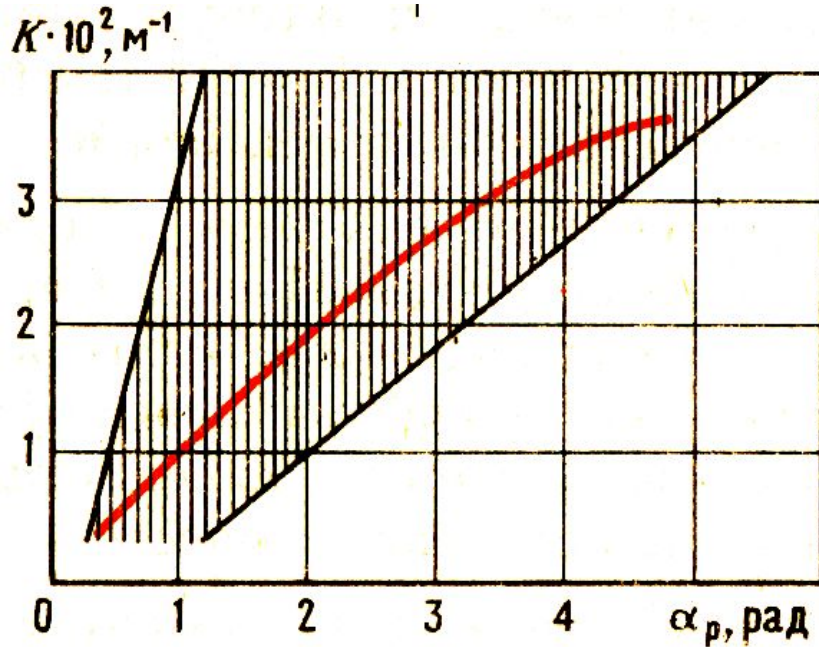
Статическую траекторную управляемость оценивают при  $j=4 \text{ м/с}^2=\text{const}$  зависимостью  $K=\omega/V=f(\alpha_p)$ , где  $\alpha_p$  — угол поворота рулевого колеса.

Графическое выражение зависимости не должно выходить из заштрихованной области, а угол наклона касательной к кривой зависимости в любой точке не должен превышать углы наклона прямых, ограничивающих эту область. Зависимость позволяет оценить реакцию автомобиля на поворот рулевого колеса.

Правая граница области допустимых значений соответствует рекомендациям эргономики по возможности быстрого поворота или объезда препятствия со скоростью не менее 65 км/ч без перехвата рулевого колеса, левая граница установлена исходя из максимально-допустимой чувствительности автомобиля к рулевому управлению.

Если чувствительность автомобиля превысит некоторый предел, то возможно появление «рыскания» при прямолинейном движении.

Статическая траекторная управляемость снимается при различных значениях  $\alpha_p=\text{const}$  и  $V=\text{const}$ , определяемых категорией автомобиля при постоянном положении педали подачи топлива.



Характеристика статической траекторной управляемости

# Контрольные вопросы

1. Какие основные понятия и определения используют при изучении раздела Управляемость?
2. Что такое управляемость автомобиля?
3. Какой угол называется курсовым?
4. Что считают кинематической, а что силовой реакцией автомобиля на управляющее воздействие?
5. Оценочные показатели управляемости и методика их экспериментального определения?

A close-up photograph of a car engine, showing various components like hoses, wires, and metal parts. The image is slightly blurred, focusing on the central area where the text is overlaid. The text is in a bold, red, sans-serif font. The background is dark, with some metallic and plastic surfaces visible.

**Тема 6**  
**УПРАВЛЯЕМОСТЬ**