РАЗДЕЛ IV: Принципы, Математика и вычисления

Радел IV содержит две главы:
Глава 13: Научные принципы, основы механики и конструкционные материалы
Глава 14: Математика, диаграммы и расчеты

Материалы этих глав перекликаются с содержанием общетехнических дисциплин, изучаемых в автомобильном колледже. Однако учебник предназначен как для студентов автомобильных колледжей, так и для самостоятельного изучения персоналом авторемонтных мастерских с целью принятия участия в добровольной профессиональной сертификации квалификаций в Технической области «*AS = Automobile Service Technology* = Технологии автомобильного сервиса», без которой невозможно получить сертификат «Мастера автосервиса».

Научные принципы, основы механики и конструкционные материалы

Изучение материалов Главы 13 позволяет подготовиться к Студенческим сертификационным испытаниям в Технической области «*AS = Automobile Service Technology* = Технологии автомобильного сервиса», в частности, научиться формировать научный подход в определении сил и моментов сил, действующих на детали, использовать знания газовых законов и законов механики, применительно к сервису автомобилей. Использовать на практике знания особенности эксплуатационных и конструкционных материалов.

По завершении изучения и повторения материала Главы 13 читатель должны быть готовым:

- Описывать Законы Ньютона, относящиеся к движущим телам.
- Объяснить значение кинетической энергии, и обосновывать важность учета кинетической энергии для конструкции тормозной системы.
- Обсуждать достоинства механических систем и их использования в автомобиле.
- Описать взаимосвязь крутящего момента и мощности.
- Рассказать о звуке и акустическом эффекте, используемом в конструкции автомобиля.
- Рассказать о свойствах щелочей и кислот
- Объяснять значение водородного показателя
- Определять значение основных газовых законов
- Дать определения теплоте и температуры, и объяснить основное различие между теплотой и температурой.
- Описать методы, используемые для идентификации пластмасс, чугуна, стали и алюминия.

НАУЧНЫЙ ПОДХОД

Научный подход предусматривает совершения ряда последовательных шагов для решения возникшей проблемы. Эти шаги позволят устранить неисправности с минимальными рисками повреждения систем и механизмов, и добиться лучшего результата при минимизации материальных и временных затрат. Научный подход – основа автомобильной диагностики.

Научный подход предусматривает последовательное выполнение следующих шагов:

ШАГ 1
Смоделируйте условия возникновения проблемы, и подробно опишите наблюдаемую проблему.

ШАГ 2
Сформулируйте предположение, которое может быть причиной возникновения проблемы.

ШАГ 3
Используя сформулированное предположение (гипотезу), создайте ситуацию, при которой можно убедиться, что гипотеза соответствует существующей проблеме. Если нет, то вернитесь к шагу 2, чтобы найти новое объяснение возникновения проблемы.

ШАГ 4
После подтверждения соответствия сформулированной гипотезы существующей проблеме, проведите дополнительные испытания, чтобы убедиться в том, что найденный метод работает на всех режимах и при любых обстоятельствах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАУЧНОГО ПОДХОДА

Прежде чем технический специалист приступит к практическому проведению поиска неисправности, очень важно использовать научный подход к решению проблемы. Это означает, что каждая проблема требует глубокого осмысления для выяснения причин, вызывающих её возникновение. Ни в коем случае нельзя пытаться устранять проблему, не поняв причину её

возникновения.
Первопричина – и есть истинная причина возникновения проблемы, хотя её часто можно и не заметить

Большинство технических специалистов, обнаружив проблему, задают себе вопрос: «Почему возникла проблема?». Часто это приводит к рождению следующего предположения о причинах возникновения проблемы, и в этом случае специалист задаёт себе очередное «Почему?». Этот научный подход к выявлению первопричины существующей проблемы часто называют «Методом Пяти почему».
Как правило, к тому времени, когда техник задает себе в пятый раз вопрос «Почему?», первопричина проблемы становится очевидной.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПЯТИ ПОЧЕМУ

В качестве примера предполагается рассмотреть метод «Пяти почему» на примере, когда клиент обращается в мастерскую с жалобой, что автомобиль невозможно запустить, поскольку аккумуляторная батарея «мертва».
Для проведения исследования с применением научного подхода следует задать вопрос первого «Почему?».

Первое «Почему?» - что заставило аккумулятор быстро разредиться?
Для ответа на этот вопрос потребуется доверительная беседа с заказчиком, поскольку существует две гипотезы: первая – батарея дефектна; вторая – клиент попросту забыл выключить свет.
В первом случае потребуется тщательный осмотр и комплексное испытание аккумуляторной батареи. Во втором случае потребуется наблюдательность при осмотре выключателей электроприборов автомобиля.

Второе «Почему?» - предполагает, что аккумулятор находится в удовлетворительном состоянии, но разряжен.
Теперь технику предстоит сформулировать это второе «Почему?»: «Почему аккумулятор оказался разряженным?»
Ответ на второе «Почему?» потребует проведения испытания аккумулятора на утечку тока при выключенном зажигании, а также проверку дееспособности системы зарядки.
Предположим, что испытание на утечку тока при выключенном зажигании показала допустимую величину утечки, но система зарядки не работает должным образом.

Третье «Почему?» - предполагает, что система зарядки не работает должным образом.
Визуальный осмотр показал, что приводной ремень генератора не был должным образом натянут, что не позволяло эффективно эксплуатировать генератор.
Техник должен задать себе следующий вопрос: «Почему вдруг ослабло натяжение приводного ремня генератора?».

Четвертое «Почему?» - «Почему произошло ослабление натяжки приводного ремня генератора?»
Причиной может стать неисправность натяжителя. Но проверка выявила, что натяжитель исправен, следует задать очередное «Почему?»

Пятое «Почему?» - Если приводной ремень и натяжитель приводного ремня исправны, то следует провести дополнительные испытания, чтобы выявить первопричину неисправности.

Например, «Один из болтов крепления натяжителя оказался незатянутым, возможно от предыдущего ремонта». Это и может стать первопричиной неисправности.

РЕМАРКА:

Пять «Почему?» (five whys)

Основа научного подхода компании Toyota заключается в том, чтобы при обнаружении проблемы пять раз задать вопрос «Почему?» (why), что обозначается как 5W. Если пять раз получить ответы на вопрос «Почему?», то причина проблемы и метод ее решения станут очевидны. Решение (или «Как?» — how-to) обозначается как 1H. Таким образом, пять «Почему?» равны одному «Как?» (5W = 1H).

Первопричина *(real cause)*
Под «причиной» проблемы скрывается ее первопричина (глубинная причина). В каждом случае мы должны докопаться до настоящей причины, пять раз задавая себе вопрос: «Почему?». В противном случае нельзя принять контрмеры и по-настоящему решить проблему.

Если мы 5 раз спросим себя «Почему?», и каждый раз будем давать ответ на этот вопрос, то сможем понять реальную причину проблемы, которая нередко скрыта за более заметными симптомами.

- *На полу заводского цеха лужа масла. Почему?*
- *Масло вытекает из машины. Почему?*

- *Повреждена прокладка. Почему?*
- *Потому что мы купили прокладки из дешевого материала. Почему?*
- *Потому что нам назначили за них лучшую цену. Почему? Потому что работа агентов по закупкам вознаграждается и оценивается исходя из краткосрочной экономии, а не долгосрочных результатов.*

Итак, в чем же действительно заключается проблема и, соответственно, каким условиям должно соответствовать решение? В луже масла на полу, которую можно с легкостью вытереть менее чем за две минуты и никто из руководства этого не заметит? Или это система вознаграждения агентов по закупкам, которая приводит к покупке несовершенного оборудования и, следовательно, должна быть изменена? То, что масло будет вытерто с пола, решит поверхностные вопросы, но не предотвратит повторного возникновения проблемы, в то время как новые правила закупок это сделают.

Решение даже всех промежуточных проблем, без внимания к первопричине, рано или поздно приведет к повторным сбоям.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП

Энергия – это способность или возможность совершения работы. Существует много видов энергии, но химическая, механическая и электрическая энергия – наиболее знакомые автомобильному технику виды энергии.

Смотри рисунок 13-1.

Энергия, которой обладает движущийся объект, называется кинетической энергией. Примером кинетической энергии служит движущийся автомобиль.

Потенциальной энергией обладают тела, находящиеся в покое. Потенциальной энергией обладает тело, поднятое над уровнем земли, например, автомобиль, стоящий на вершине холма. Упругая деформация пружины – пример наделения тела кинетической энергией. Автомобильное топливо и запасенная в аккумуляторной батарее электрическая энергия, по сути – является химической энергией. Однако, с некоторым допущением, эту энергию часть считают потенциальной энергией (электрический ток в проводнике возникает за счет разности потенциалов на противоположных концах проводника). Потенциальная энергия является «запасённой энергией», но если автомобилю дать возможность скатиться с вершины холма, то запасенная потенциальная энергия превратится в кинетическую энергию движущегося тела.

Если к аккумуляторной батарее присоединить электрическую лампу, то химическая энергия внутри аккумулятора превратится в электрическую энергию, которая потечет по проводам к лампе, где произойдет преобразование электрической энергии в тепловую и лучистую энергию.

Рисунок 13-1: Энергия – способность выполнять работу – может существовать во множестве форм; источник: *Pearson Education, Inc*

РЕМАРКА:

Лучистая энергия выделяется нагретым телом в виде электромагнитных волн различной длины. При температурах до 500°C нагретое тело испускает лучи, не воспринимаемые человеческим глазом (инфракрасное излучение). При большем нагреве электромагнитные волны, испускаемые нагретым телом, переходят в видимый диапазон. Это позволяет использовать изменение яркости светящегося тела за счет изменения его температуры.

Примером передачи лучистой энергии является энергия солнечного света.

КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ

Крутящий момент – это термин, используемый для описания силы, способной произвести вращательное движение, или производящее это движение.

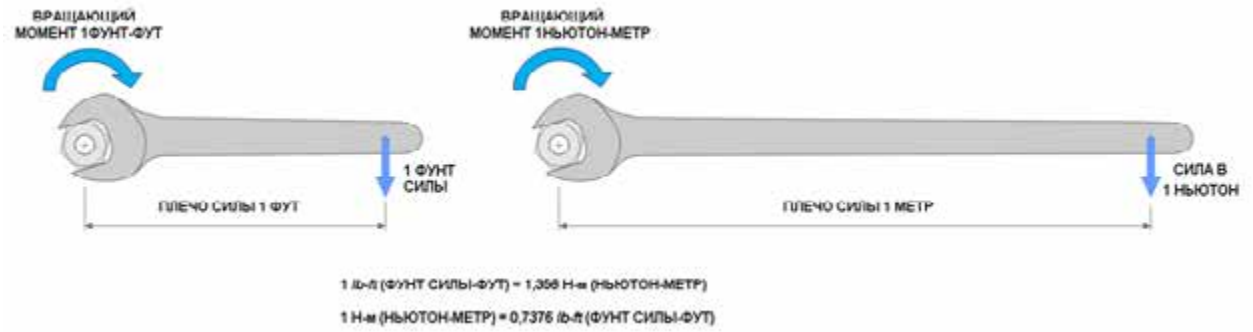

Рисунок 13-2: Момент силы (вращающий момент) определяется произведением силы на плечо действия этой силы.

РЕМАРКА:

Момент силы, или как его чаще называют, вращающий момент, или крутящий момент, является произведением прилагаемой к рычагу силе на длину этого рычага.
В автомобильной индустрии стойко прижился термин «крутящий момент», которым мы и будем оперировать.
Понятия «вращающий» и «крутящий» моменты в общем случае не тождественны, так как в технике понятие «вращающий» момент рассматривается как внешнее усилие, прикладываемое к объекту, а «крутящий» — внутреннее усилие, возникающее в объекте под действием приложенных нагрузок (этим понятием оперируют в сопротивлении материалов).

Крутящий момент определяется количеством силы, помноженной на длину рычага, к которому прилагается эта сила. Если к рукоятке 1-метрового рычага приложить силу, равную 1 ньютону, то мы получим вращающий момент величиной 1 ньютон-метр (Н-м).

РЕМАРКА:

В англо-американской традиционной системе мер приведенный выше пример будет звучать так:
Если к концу рычага, длина которого составляет 1 фут (0,3048 метра), приложить силу, равную 1 фунту (4.448222 ньютона), то мы получим вращающий момент, равный 1 фут-фунт (1,35576 ньютон-метр).
В англо-американской традиционной системе мер фут обозначается, как ft (от английского слова foot);
Фунт-силы обозначается, как lbf (от латинского слова libra — весы; f – force = сила);
Момент силы (вращающий момент) обозначается, как lbf-ft.
В метрической системе мер метр обозначается, как м;
Ньютон силы обозначается, как Н;
Момент силы (вращающий момент) обозначается, как Н-м.

Смотри рисунок 13-2.

В метрической системе мер вращающий момент выражается в ньютон-метрах (сила выражена в ньютонах, а расстояние в метрах). В англо-американской традиционной системе весов и мер вращающий момент выражается в фунтах силы-футах (сила выражена в фунтах, а расстояние в футах).

1 *lbf-ft* (*pound-foot* = фунт силы-фут) = 1,3558 Н-м (ньютон-метр)
1 Н-м (ньютон-метр = 0.7376 *lbf-ft* (*pound-foot* = фунт силы-фут).

РАБОТА

Работа определяется, как фактическое перемещение, когда сила (или вращающий момент) прилагается к объекту. Техник может прилагать к рукоятке гаечного ключа силу, пытаясь ослабить затяжку болта, но работа произойдет только тогда, когда болт начнет вращаться.
Работа вычисляется путем перемножения силы, прилагаемой к объекту, на расстояние, которое преодолел объект под воздействием прилагаемой силы. Если к материальному телу приложить силу, величиной 10 ньютон, в результате чего тело переместится на 10 метров, то совершённая работа будет равна 100 джоулям.

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \times 1 \text{ м}$$

Если к материальному объекту приложить 10 фунтов силы, и под действием этой силы объект переместится на расстояние 10 футов (ступней), то можно сказать, что произведена работа объемом 100 *lbf-ft* (*foot pounds - feet*= футо-фунт).

$$1\ lbf\text{-}ft = 1 lbf \times 1 ft$$

Смотри рисунок 13-3.

РЕМАРКА:

Момент силы (вращающий момент) часто выражается в ft-lbf (футах на фунты силы)

Фунт-сила-метр (фут-сила·фут) — единица измерения момента силы в англо-американской традиционных системах мер. Она равна моменту силы, создаваемому силою в один фунт-силы, приложенной к рычагу на расстоянии один фут от оси вращения рычага и перпендикулярно продольной оси этого рычага по направлению предполагаемого вращения.

1 ft-lbs = 14,5939 Н-м

Фунт-сила-метр (англ. Lbf-meter) фут-сила·фут - это единица измерения момента силы в англо-американской традиционных системах мер. Она равна моменту силы, создаваемому силой один фунт-силу, приложенному к рычагу на расстоянии в один фут от оси вращения рычага и перпендикулярно ему.

Механическая работа выражается в lbf-ft

Фут-фунт силы (ft-lbf) foot-pound force — единица измерения работы и энергии в английской системе мер. Также носит название dynat. Определяется как работа, совершаемая силой 1 фунт-сила при перемещении точки приложения этой силы на расстояние 1 фут по её направлению. 1 Фунт-сила-фут равна 1,36 Джоуля в единицах СИ.

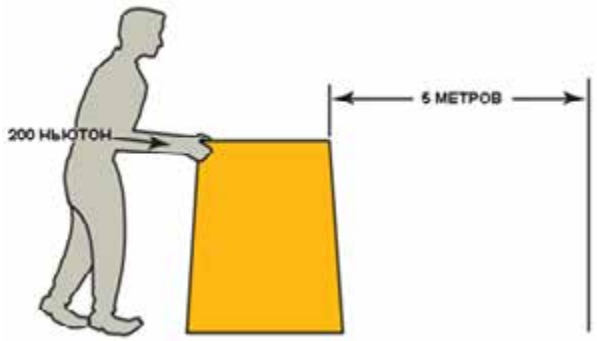

Рисунок 13-3: Механическая работа рассчитывается путем перемножения прилагаемой силы на преодоленное расстояние. Если Вы прилагаете усилие 200 ньютонов, и при этом груз переместится на 50 метров, Вы проделали работу в 1000 джоулей; источник: *Pearson Education, Inc*

Таблица 13-1: Перевод ньютон-метров (Н-м) в фунт сила-фут (*lbf-ft*) при условии, что 1 Н-м = 0,74 *lbf-ft*.

Н-м	*Lbf-ft*	Н-м	*Lbf-ft*	Н-м	*Lbf-ft*	Н-м	*Lbf-ft*
1	0,74	26	19,2	51	37,7	76	56,2
2	1,5	27	20,0	52	38,5	77	57,0
3	2,2	28	20,7	53	39,2	78	57,7
4	3,0	29	21,5	54	40,0	79	58,5
5	3,7	30	22,2	55	40,7	80	59,2
6	4,4	31	22,9	56	41,4	81	59,9
7	5,2	32	23,7	57	42,2	82	60,7
8	5,9	33	24,4	58	42,9	83	61,4
9	6,7	34	25,2	59	43,7	84	62,2
10	7,4	35	25,9	60	44,4	85	62,9
11	8,1	36	26,6	61	45,1	86	63,6
12	8,9	37	27,4	62	45,9	87	64,4
13	9,6	38	28,1	63	46,6	88	65,1
14	10,4	39	28,9	64	47,4	89	65,9
15	11,1	40	29,6	65	48,1	90	66,6
16	11,8	41	30,3	66	48,8	91	67,3
17	12,6	42	31,1	67	49,6	92	68,1
18	13,3	43	31,8	68	50.3	93	68,8
19	14,1	44	32,6	69	51,0	94	69,6
20	14,8	45	33,3	70	51,8	95	70,3
21	15,5	46	34,0	71	52,5	96	71,0
22	16,3	47	34,8	72	53,3	97	71,8
23	17,0	48	35,5	73	54,0	98	72,5
24	17,8	49	36,3	74	54,8	99	73,3
25	18,5	50	37,0	75	55,5	100	74,0

Таблица 13-2: Перевод футо-фунтов в ньютон-метры при условии, что 1 *lbf-ft* = 1 Н-м

Lbf-ft	Н-м	*Lbf-ft*	Н-м	*Lbf-ft*	Н-м	*Lbf-ft*	Н-м
1	1,4	26	36,4	51	71,4	76	106,4
2	2,8	27	37,8	52	72,8	77	107,8
3	4,2	28	39,2	53	74,2	78	109,2,
4	5,6	29	40,6	54	75,6	79	110,6
5	7,0	30	42,0	55	77,0	80	112,0
6	8,4	31	43,4	56	78,4	81	113,4
7	9,8	32	44,8	57	79,8	82	114,8
8	11,2	33	46,2	58	81,2	83	116,2
9	12,6	34	47,6	59	82,6	84	117,6
10	14,0	35	49.0	60	84,0	85	119,0
11	15,4	36	50.4	61	85,4	86	120,4
12	16,8	37	51,8	62	86,8	87	121,8
13	18,2	38	53,2	63	88,2	88	123,2
14	19,6	39	54,6	64	89,6	89	124,6
15	21,0	40	56,0	65	91,0	90	126,0
16	22,4	41	57,4	66	92,4	91	127,4
17	23,8	42	58,8	67	93,8	92	128,8
18	25,2	43	60,2	68	95,2	93	130,2
19	26,6	44	61,6	69	96,6	94	131,6
20	28,0	45	63,0	70	98,0	95	133,0
21	29,4	46	64,4	71	99,4	96	134,4
22	30,8	47	65,8	72	100,8	97	135,8
23	32,2	48	67,2	73	102,2	98	137,2
24	33,6	49	68,6	74	103,6	99	138,6
25	35,0	50	70,0	75	105,0	100	140,0

ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

В чем состоит разница между крутящим моментом и работой?

Схожее обозначение крутящего момента и работы часто сбивает с толку.
Крутящий момент выражается в ньютон-метрах, поскольку он представляет силу, действующую на некотором расстоянии от объекта, а это расстояние определяет длину рычага. Вместе с тем, работа выражается в джоулях, что является произведением силы, выраженной в ньютонах на расстояние, выраженное в метрах, и представляет собой перемещение объекта, вызванное прилагаемым к нему усилием. Крутящий момент, производимый двигателем, выражается в ньютон-метрах, как и вращающий момент, производимый техником при завинчивании резьбовых деталей. Однако, работа в метрической системе СИ выражается в джоулях

1 Дж = 1 Н × 1 м

Хуже дело обстоит в англо-американской традиционной системе мер, там и крутящий момент, и работа выражаются одними и теме же единицами фунт-фунтами (lbf-ft), и это вносит некоторую путаницу при чтении мануалов.

МОЩНОСТЬ

Термин **мощность** означает скорость выполнения работы. Мощность численно равна работе, поделенной на время её выполнения. Работа производится, когда материальный объект, обладающий массой, перемещается на определенное расстояние посредством прилагаемой к этому объекту силы.
Если объект перемещается в заданную точку за 10 секунд, или за 10 минут, разницы в количестве произведенной работы нет, но на эту работу потребуется различное количество механической энергии (мощности).

В метрической системе мер (СИ) мощность выражается в ваттах.

1 ватт = 1 джоуль/1 секунду.

В англо-американской традиционной системе весов и мер мощность выражается в футо-фунтах силы, поделенной на минуту

(1 футо-фунт силы)/1 минуту

1 футо-фунт в минуту = 0,02259696582 джоуль в секунду
Мощность – это количество работы, которая может быть сделана за определенный промежуток времени, или «скорость работы», или «скорость передачи энергии между системами».
Формула для расчёта мощности приведена ниже:

$$\text{Мощность} = \frac{\text{Работа}}{\text{Время}}$$

$$\text{Работа} = \text{Сила} \times \text{Расстояние}$$

$$\boxed{\text{Мощность} = \frac{\text{Сила} \times \text{Расстояние}}{\text{Время}}}$$

Рисунок 13-4: Мощность – это продукт произведения силы на расстояние за отчетный период времени.

Вышеприведенное уравнение может быть переписано с акцентированием внимания на такие понятия, как «Сила» и «Скорость».

$$\text{Мощность} = \frac{\text{Работа}}{\text{Время}}$$

$$\boxed{\text{Работа} = \text{Сила} \times \text{Расстояние}}$$

$$\boxed{\text{Скорость} = \frac{\text{Расстояние}}{\text{Время}}}$$

$$\text{Мощность} = \frac{\text{Сила} \times \text{Расстояние}}{\text{Время}}$$

$$\boxed{\text{Мощность} = \text{Сила} \times \text{Скорость}}$$

Рисунок 13-5: Используя определение скорости можно выразить мощность через силу и скорость.

ЛОШАДИНАЯ СИЛА

Термин «**лошадиные силы**» был введен Джеймсом Ваттом (Уаттом).
Талантливый инженер Джеймс Ватт (1736…1819) был хорошо известен в научных кругах того времени за свою работу, направленную на повышение эффективности парового двигателя. Мы часто упоминаем фамилию Ватта, когда говорим о лампочках, или усилителях звуковой аппаратуры.

История гласит, что Ватт работал на угольной шахте, используя лошадей в качестве тягловой силы для подъема угля, и задался целью сравнения возможностей лошадей к этой изнурительной работе.
Он высчитал, что одна лошадка может за минуту выполнить 22000 фут-фунт-силы работы за одну минуту (0,0082855×60 = 0,497133 кВт-ч). Ватт увеличил эту силу на 50% и получил 33000 фут-фунт-силы работы за одну минуту (0,7456995 кВт-ч), которую и привязал к потенциальной возможности одной лошадки к работе.
Одна лошадиная сила – это такая мощность, которая необходима для перемещения 550 фунтов на один фут за одну секунду, или 33000 фунтов на один фут за одну минуту (550 фунтов × 60 сек = 33000 фунтов).
Одна лошадиная сила – это мощность привода грузоподъемного механизма, способного поднять груз весом 91 килограмм на высоту 50 метров за 1 минуту. Смотри рисунок 13-6.

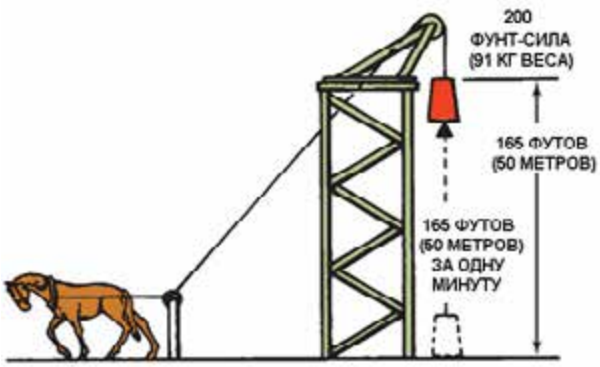

Рисунок 13-6: Джеймс Ватт высчитал, что мощность одной лошади составляет 33000 фунтов-силы-фута, то есть одна лошадиная сила равна 33 000 футо-фунтов (200 фунт силы × 165 футов) за одну минуту; источник: *Pearson Education, Inc*

Лошадиная сила может быть преобразована в другие единицы измерений.

Например:

- Одна лошадиная сила эквивалентна 746 ваттам. Поэтому, если Вы получили в распоряжение одну лошадиную силу в виде живой лошади, и отправили её на беговую дорожку ипподрома, она сможет непрерывно производить мощность, которая эквивалентна электрической энергии, вырабатываемой генератором, мощностью 746 ватт (0,746 киловатт).
- Если 1 лошадиная сила эквивалентна 0,746 киловаттам, то можно представить, что электрический нагреватель сможет выдать тепловую энергию 656,92 килокалорий за 1 час. Этой тепловой энергии хватит для того, чтобы нагреть 190 граммов воды за 1 минуту с 20°C до 100°C (от комнатной температуры до температуры кипения).

Мощность, производимая автомобильным двигателем, чаще всего выражается во внесистемных единицах, именуемых лошадиной силой. Фактическая мощность, производимая двигателем, измеряется с помощью динамометрического стенда.
Динамометрический стенд (по сути – тормозной стенд) позволяет подать дозированную нагрузку на выходной конец коленчатого вала, и, оценивая деформацию вала, соединяющего двигатель с тормозным стендом, определяет крутящий момент, создаваемый двигателем на различных скоростях вращения коленчатого вала двигателя. Задачей тормозного стенда является подбор нагрузки такой величины, которая не вызывает замедление скорости вращения коленчатого вала.

Крутящий момент, формируемый тормозным стендом, называется тормозящим моментом. Динамометром производится измерение максимального крутящего момента, который может формировать двигатель на определенных частотах вращения коленчатого вала двигателя.

Вы можете получить представление о том, как работает динамометр, рассмотрев следующий пример: представьте, что вы запускаете двигатель автомобиля, поставив КПП в нейтральное положение, и нажимаете педаль акселератора в пол. Ничем не сдерживаемый коленчатый вал двигатель будет раскручиваться с ускорением, и если не сработает электронная отсечка топливоподачи, двигатель попросту взорвется. Это не тот результат, которого мы ожидаем, поэтому к коленчатому валу двигателя подключают динамометр, который прилагает нагрузку, позволяя двигателю при положении педали газа в пол, достигать различных оборотов.

- Вы можете подключить динамометр, и, вжав педаль газа в пол, подать на коленчатый вал двигателя нагрузку, которая удержит двигатель, скажем, на 7000 оборотах в минуту. Запишите, при какой нагрузке двигатель способен удерживать эти обороты.
- Затем Вы приложите дополнительную нагрузку, и двигатель снизит обороты, например, до 6500 оборотов в минуту, и Вам вновь предстоит записать этот новый уровень нагрузки.
- Следующим шагом Вы добавите очередную порцию нагрузки, которая снизит обороты до 6000, и далее в том же духе.

- И так Вы должны добавлять нагрузку, чтобы обороты снижались с шагом в 500 оборотов в минуту, пока ни достигните уровня 1000 оборотов в минуту, а затем, постепенно снижая нагрузку, проделать тот же путь вверх, повышая обороты к исходным 7000 оборотам в минуту (мин$^{-1}$).

После завершения испытаний нагрузкой Вы должны будете пересчитать полученные результаты нагрузки в мощность, применив следующую формулу:

$$P_{вал} = \frac{M_{кр}[Н - м] \times n[мин]^{-1}}{9549}$$

Рисунок 13-7: По этой формуле можно высчитать мощность двигателя, выраженную в киловаттах, зная величину крутящего момента, и обороты двигателя, на которых сформирован этот крутящий момент

МОЩНОСТЬ НА ВАЛУ

На вращающемся валу усилие, формируемое крутящим моментом, выполняет работу. Скорость, с которой будет производиться работа, зависит от скорости вращения вала. Следовательно, количество энергии, которая вращает вал, продуцирует скорость вращения вала и крутящий момент на валу.
Используя произвольные единицы, выразим формулу мощности через скорость вращения вала:

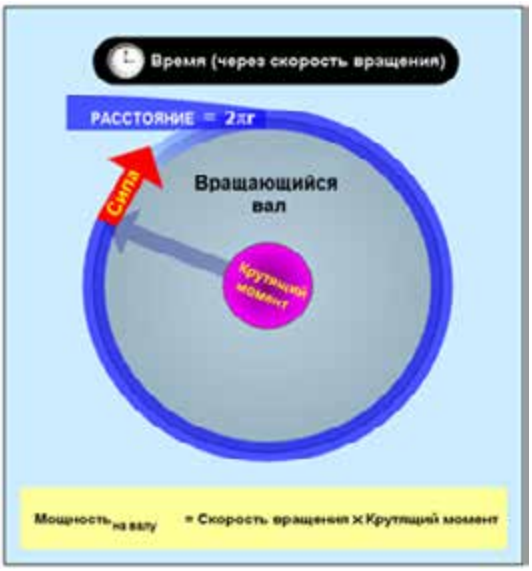

Рисунок 13-8: Мощность на валу, выраженная в произвольных единицах; источник: *craig.backfire*

ЕДИНИЦЫ МОЩНОСТИ НА ВАЛУ

При использовании фунты-силы-футы в качестве единиц крутящего момента, обороты в минуту (об/мин) для выражения скорости вращения, и лошадиные силы для выражения мощности, мощность на валу может быть выражена следующей формулой:

Джеймс Ватт вычислил эту величину

$$1\ лошадиная\ сила = \frac{(33000\ фунтов - силы - фут)}{минута}$$

Мощность на валу = Крутящий момент × Скорость вращения

$$P_{вал} = \frac{M_{кр}[фунт - сила - фут] \times n\left[{}^{об}/_{мин}\right]}{33000} \times \frac{2\pi\ радиан}{1\ оборот}$$

или,

$$P_{вал}[л.с.] = \frac{M_{кр}[lb - ft] \times n[мин^{-1}]}{5252}$$

Рисунок 13-9: Отображение мощности в лошадиных силах через крутящий момент в фунтах-силы-футах и скорость вращения в оборотах в минуту; источник: *craig.backfire*

Приведенная выше формула часто вызывает ошибочное представление, что мощность, выраженная в лошадиных силах, и крутящий момент, выраженный в фунтах-силы-футах, равны между собой при скорости вращения 5252 оборота в минуту.

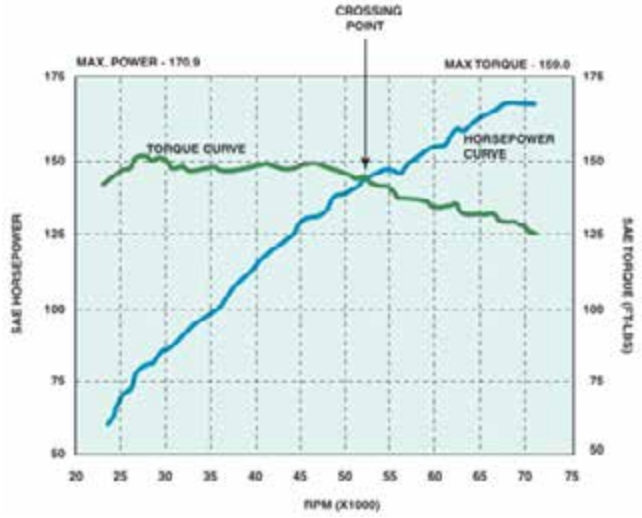

Рисунок 13-10: Если внешняя характеристика мощности отображена в лошадиных силах, а внешняя характеристика крутящего момента отображена в фунтах-силы-футах, то кривые этих параметров пересекаются в точке, соответствующей скорости вращения коленчатого вала, равной 5252 оборотам в минуту. Это – частный случай, и если мощность будет выражена в ваттах, а крутящий момент в ньютонах-метрах, то данная зависимость исчезает; источник: *Pearson Education, Inc*.

Это заблуждение вызвано тем, что графическая характеристика максимальной мощности двигателя, выраженная в лошадиных силах, и графическая характеристика крутящего момента на фланце коленчатого вала, выраженная в фунтах-силы-футах, пересекается в точке, соответствующей скорости вращения 5252 оборота в минуту.

Графики крутящего момента и мощности могут пересекаться как в точке, соответствующей оборотам ниже 5252, так и в точке, лежащей выше этих оборотов. Многие дизельные двигатели, а также двигатели, работающие на газообразном топливе, не способны достичь скорости вращения коленчатого вала 5252 оборотов в минуту.

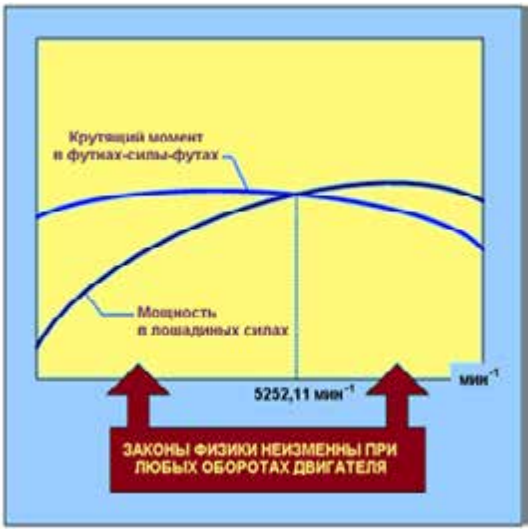

Рисунок 13-11: Скорость вращения 5252 мин$^{-1}$ не является существенным моментом в физическом смысле. Это просто скорость, при которой график крутящего момента в фунтах-силы-футах и мощность в лошадиных силах будет пересекаться, когда они нарисованы на одном листе бумаги в одном масштабе. Если будут использоваться иные единицы измерений, графики кривых перекочевали бы в другую область, но принцип графического отображения внешних характеристик двигателя останется неизменным; источник: *craig.backfire*

Ошибочность выведенной зависимости может быть доказана путем изменения единиц измерения.
В европейских странах и в большинстве азиатских стран мощность двигателя часто отображается в киловаттах, а крутящий момент – в ньютон-метрах.
В этом случае формула расчета мощности на валу приобретает следующий вид:

$$1[\text{Вт}] = \frac{1[\text{Н} - \text{м}]}{1[\text{с}]}$$

$$1[\text{кВт}] = 1[\text{Вт}] \times \frac{1[\text{кВт}]}{1000[\text{Вт}]} \times \frac{1[\text{мин}]}{60[\text{с}]} \times \frac{2\pi[\text{рад}]}{1[\text{оборот}]}$$

$$\boxed{P_{\text{вал}} = \frac{M_{\text{кр}}[\text{Н} - \text{м}] \times n[\text{мин}^{-1}]}{9549}}$$

Рисунок 13-12: Отображение мощности на валу через единицы Международной системы единиц измерений (СИ); источник: *craig.backfire*

Используя метрические единицы измерений, в формуле появляется иная константа 9549 вместо константы 5252, которая рождалась при использовании Американских и английских традиционных мер. Исходя из приведенного выше утверждения, графики мощности и крутящего момента должны будут пересечься в точке, соответствующей скорости вращения коленчатого вала 9549 оборотов в минуту. Однако практика исследований внешних характеристик различных двигателей показывает, что эта зависимость не выполняется.

ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

Исаак Ньютон (1643-1727) – английский физик и математик, который разработал множество теорий науки, в том числе три закона движения.

1. Первый закон Ньютона постулирует существование инерциальных систем отсчета. Поэтому он также известен как Закон инерции. Инерция — это свойство тела сохранять скорость своего движения неизменной (и по величине, и по направлению), когда на тело не действуют внешние силы. Чтобы изменить скорость движения тела, на него необходимо подействовать с некоторой силой. Естественно, результат действия одинаковых по величине сил на различные тела будет различным. Таким образом, говорят, что тела обладают разной инертностью. Инертность — это свойство тел сопротивляться изменению их скорости. Величина инертности характеризуется массой тела.

Первый закон Ньютона имеет историческую формулировку:
Всякое тело продолжает удерживаться в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

Современная трактовка Первого закона Ньютона звучит так:
Существуют такие системы отсчёта, называемые инерциальными, относительно которых материальные точки, когда на них не действуют никакие силы (или действуют силы взаимно уравновешенные), находятся в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Например: для остановки движущегося автомобиля потребуется большая сила, противодействующая силе инерции. Это значит, что противодействующая сила должна быть направлена в сторону, противоположную направлению силы инерции.

2. Второй закон Ньютона — дифференциальный закон движения, описывающий взаимосвязь между приложенной к материальной точке силой, и получающимся от этого ускорением этой точки. Фактически, второй закон Ньютона вводит массу, как меру проявления инертности материальной точки в выбранной инерциальной системе отсчёта. При этом, масса материальной точки предполагается величиной постоянной во времени, и независящей от каких-либо особенностей её движения и взаимодействия с другими телами.

Историческая формулировка второго закона Ньютона:
Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

<u>РЕМАРКА:</u>

Импульс (количество движения) – векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения тела. В классической механике импульс тела равен произведению массы m этого тела на его скорость v, направление импульса совпадает с направлением вектора скорости

Современная формулировка второго закона Ньютона звучит так:
В инерциальной системе отсчёта ускорение, которое получает материальная точка с постоянной массой, прямо пропорционально равнодействующей всех приложенных к ней сил и обратно пропорционально её массе.

3. Этот закон описывает, как взаимодействуют две материальные точки.

Историческая формулировка третьего закона Ньютона звучит так:
Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе — взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны.
Современная формулировка:
Материальные точки взаимодействуют друг с другом силами, имеющими одинаковую природу, направленными вдоль прямой, соединяющей эти точки, равными по модулю и противоположными по направлению:

Например, когда топливовоздушная смесь воспламеняется в камере сгорания двигателя, усилие, оказываемое на поршень, вынуждает его двигаться вниз, что приводит коленчатый вал двигателя во вращение. В то же время головка цилиндров испытывает силу давления горящих газов, однако этот компонент не предназначен для совершения движения, и усилие передаётся на крепежные детали, удерживающие головку цилиндров на блоке цилиндров двигателя.

КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Кинетическая энергия является фундаментальной формой механической энергии. Это энергия, которой обладают движущиеся объекты, имеющие массу.
Любой движущийся объект обладает кинетической энергией, и величина этой энергии определяется массой движущегося тела и его скоростью. Чем больше масса объекта, и чем быстрее он движется, тем большей кинетической энергии он обладает. Даже на низких скоростях, движущийся автомобиль обладает достаточной кинетической энергией, чтобы привести к серьезным травмам и повреждениям.
Основная задача тормозной системы заключается в том, чтобы в контролируемом режиме утилизировать высвобождающуюся при замедлении кинетическую энергию.
Конструкторы вычисляют кинетическую энергию по одной из нижеприведенных формул:
В метрической системе мер кинетическая энергия равна:

$$E_k = \frac{m \times V^2}{2};$$

Где:
m – масса движущегося объекта, выраженная в килограммах (кг)
V – скорость, выраженная в метрах в секунду (м/с)
E_k – кинетическая энергия, выраженная в джоулях (Дж).

В англо-американской традиционной системе весов и мер кинетическая энергия равна:

$$E_k = \frac{m \times V^2}{29{,}9}$$

Где:
m – масса или вес транспортного средства, выраженная в фунтах (*lb*)
v = скорость движения транспортного средства, выраженная в милях в час (*miles/h*)
E_k = Кинетическая энергия, выраженная в футо-фунтах силы (*ft-lbf*)

Иной способ выражения формулы нахождения кинетической энергии можно представить в следующе виде:
Для метрической системы мер:

$$\text{Кинетическая энергия} = \frac{\text{масса} \times \text{скорость}^2}{2}$$

Для англо-американской традиционной системы весов и мер:

$$\text{Кинетическая энергия} = \frac{\text{масса} \times \text{скорость}^2}{29{,}9}$$

Рассмотрим следующие примеры:
Пусть автомобиль массой 1450 кг движется со скоростью 10 метров в секунду (около 36 км/ч), и с той же скоростью пусть движется автомобиль, массой 2900 кг.
Смотри рисунок 13-13.

Произведем расчёты кинетической энергии по представленным выше формулам:

$$\frac{1450 \times 10^2}{2} = 72500 \text{ Дж}$$

$$\frac{2900 \times 10^2}{2} = 145000 \text{ Дж}$$

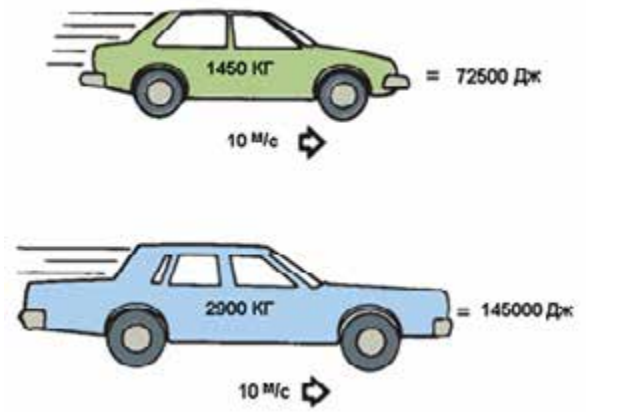

Рисунок 13-13: Кинетическая энергия возрастает пропорционально массе автомобиля; источник: *Pearson Education, Inc*

.
Результат расчёта показывает, если масса (вес) автомобиля увеличивается в два раза (с 1450 до 2900 кг), кинетическая энергия движущегося автомобиля также возрастает в два раза (с 72500 джоулей до 145000 джоулей).
В математической терминологии кинетическая энергия возрастает пропорционально увеличению веса. Другими словами, если вес движущегося объекта удваивается, его кинетическая энергия также увеличивается вдвое. Если вес увеличить в четыре раза, то и кинетическая энергия увеличится вчетверо.

Теперь предлагаем рассмотреть два примера, когда автомобиль массой 1450 кг будет двигаться со скоростью 10 м/с, и тот же самый автомобиль будет двигаться со скоростью 20 м/с.
Расчет производит по тем же формулам:

$$\frac{1450 \times 10^2}{2} = 72500 \text{ Дж}$$

$$\frac{1450 \times 20^2}{2} = 290000 \text{ Дж}$$

Пример приведен на рисунке 13-14.

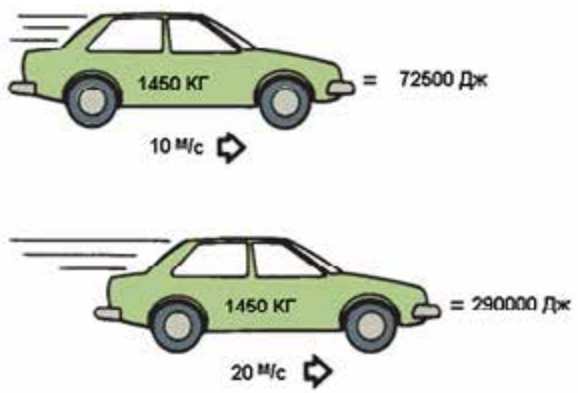

Рисунок 13-14: Кинетическая энергия возрастает в квадратичной зависимости от изменения скорости движения автомобиля; источник: *Pearson Education, Inc*

Результаты вычислений показывают, что автомобиль, движущийся со скоростью 10 метров в секунду, обладает кинетической энергией 72500 джоулей, в то время как тот же автомобиль, но двигающийся со скоростью 20 метров в секунду, обладает кинетической энергией 290000

По сути, автомобиль, вдвое увеличивший скорость увеличил в четыре раза свою кинетическую энергию. Если скорость автомобиля снова удвоить до 40 метров в секунду (около 144 км/ч), кинетическая энергия увеличится до 1160000 джоулей! В математической терминологии кинетическая энергия возрастает в квадратичной зависимости от скорости движения.

Другими словами, если скорость объекта увеличится вдвое (2), кинетическая энергия увеличится в четыре раза ($2^2 = 4$). Но если скорость увеличится вчетверо (4), со скорость 36 км/ч до скорости 144 км/ч, кинетическая энергия увеличится в 16 раз ($4^2 = 16$) и составит 1160000 джоулей (72500 × 16 = 1160000 Дж). По этой причине скорость движения имеет столь существенное влияние на величину кинетической энергии.

ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ:

Тормоза не способны отменить законы физики!

Остановка автомобиля – не простая, с технической точки зрения, задача. Энергия, выделяющаяся при торможении автомобиля или при его остановке, должна быть утилизирована тормозной системой автомобиля. Все водители должны иметь представление о том, каким путем утилизируется эта энергия, и выбирать скорость движения, соотнося её с погодными и дорожными условиями.

ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

В чем состоит разница между массой и весом автомобиля?

Масса – это количество вещества в объекте. Одним из свойств массы является её инертность.
Инерция стремится воспрепятствовать разгону автомобиля, или препятствует замедлению движущегося автомобиля.
Вес объекта – есть сила тяжести, действующая на этот объект. Вес численно равен произведению массы объекта на ускорение свободного падения.
Можно сказать, что масса – это свойство объекта, а вес, это сила, приложенная к объекту.

КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ТОРМОЗОВ

Взаимосвязи между весом, скоростью и кинетической энергией автомобиля имеют первостепенную значимость для конструкторов тормозных систем автомобилей. Если разрешенная максимальная масса одного автомобиля превосходит массу другого автомобиля в два раза, то и тормозная система более тяжелого автомобиля должна обладать в два раза большей мощностью, чем у первого автомобиля. Но если один из автомобилей имеет возможность двигаться в два раза быстрее второго, то у него тормозная система должна быть в четыре раза мощнее.

ИНЕРЦИЯ

Хотя конструкторы тормозных систем при расчетах учитывают и вес, и скорость транспортного средства, это не весь набор факторов, который следует учитывать конструкторам. При выборе компонентов тормозных систем должна учитываться и сила инерции, которая будет действовать на автомобиль при его торможении.

Из первого закона Исаака Ньютона следует, что тело, находящееся в покое обладает инерцией покоя, и сила инерции покоя препятствует разгону автомобиля. А на тело, находящееся в движении, действует сила инерции движения, которая препятствует попытке остановить транспортное средство. Это значит, чтобы остановить движущееся транспортное средство, необходимо приложить к нему тормозящую силу, которую приходится реализовывать через пятна контакта шин с дорожным полотном. Сила инерции заставляет автомобиль «клевать носом», перераспределяя вертикаль-

ную нагрузку с задних колес на передние, и для оптимизации распределения тормозных сил в тормозную систему включен регулятор, позволяющий учитывать и вес автомобиля, и перераспределение нагрузки при торможении автомобиля.

ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

Для увеличения усилия, действующего, например, на тормозные колодки, используется базовый принцип механики: применение рычага. В технической механике рычаг является простейшим механизмом, который состоит из жесткого элемента, как правило, металлического стержня, имеющего возможность поворачиваться вокруг неподвижной точки, именуемой точкой опоры, или осью шарнира.

Существует три основных рода рычагов, но каждый из этих типов преследует одну цель – изменение количества энергии для получения большей выгоды.

Рычаг первого рода увеличивает усилие, приложенное к рычагу, и изменяет направление действия этого усилия.

Смотри рисунок 13-15.

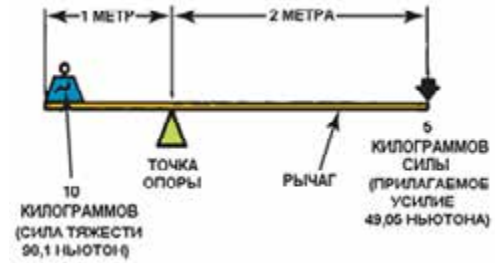

Рисунок 13-15: Рычаг первого рода увеличивает силу, и меняет направление приложения силы; источник: *Pearson Education, Inc*

Применение рычага первого рода предусматривает нахождение груза на одном конце рычага, а подъемная сила прилагается к противоположному концу рычага. Точка опоры занимает позицию между концами рычага.

Если точку опоры расположить на расстоянии вдвое большем от точки нахождения груза в 10 килограмм, то для поднятия этого груза потребуется усилие 5 килограмм-силы, прилагаемого к длинному концу рычага первого рода. Однако перемещение конца короткой стороны рычага будет в два раза короче перемещения конца длинной стороны рычага. Перемещение точки опоры ещё ближе к поднимаемому грузу уменьшит прилагаемое усилие, но уменьшит и высоту подъема груза.

Рычаг второго рода уменьшает величину прилагаемого усилия, и это усилие вызывает перемещение груза в том же направлении, что и прилагаемая сила.

Смотри рисунок 13-16.

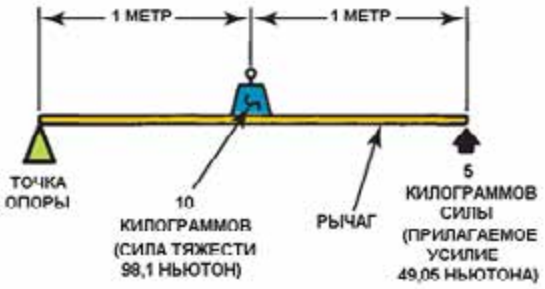

Рисунок 13-16: Рычаг второго рода уменьшает прилагаемое усилие, и перемещает груз в том же направлении, в котором действует прилагаемая сила; источник: *Pearson Education, Inc*

Применение рычага второго рода предусматривает расположение точки опоры на одном конце рычага, а груз и точка приложения подъемной силы находятся по одну сторону от точки опоры. Это значит, что поднимаемый груз находится между точкой опоры и точкой приложения силы.

Если 10 килограммовый груз поместить посередине рычага, то для его подъёма потребуется усилие в 5 килограмм-силы, прилагаемого к концу рычага. Однако груз переместится на расстояние в два раза меньшее расстояния, преодолеваемого точкой приложения подъёмной силы. Если груз переместить ближе к точке опоры, потребуется меньшая подъемная сила, но и расстояние, пройденное грузом, уменьшится.

Применение **рычага третьего рода** предусматривает увеличение подъемной силы, но поднимаемый груз преодолеет большее расстояние.

Смотри рисунок 13-17:

Рисунок 13-17: Рычаг третьего рода увеличивает прилагаемое усилие, но увеличивает скорость перемещения груза и пройденное грузом расстояние; источник: *Pearson Education, Inc*

У рычага третьего рода точка опоры расположена по одну сторону от точки приложения усилия, а груз – по другую сторону рычага. Это значит, что усилие прилагается между точкой опоры и поднимаемым грузом. Если на конце рычага расположен 10 килограммовый груз, то его можно поднять, приложив усилие в 20 килограмм-силы. Несмотря на то, что усилие потребуется вдвое большее веса груза, груз преодолеет вдвое большее расстояние и со скоростью вдвое большей скорости точки приложения подъемного усилия. Чем ближе к точке опоры будет прилагаться подъемная сила, тем большая величина этого усилия будет потребна, но скорость и расстояние, пройденные грузом, увеличатся.

В тормозных системах применяются рычаги первого или второго рода, потому что их назначение – увеличить результирующую силу. Рычаги второго рода являются наиболее распространенными, и тормозная педаль – хороший тому пример.

В типичной тормозной педали точкой опоры служит связанный шарниром конец рычага, а усилие прилагается к площадке педали.

Смотри рисунок 13-18.

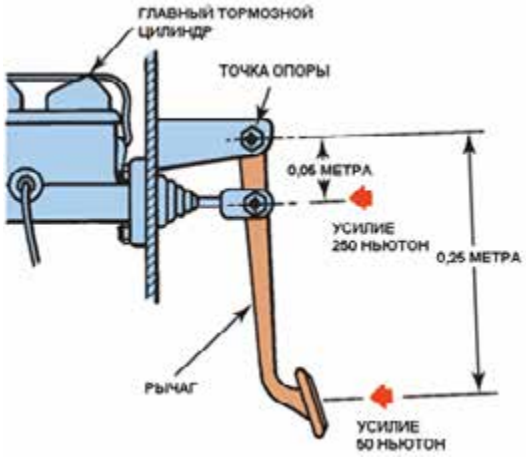

Рисунок 13-18: Этот педальный узел обеспечивает передаточное отношение 5:1, поэтому полезное усилие в 250 ньютон получаем, прилагая усилия в 50 ньютон к площадке тормозной педали; источник: *Pearson Education, Inc*

Усилие, получаемое толкателем главного тормозного цилиндра, значительно больше усилия, прилагаемого к площадке тормозной педали, но ход толкателя значительно меньше хода площадки тормозной педали.

Разница плеч рычага второго рода создаёт механическое преимущество, которое называется передаточным отношением педального узла. Например, передаточное отношение педального узла, наиболее приемлемое для педали тормоза, позволяет при приложении усилия к площадке педали в 50 ньютон, получить полезное усилие на толкателе главного тормозного цилиндра 250 ньютон.

На практике рычаг второго рода очень часто применяется в оснащении рабочих мест водители или оператора грузоподъемных механизмов. Это позволяет лучше контролировать усилие, прилагаемое к исполнительному органу.

ТЕПЛОТА И ТЕМПЕРАТУРА

Теплота и температура – взаимосвязанные понятия, но эти понятия не идентичны.

Температура вещества – это средний показатель интенсивности движения молекул, энергия которого и есть тепловая энергия вещества. Мерой интенсивности движения молекул и является температура.

Теплота – есть кинетическая часть внутренней энергии вещества, определяемая интенсивным хаотическим движением молекул и атомов, из которых это вещество состоит. Количество теплоты, которым обладает тело при данной температуре, зависит от его массы. Например, при одной и той же температуре в большой чашке с водой заключается больше теплоты, чем в маленькой чашке, а в ведре с холодной водой тепла может быть больше, чем в чашке с горячей водой, несмотря на то, что температура воды в ведре и ниже. Таким образом, теплота – количественная характеристика температурного состояния тела.

ТЕПЛОТА

Внутреннюю энергию тела и количество теплоты измеряют джоулями (Дж) или килоджоулями (кДж). Устаревшие, но ещё применяемые единицы теплоты – это калори. Калория – это количество теплоты, которое необходимо передать 1 грамму пресной воды для её нагревания на 1°С. (1 килокалория = 1000 калорий). 1 джоуль приблизительно равен 0,24 калориям. 1калория = 4,1868 джоулям; 1ккал = 4190 Дж.

В англо-американской традиционной системе весов и мер теплоту измеряют в *British Thermal Units* = Британских Термальных Единицах – сокращенно BTU.

Одна *BTU* – это количество тепла, необходимое для повышения температуры одного фунта воды на один градус по Фаренгейту.

В технических характеристиках обогревателей и кондиционеров указывается, какое количество теплоты может прибавить или удалить этот прибор за один час интенсивной работы. Эта количественная характеристика обычно указывается в килокалориях, джоулях или *BTU*.

Тепловая энергия (теплота) может передаваться от одного тела другому одним из трех способов:

Теплопроводностью – Теплопроводность это процесс перемещения теплоты от одной, наиболее нагретой части предмета, к его другой, менее нагретой части. Для осуществления теплопередачи теплопроводностью необходим физический контакт тел.

Например, если нагреть горелкой один конец металлического прутка, то теплота будет перетекать внутри прутка от его более нагретого конца к менее нагретому концу прутка. Если Вы будете удерживать этот пруток в руках, то через некоторое время почувствуете, что теплота начала передаваться и Вашим пальцам.

Металлы являются хорошими проводниками тепла, в то время как пластик, резина и керамика – плохие проводники теплоты, поэтому их часто применяют в качестве тепловых изоляторов.

Конвекцией – Конвекция – это вид теплопередачи, при котором теплота переносится из одного объема к другому струями жидкости или газа. Конвективный теплообмен вызывает рост или снижение температуры в помещении, если в него подаётся охлажденный или нагретый воздух. За счет конвективного теплообмена происходит нагрев всего объема жидкости, если в холодную жидкость влить небольшое количество горячей жидкости.

Конвективный теплообмен происходит за счет соприкосновения и смешивания более нагретых микрообъемом газа с менее нагретым газом. Более нагретый газ легче холодного газа. Воздушный шар, наполненный горячим воздухом, поднимается вверх через слои более холодного, и значит, более тяжелого атмосферного воздуха.

Излучением – Излучение (радиация) – это передача тепла от одного тела к другому на расстояние с помощью электромагнитных волн. Солнечная энергия передается нашей планете через безвоздушное пространство, где нагревает почву, возу и атмосферный воздух.

Тепловое излучение можно ощутить, если находиться рядом с нагретой печью, но не прикасаться к ней.

ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ:

Проводники и изоляторы

Если материал является хорошим проводником тепла, он обладает высокой электрической проводимостью. Большой проводимостью обладают металлы, такие как сталь, медь, алюминий и латунь. Большинство изоляторов – это неметаллические материалы, такие как пластик или резина. Потому можно сказать, что материалы, плохо проводящие тепло являются изоляторами электричества.

ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

Почему пальто удерживает теплоту человеческого тела?

Пальто мы одеваем в холодную погоду, чтобы согреться. Так что же делает пальто: удерживает проникновение холода к телу, или не выпускает теплоту тела наружу?

На самом деле оба предположения верны! Ппоскольку ткань является изолятором, она не пропускает теплоту человеческого тела к окружающему, более холодному воздуху. Основная цель пальто – не согреть человека, а препятствовать отвод теплоты от человеческого тела в окружающую среду. Вместе с тем, пальто предохраняет человеческое тело от непосредственного контакта с холодным воздухом, препятствуя отдаче тепла холодному воздуху кожными покровами

ТЕМПЕРАТУРА

Температура является мерилом способности отдавать или поглощать теплоту физическими телами.

Тепловой поток всегда направлен от более нагретого тела к менее нагретому телу.

Температуру принято измерять с помощью двух шкал:

1. Шкала Цельсия.

Андерс Цельсий, профессор математики и астрономии Уппсальского университета (1730—1744), предложил шкалу Цельсия, в которой температура плавления льда при нормальном давлении принималась за 100, а температура кипения воды — за 0. Но в 1745 году, уже после смерти Цельсия, шкала была перевёрнута Карлом Линнеем (за 0 стали принимать температуру плавления льда, а за 100 — кипения воды), и в таком виде используется до нашего времени.

2. Шкала Фаренгейта.

Шкала Фаренгейта разработана Габриэлем Фаренгейтом (1686-1736), немецким физиком, который предложил шкалу для измерения температурного состояния тел в 1724 году.

Главной задачей, которую ставил перед собой Фаренгейт при создании шкалы Фаренгейта – это стремление избежать отрицательных значений, при отображении температуры. Поэтому за ноль он взял самую холодную, по его представлению, температуру окружающего воздуха (хотя температура -17,4°C – далеко не самая холодная зима на планете), а температуру собственного тела он отметил на шкале, как 100 градусов. Позднее, вычисления показали, что Фаренгейт ошибся на почти на полтора градуса, поскольку температура человеческого тела (+37°C) по фаренгейту равна 98,6 градусам.

Неудачным оказался и выбор нулевой температуры, поскольку цель – избежать отрицательных значений температуры, не была реализована.

На рисунке 13-19 показан указатель температуры наружного воздуха, на котором соотнесены показания температуры в градусах Фаренгейта (крупно) и градусах Цельсия (более мелко).

Рисунок 13-19: Типичный термометр наружного воздуха, который в настоящий момент указывает умерено теплую температуру воздуха (около 27°C или около 80°F); источник: *Pearson Education, Inc*

3. **Шкала Кельвина**.

Задача устранить отрицательные значения температуры была решена Ульямсом Томпсоном.

Единица измерения температуры Кельвин названа в честь Ульяма Томсона (1824 - 1907 гг.) - британского физика, одного из основателей термодинамики, которому за заслуги перед наукой было пожаловано звание лорд Кельвин Ларгский из Айршира. Им была предложена абсолютная шкала температур, начало которой (0K = ноль кельвина) совпадает с абсолютным нулём (температурой, при которой прекращается хаотическое движение молекул и атомов). Эту шкалу называют термодинамической температурной шкалой. Кельвин – является единицей термодинамической температуры в Международной системе единиц (СИ) – одной из семи основных единиц СИ.

ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ:

Быстрое и простое преобразование значения температуры.

Если Вы занимаетесь ремонтом американских или британских автомобилей, то в мануалах сервисная информация, касающаяся температур, приводится в градусах Фаренгейта (°F), что часть приводит в замешательство работников сервисных служб.

Для быстрого преобразования температуры, указанной в °C в температуру, выраженную в °F, помножьте показания температуры в °C на два, и прибавьте 25°F.

Например, X°C × 2 + 25°F = приблизительное значение температуры по шкале Фаренгейта.

Примеры перевода в градусы Фаренгейта:

0°C × 2 + 0 + 25 = 25°F (реально = 32°F)
10°C × 2 + 20 + 25 = 45°F (реально = 50°F)
15°C × 2 + 30 + 25 = 55°F (реально = 59°F)
20°C × 2 + 40 + 25 = 65°F (реально = 68°F)
25°C × 2 + 50 + 25 = 75°F (реально = 77°F)
30°C × 2 + 60 + 25 = 85°F (реально = 86°F)
35°C × 2 + 70 + 25 = 95°F (реально = 95°F)
40°C × 2 + 80 + 25 = 105°F (реально = 104°F)
45°C × 2 + 90 + 25 = 115°F (реально = 113°F)
50°C × 2 + 100 + 25 = 125°F (реально = 122°F)

Таблица 13-3: Отображение наиболее характерных точек температурного состояния по трем шкалам.

Температура Символьное обозначение	Градус Цельсия °C	Градус Фаренгейта °F	Кельвин (K)
Температура кипения воды	100,0	212,0	373
Средняя температура человеческого тела	37,0	98,6	310
Комнатная температура	От 20 до 25	От 68,0 до 77,0	От 293 до 298
Температура плавления льда	0	32,0	273

Для быстрого перевода в градусы Цельсия потребуется иные действия:
Например, (X°F – 32°F)/1,8 = точное значение температуры по шкале Цельсия.

Примеры перевода в градусы Цельсия:
(0°F – 32°F)/1,8 = -17,8°C
(5°F – 32°F)/1,8 = -15°C
(10°F – 32°F)/1,8 = -12,2°C
(15°F – 32°F)/1,8 = -9,4°C
(20°F – 32°F)/1,8 = -6,7°C
(25°F – 32°F)/1,8 = -3,9°C
(30°F – 32°F)/1,8 = -1,1°C
(35°F – 32°F)/1,8 = +1,7°C
(40°F – 32°F)/1,8 = +4,4°C
(45°F – 32°F)/1,8 = +7,2°C
(50°F – 32°F)/1,8 = +10,0°C

ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

Что изучает Термодинамика?

Термодинамика изучает взаимосвязь изменений температуры с изменением давления и изменением объема. Законы термодинамики помогают инженерам проектировать и разрабатывать двигатели с более высокими показателями эффективности.
Точные термодинамические расчёты позволяют конструкторам создать высокоэффективные системы охлаждения двигателя, эффективнее использовать теплоту сгорания топлива, тем самым увеличивая топливную экономичность двигателя.

КИСЛОТЫ И ЩЕЛОЧИ

КИСЛОТЫ

Кислоты – это активные химические соединения, которые вызывают коррозию металлов, а некоторые способны при контакте с кожными покровами, вызвать химические ожоги.
Обычные бытовые кислоты, которые не оказывают существенного вреда при их умеренном употреблении, это уксусная кислота и лимонный сок (лимонная кислота).
Но существуют и более сильные, с точки зрения химической активности, кислоты:
Соляная кислота = *Hydrochloric acid*
Азотная кислота = *Nitric acid*
Серная кислота = *Battery acid*

ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

Как правильно смешивать кислоту с водой?

При смешивании воды с кислотой происходит выделение большого количества тепловой энергии. Если воду, которая легче кислоты, вливать в кислоту, смесеобразование с выделением большого количества теплоты будет происходить на поверхности раствора, и вода быстро наберет температуру кипения и будет разбрызгиваться во все стороны.
Всегда следует вливать кислоту в воду, но ни воду в кислоту.
Автомобильным техникам редко приходится работать с кислотами, поскольку в продажу поступает готовый электролит (готовый водный раствор аккумуляторной кислоты). Это предотвращает возможность возникновения опасных последствий работы с кислотами.
Помните, при работе с химическими реактивами обязательно используйте средства индивидуальной защиты.

ЩЕЛОЧИ (ОСНОВАНИЯ)

Концентрированные щелочи, или, как их ещё называют, основания – химически активные соединения, также способные вызвать химический ожог кожных покровов.
Применяемые в быту щелочи, как правило, не вредны, если их не употреблять в пищу. Типичными представителями бытовых щелочей являются питьевая сода, мыло и антацидные средства: молоко и магнезия.
Более сильными щелочами, которые способны вызвать химический ожог, являются:
Щёлок (гидроксид натрия) =*Lye* (*sodium hydroxide*)
Отбеливатель = *Bleach*
Очиститель канализационных труб = *Drain cleaner*

Большинство химических очистителей, таких как мыла или каустики, применяют для разрушения и удаления твердых отложений углерода (нагара), или лаковых отложений, являющихся продуктами распада смазочных масел.

ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ *pH*

Числовой показатель *pH*, именуемый как водородный показатель, измеряется по шкале от 1 до 14, и используется для обозначения химической активности материалов. Термин *pH* происходит от французского сло-

восочетания «*Pouvoir Hidrogine*», и означает «Сила водорода».

Чистая вода является нейтральным химическим соединением. Водородный показатель по шкале *pH* у воды равен 7.

- Едкие щелочные материалы обладают *pH* показателем от 8 до 14. Чем выше водородный показатель, тем большими разрушающими свойствами обладает щелочное химическое соединение
- Кислотные материалы обладают водородным показателем *pH* от 6 до 1. Чем меньше число, тем выше разрушающее действие кислоты.

Щелочи и кислоты взаимно нейтрализуют друг друга, поэтому каустическая сода используется для очистки поверхности свинцово-кислотной аккумуляторной батареи. Каустическая сода нейтрализует разрушающее действие кислоты, которая выплеснулась, или сконденсировалась на поверхности батареи.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:

При работе с химически активными материалами обязательно надевайте защитные очки.

ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

Газовые законы – это набор характеристик, которые описывают взаимосвязь таких параметров газов, как давление, температура и объем. Газовые законы применяются везде, где используются газы или пары жидкостей, включая топливо. Это и автомобильные шины, и система кондиционирования, и автомобильный двигатель.
Превращение теплоты в механическую работу в тепловых установках происходит при участии рабочего тела, которым обычно является газ или пар. Для простоты изучения свойств газообразного рабочего тела введено понятие идеального газа – воображаемого газа, в котором молекулы рассматриваются, как материальные точки, обладающие некоторой массой, но силы взаимодействия между этими точками, при анализе состояния рабочего тела и происходящих в нем процессов, не учитываются.

ЗАКОН БОЙЛЯ-МАРИОТТА

Закон Бойля - Мариотта – один из основных газовых законов, открытый в 1662 году английским ученым Робертом Бойлем. В 1676 году, независимо от выводов Р. Бойля, закон был вторично описан французским физиком Эдемом Мариоттом, поэтому носит двойное название по фамилиям авторов.
Закономерность, установленная Р. Бойлем и Э. Мариоттом, справедлива для идеальных газов, но может быть с высокой степенью точности применима и для разреженных газов. Для сжатых газов применение закона Бойля - Мариотта приводит к большим погрешностям.
Закон Бойля - Мариотта утверждает, что произведение абсолютного давления газа на его удельный объем в изотермическом процессе (при постоянной температуре) есть величина постоянная:

$$T = const$$

$$pV = const$$

Примером реализации закона Бойля-Мариотта является сжатие газа поршнем в цилиндре. Если предположить, что температура газа остаётся постоянной, то уменьшение объема газа будет сопровождаться пропорциональным увеличением давления сжатого газа.
Чтобы понять смысловую суть этого закона следует представить термодинамическую систему, состоящую из цилиндра с подвижным поршнем, заполненного в надпоршневом пространстве газом.
Смотри рисунок 13-20.

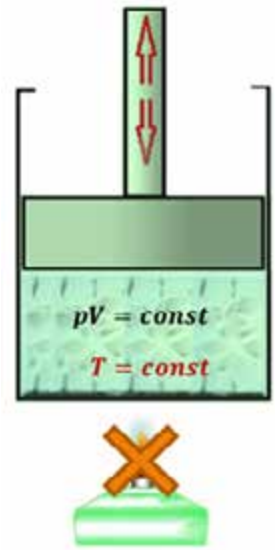

Рисунок 13-20: Если поршень перемещать в цилиндре очень медленно, так, чтобы температура газа в цилиндре, вызванная сжатием/расширением газа, не опускалась или не поднималась, то произведение давления газов на их объем останется постоянной.

Система термически изолирована – тепло к ней не подводится и не отводится.

РЕМАРКА:

Закон справедлив для термодинамических систем с идеальным рабочим телом, в которых неизменным

параметром является температура, а переменными – давление и объем. Подобные процессы, протекающие при постоянной температуре, называют изотермическими – абсолютная температура рабочего тела в системе постоянна.

ЗАКОН ГЕЙ-ЛЮССАКА

Закон носит имя одного из своих первооткрывателей – французского физика и химика Жозефа Луи Гей-Люссака, описавшего его в 1802 году. В разных источниках (особенно, зарубежных) этот закон нередко упоминается под названием закон Шарля, по имени француза Жака Шарля, который описал его в неопубликованной работе, датируемой 1787 годом.
Авторство приписывают, также, таким видным ученым конца XVII – начала XVIII века, как английский физик Джон Дальтон и французский ученый Гийом Амонтон.
В русскоязычных учебниках этот закон обычно называют по имени Гей-Люссака, который первым продемонстрировал его применимость ко всем газам, а также к парам летучих жидкостей при температуре выше точки кипения.

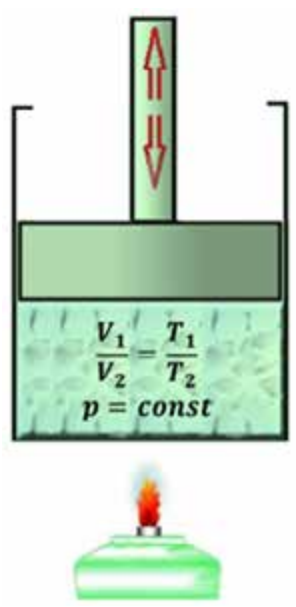

Рисунок 13-21: Нагрев газа, находящегося в пространстве под движущимся поршнем, будет расширяться при нагреве, и сжиматься при его охлаждении.

Закон Гей-Люссака гласит, что при постоянном давлении (изобарный процесс) удельный объем газообразного вещества (объем постоянной массы газа) изменяется прямо пропорционально изменению абсолютных температур:

$$p = const$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Для простоты рассмотрим, опять же, термодинамическую систему, состоящую из цилиндра с идеально подвижным (трение между стенками цилиндра и поршнем отсутствует) и невесомым поршнем. Над поршнем в цилиндре поместим газ.
Смотри рисунок 13-21.
Очевидно, что при нагреве газа поршень переместится в сторону увеличения объема газа. При этом изменение объема газа будет прямо пропорционально изменению его абсолютной температуры, поскольку мы исключили изменение давления за счет отсутствия сил трения и тяжести, действующих на поршень.

ЗАКОН ШАРЛЯ

Экспериментальным путем зависимость давления газа от температуры при постоянном объёме установлена в 1787 году Жаком Шарлем, который исследовал термодинамические процессы имеющие место в идеальных газах.
Труды Шарля опубликованы не были, но его идеи были подхвачены видными физиками - Гей-Люссаком, Гильомом Амонтоном и другими, поэтому вопросы авторства некоторых основных законов термодинамики являются предметом спора между специалистами до сих пор.

Закон Шарля, который иногда называют вторым законом Гей-Люссака, заключается в том, что при неизменном удельном объеме абсолютные давления газа изменяются прямо пропорционально изменению абсолютных температур:

$$V = const$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Смысловое содержание закона Шарля проще понять, представив герметичный цилиндр, заполненный газом, поршень которого жестко связан с цилиндром. Тогда при нагреве газа его давление будет увеличиваться прямо пропорционально увеличению абсолютной температуры, т. е. при увеличении абсолютной температуры в три раза, давление газа тоже возрастет в три раза и т. п.
Смотри рисунок 13-22.

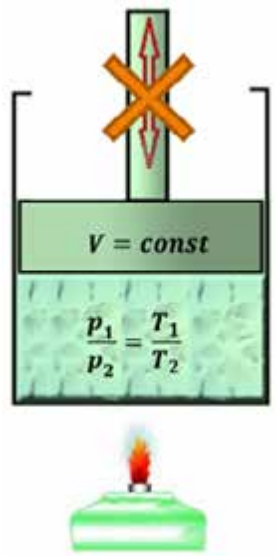

Рисунок 13-22: Если в цилиндре поршень сделать неподвижным (жестко закрепить в цилиндре), нагрев газа будет вызывать повышение давления в цилиндре, а его охлаждение – ответное снижение давления в цилиндре.

ЗАКОН КЛАЙПЕРОНА-МЕНДЕЛЕЕВА

Газовые законы, описанные выше, справедливы для систем, в которых хотя бы один параметр рабочего тела в процессе остается неизменным. Такие процессы, в зависимости от того, какой из параметров неизменен, называют изотермическими, изобарными или изохорными.

На практике обычно приходится наблюдать термодинамические процессы, во время которых изменяются все основные параметры рабочего тела – так называемые политропные процессы.

Для описания политропных процессов учеными Клайпероном и Менделеевым были предложены уравнения состояния газа, полученные, на основе анализа рассмотренных ранее газовых законов Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля и закона Авогадро.

Упрощенная запись этого закона такова:

$$pv = mRT$$

Процесс расширения горящих газов в цилиндре двигателя является политропным процессом, поскольку изменяется и давление, и объем, и температура газов в цилиндре двигателя, в котором поршень совершает рабочий ход.

Политропный процесс описывается следующими уравнениями:

$$m = const$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

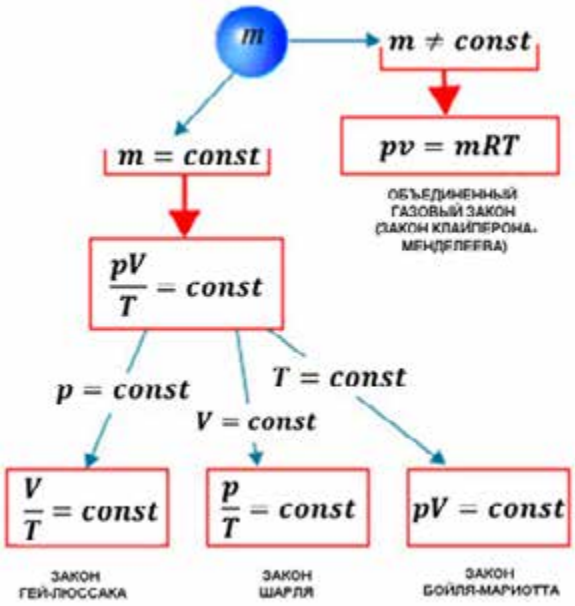

Рисунок 13-23: Объединенный газовый закон связывает воедино все три основных газовых закона, и описывает процессы, при которых могут происходить при изменении массы газов в цилиндре.

Примером термодинамического процесса, в котором в цилиндре изменяется и масса газа, участвующего в рабочем процессе, может служить паровой двигатель, в котором в цилиндр поступает перегретый пар. Масса поступающего в цилиндр сжатого газа увеличивается. Поршень под действием давления начинает двигаться – увеличивается объем, снижаются давление и температура.

ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

В чем состоит разница между расширением газа в гильзе орудийного снаряда и расширением газа в цилиндре двигателя во время такта рабочего хода?

В гильзе орудийного снаряда при запале заряда капсюлем происходит изменение агрегатного состояния находящегося в гильзе заряда. Твердый порох, занимающий маленький объем, взрывается, моментально образуя горящий газ. В результате горения пороха, пороховые газы получают высокое давление, которое и выталкивает снаряд из орудийного ствола. При этом объем пороховых газов увеличивается, и давление и температура пороховых газов снижается.

В цилиндре двигателя изменения агрегатного состояния компонентов, входящих в состав рабочей смеси, не происходит. В цилиндре находились газообразные

пары топлива, смешанные с воздухом. После воспламенения кислород, которого в воздухе находится 21% по объему, вступает в реакцию горения водорода и углерода, входящих в состав парообразного топлива. Образуется углекислый газ и пары воды. Азот, которого в атмосферном воздухе около 79%, в процессе горения не участвует, но принимает теплоту горения топлива. Возрастает температура и давление, которое заставляет поршень двигаться, увеличивая объем, занимаемый горящими газами.

Если пороховым газам не дать возможности выйти из орудийного ствола, они, остывая, не превратятся в порох. То есть, возврата к исходному состоянию не произойдет. Порох, превратившийся в пороховые газы, так и останется газом, объем которого значительно больше объема, занимаемого порохом до его воспламенения.
Выхлопные газы, если не позволить им выйти из цилиндра через выпускной клапан, остывая, вернутся к исходной температуре, объему и давлению, поскольку количества газов в цилиндре (их масса) не изменилась.
Процесс, происходящий в цилиндре двигателя, происходит за счет изменения температуры, которая повышается в результате сгорания топлива, и снижается за счет расширения пространства над поршнем в цилиндре двигателя. Двигатель преобразует химическую энергию топлива в тепловую энергию, затем тепловая энергия превращается в механическую работу.
Поэтому все автомобильные двигатели отнесены к тепловым машинам.

ЗВУК И АКУСТИКА

Звук – это волновые колебания воздуха, которые ухо воспринимает как звук. Звуковые волны распространяются через окружающий нас воздух. Кроме того, звуковые волны могут распространяться через жидкие среды и твердые вещества.

Звук обладает двумя основными свойствами:

Частотная характеристика звука. Её часто называют тональностью звука, и измеряют в герцах, или в количестве циклических колебаниях за секунду.
Слышимые звуковые колебания лежат в диапазоне от 20 до 20000 герц. Очень низкие частоты колебаний не воспринимаются человеческим ухом. Колебания ниже предела восприятия человеческим ухом называют инфразвуком. Неслышимые звуковые колебания частотой свыше 20000 герц называют ультразвуком.

Интенсивность звуковых колебаний. Интенсивность звука часто называют его громкостью. Громкость звука измеряется в децибелах (дБ), по имени Александра Грэм Белла (1847…1922) – изобретателя телефона.
Используя шкалу измерения громкости звука, приведем несколько примеров, отражающих интенсивность звуковых колебаний:

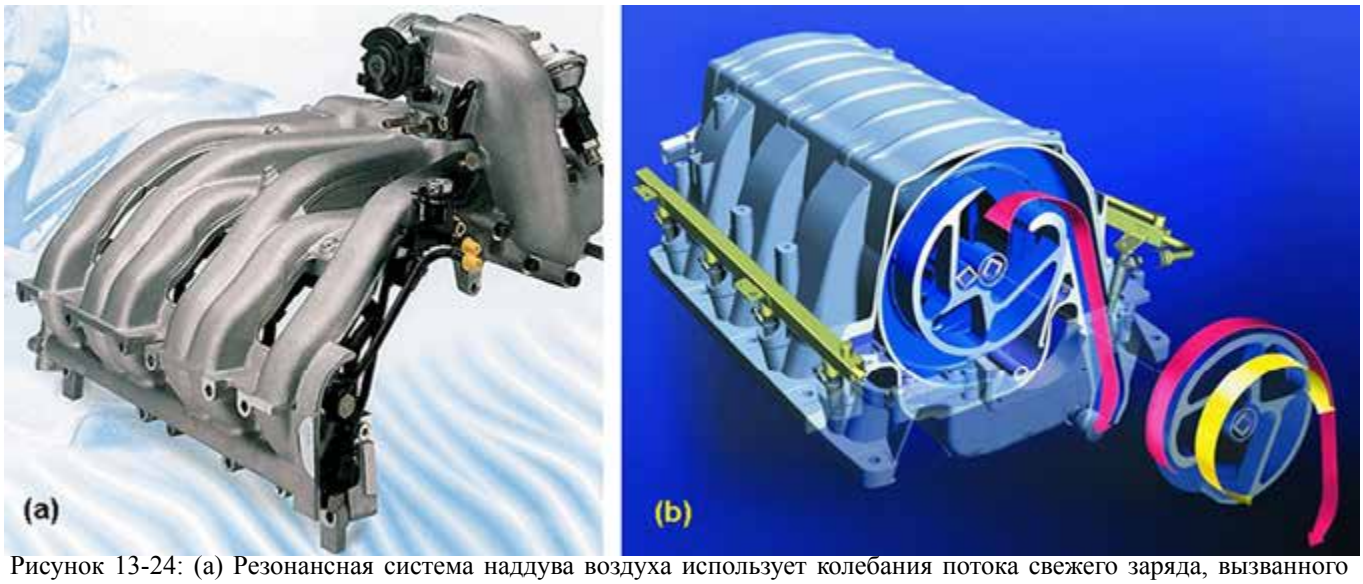

Рисунок 13-24: (a) Резонансная система наддува воздуха использует колебания потока свежего заряда, вызванного периодическим открытием/закрытием впускных клапанов цилиндров двигателя; (b) Инженеры-акустики помогли создать системы переменной длины впускного коллектора, в которых, подобно музыкальному инструменту – тромбону, переменная длина воздушного канала позволяет получить акустические колебания воздуха, совпадающие с частотой открытия впускных клапанов двигателя.

Шепот 10…20 дБ
Нормальный разговор 60 дБ
Гром, сопровождающий грозовой разряд 110 дБ
Болевой порог 120 дБ

АКУСТИКА

Акустика – учение о звуке – о том, как он генерируется, и как передаётся.
Инженеры-акустики привлекаются к участию в разработке автомобильного кузова, чтобы помочь снижению распространения звуковых колебаний, передаваемых в салон автомобиля. Например, по данным акустических инженеров, около 80% шума, создаваемого движением автомобильных шин по дороге, воспринимается элементами по шасси, и передаётся на кузов транспортного средства. Только около 20% звуковых колебаний передаётся через воздух, и достигает салона автомобиля.

Проектирование систем впуска свежего заряда и выпуска отработавших газов также сопряжено с акустическими расчетами. Система выпуска должна максимально снизить шум, издаваемый выхлопными газами, при этом, сведя до минимума аэродинамическое сопротивление отходящим газам. Современные системы впуска свежего заряда используют колебания воздуха, поступающего в цилиндр для так называемого резонансного наддува, часто именуемого инерционным или акустическим нагнетанием.

ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ:

Носите средства защиты органов слуха

По настоятельным рекомендациям сурдологов (врачей, занимающихся слухом и речью), человек должен носить защитные наушники, если уровень фонового шума требует, чтобы Ваш голос был поднят, чтобы быть услышанным. Если уровень звука превышает 90 дБ, рекомендуется использовать средства защиты слуха, чтобы избежать снижения или потерю слуха. Это означает, что средства защиты слуха следует носить при использовании газонокосилки, или при работе с пневматическим инструментом, таким как пневматический гайковерт или пневматическая трещотка.

ПЛАСТМАССЫ

В автомобильной промышленности находят применение три основных вида пластических масс: это термореактивные пластмассы (реактопласты), термопласты и эластомеры.

ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ ПЛАСТМАССЫ

Реактопласты (термореактивные пластмассы) – класс полимеров, которые на стадии формования изделия при однократном нагреве переходят в вязко текучее состояние, при этом внутри исходной смеси происходит необратимая реакция полимеризации. Готовый полимер более не способен расплавляться при нагреве. При увеличении температуры нагрева его можно только сжечь.

Характерные примеры реактопластов, применяемых в автомобилестроении:

- Бакелит (фенолформальдегидные смолы) = *Bakelite* (*phenol formaldehyde resin*)
- Полиэфирная смола = *Polyester resin*
- Эпоксидная смола = *Epoxy resin*

ТЕРМОПЛАСТЫ

Термопласты – полимеры, которые при нагреве способные переходить в вязко-текучее состояние, попросту – плавиться, хотя о полимерах так не принято говорить. Расплавить термопласт можно многократно.
Примером применения термопластов в автомобиле строении могут служить:

- Полиэтилен = *Polyethylene* (*PE*)
- Полипропилен = *Polypropylene* (*PP*)
- Поливинилхлорид = *Polyvinyl chloride* (*PVC*)
- Полиэтилентерефталат = *Polyethylene Terephthalate* (*PT*)
- Поликарбонат = *Polycarbonate* (*PC*)
- Полистирол = *Polystyrene* (*PS*)
- Политетрафторэтилен (Тефлон)= *Polytetrafluoroethylene*, *Teflon*
- Акрилонитрил-бутадиен стирол = *ABS* (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)
- Полиамидный нейлон = *PA nylon* (*Polyamides*)

ЭЛАСТОМЕРЫ

Эластомеры – полимеры, которые способны к большим деформациям в нормальных условиях эксплуатации, при нагреве и/или добавлении специальных веществ например серы, в материале при нагреве происходит полимеризация, которую принято называть вулканизацией.
Например, обычный изопреновый каучук может быть эластичным, но можно его превратить в твердое вещество, не обладающее эластичными свойствами – эбонит.

Характерными представителями эластополимеров являются:

- Полиизопрен = *Polyisoprene*
- Натуральные каучуки = *Caoutchouc*
- Полибутадиен = *Polybutadiene*
- Полиизобутилен = *Polyisobutylene*
- Полиуретан = *Polyurethane*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЛАСТМАСС

Хотя это не очень важная для рядового специалиста информация, которая позволит определить, какой вид пластика используется для изготовления деталей, при восстановлении лакокрасочного покрытия деталей важно знать, из какого пластика выполнена деталь.
Например, пластиковые детали интерьера могут быть изготовлены из следующих пластичных материалов:

- Полипропиленовой пластмассы = *Polypropylene plastic* (*PP*)
- Полиэтилена = *Polyethylene* (*PE*)

Смотри рисунок 13-25.

Рисунок 13-25: Пластиковая часть интерьера имеет маркировку *PE-HD*, что означает полиэтилен высокой плотности; источник: *Pearson Education, Inc*

- Акрилонитрил-бутадиен стиролового пластика = *ABS plastic*
- Акрилонитрил-бутадиен стирол/Поливинил-хлоридовый пластик = *ABS/PVC plastic*
- Поливинил-хлоридный пластик = *Vinyl* (*PVC*) *plastic*

Большинство пластмассовых деталей имеют маркировку на внутренней стороне детали, такую как *PP* или *PE*. Однако если Вы не обнаружили никакой маркировки, можно определить тип пластика при помощи простого теста.
Маляру необходимо знать, какой тип пластика ему предстоит покрыть лаком или краской. Часто заменяемые пластмассовые детали доступны только в одном цвете, и должны быть окрашены в соответствии с цветом интерьера или кузова при их замене.

Для выявления материала детали, необходимо провести тест, путем сжигания небольшой части пластиковой детали. Это позволит различить такие пластмассы, как полипропилен, или Акрилонитрил-бутадиен стирол.

ШАГ 1

Отломите небольшой кусочек с внутренней (скрытой для обзора) части пластиковой детали для проведения необходимого теста.

ШАГ 2

Удерживая пинцетом небольшой кусочек пластика, подожгите его.

ШАГ 3

Наблюдайте за процессом горения пластика:

- Отсутствие видимого дыма означает, что пластик – полипропилен.
- Видимый черный дым означает, что пластик - Акрилонитрил-бутадиен стирол (ABS)

ШАГ 4

Для того, чтобы убедиться, что материалом пластмассовой детали является полихлорвинил, проведите тест нагретой медной проволокой. Для этого медный провод надо нагреть, и прижать его к внутренней (скрытой) поверхности детали. После переноса части расплавленной пластмассы на медную проволоку, поднесите её к зажженной горелке, и наблюдайте за цветом пламени.

- Если цвет пламени сине-зеленый или бирюзовый, то пластик – поливинилхлорид (винил).

После установления вида пластика, проверьте сервисную информацию и литературу, описывающую свойства красителей, чтобы подобрать правильную краску и растворители. Перед покраской следует отполировать пластиковую деталь.

ЧУГУН И СТАЛЬ

Железо – это химический элемент, который обозначается символом *Fe* (от латинского слова *Ferrum* = железо).

В природе железо редко встречается в чистом виде, и, пожалуй, в чистом виде его можно встретить только в составе железно-никелевых метеоритов. Распространённость железа в земной коре – 4,65 % . Железо занимает 4-е место по содержанию в земной коре после кислорода (*O*), кремния (*Si*) и алюминия (*Al*). Считается также, что железо составляет большую часть земного ядра.

Железо многие годы извлекается человеком из железной руды, и используется в виде чугуна и стали. Продуктом извлечения железа из руды является чугун. Сталь получается из чугуна в процессе его дальнейшей переработки.

Главным отличием чистого чугуна от стали является различие в содержании углерода. Количество углерода имеет решающее значение для прочности и иных характеристик чугуна и стали.

ЧУГУНЫ

Чугун — сплав железа с углеродом (и другими химическими элементами). Содержание углерода в чугуне не менее 2,14%: если в сплаве углерода меньше 2,14%, то этот сплав относят к сталям. Углерод придаёт сплавам железа твёрдость, снижая пластичность и вязкость. Углерод в чугуне может содержаться в виде цементита и графита. В зависимости от формы графита и количества цементита, выделяют белый, серый, ковкий и высокопрочный чугуны. Чугуны содержат постоянные примеси: кремний *Si*, марганец *Mn*, серу *S*, и фосфор *P*, а в ряде случаев для получения необходимых свойств в чугун вводят легирующие элементы (хром *Cr*, никель *Ni*, вольфрам *V*, алюминий *Al* и другие полезные добавки). Как правило, чугун очень тверд.

Температура плавления чугуна - от 1150 до 1200 °C (от 2100 до 2190 °F), что примерно на 300°C (572°F) ниже температуры плавления чистого железа.

В зависимости от состояния и содержания углерода в чугуне различают белые и серые чугуны. Своё название чугуны получили по цвету излома, который обуславливается структурой углерода в чугуне: либо в виде карбида железа (цементита), либо в виде свободного графита. В белом чугуне углерод присутствует в виде цементита, в сером чугуне – в виде несвязанного углерода – графита.

В зависимости от содержания углерода чугуны подразделяются на доэвтектические (2,14…4,3 % углерода), эвтектические (4,3 %) или заэвтектическим (4,3…6,67 %). Наличие углерода и его форма влияет на структуру материала.

РЕМАРКА:

Эвтектика – расплав, представляющий собой смесь двух или нескольких компонентов и кристаллизующийся при самой низкой температуре из всех возможных для смесей этих веществ путём одновременного выделения компонентов.

Белый чугун. Белый чугун получил своё название из-за характерного белого цвета на изломе. Большое количество цементита в белом чугуне придает ему этот цвет.

Белые чугуны применяются в основном для изготовления ковких чугунов, которые получают путём отжига. Изделия из белого чугуна обладают высокой износостойкостью, поэтому из белого чугуна изготавливают направляющие детали металлорежущих станков.

Литейный чугун. Литейный чугун содержит от 2% до 4% углерода, углерод в чугуне присутствует в форме чешуек графита длиной от 0,024 до 0,1 миллиметра. Литейный чугун используется в значительных количествах для изготовления готовых изделий посредством отливки в земляные формы.

Литейные чугуны должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть легкоплавкими, чтобы при сравнительно низких температурах могли точнее выполнять форму;
- давать плотные и отливки, в структуре которых отсутствуют пузырьки газов;
- давать малое изменение объема при застывании изделия.

Сообразно назначению, литейный чугун должен давать отливке необходимую твердость, прочность и упругость.

Литейный чугун применяется во многих автомобильных деталях, включая блок цилиндров двигателя, картер главной передачи и задний ведущий мост автомобиля, а также некоторые детали подвески.

Серый чугун. Серый чугун – это сплав железа, крем-

ния (от 1,2 до 3,5 %) и углерода, содержащий также постоянные примеси марганец (*Mn*), фосфор (*P*) и сера (*S*). В структуре таких чугунов большая часть или весь углерод находится в виде графита пластинчатой формы. Излом такого чугуна из-за наличия графита и кремния имеет серый цвет.

Из серого чугуна изготавливают блоки цилиндров двигателей.

РЕМАРКА:

Cast iron contains graphite, which acts as a lubricant when being machined. As a result, cooling oil or water is not needed when making cast iron brake rotors or brake drums.

Серый чугун содержит графит, который играет роль твердой смазки. Поэтому для снижения трения, приводящего к износу, детали из серого чугуна не требуют смазки. Это позволяет использовать серый чугун в качестве основного материала для изготовления тормозных дисков и тормозных барабанов.

Ковкий чугун. Ковкий чугун получают путем длительного отжига литейного (белого) чугуна, в результате которого графит получает хлопьевидную форму. Ковкий чугун обладает хорошей пластичностью и вязкостью.

Ковкий чугун получил свое название из-за возможности приданию деталей, выполненных из ковкого чугуна, сложной формы. Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении и высоким сопротивлением удару. Из ковкого чугуна изготавливают заготовки распределительных и коленчатых валов, а также детали сложной конфигурации: картеры заднего моста автомобилей, тормозные колодки, тройники, угольники и т. д.

Маркируется ковкий чугун двумя буквами и двумя числами, например КЧ 370-12. Буквы КЧ означают ковкий чугун, первое число—предел прочности (в МПа) на разрыв, второе число — относительное удлинение (в процентах), характеризующее пластичность чугуна.

СТАЛИ

Сталь (от немецкого слова *Stahl*) — сплав железа с углеродом и другими элементами. Содержание углерода в стали от 0,1 до 2,14 %. Углерод придаёт сплавам железа прочность и твёрдость, снижая пластичность и вязкость.

Учитывая, что в сталь могут быть добавлены легирующие элементы, сталью называется содержащий не менее 45 % железа сплав железа с углеродом и легирующими элементами.

Свойства сталей зависят от их состава и структуры, которые формируются присутствием, и процентным содержанием следующих компонентов:

Углерод — элемент, с увеличением содержания которого в стали увеличивается её твёрдость и прочность, при этом уменьшается пластичность.

Кремний и марганец в пределах (0,5 … 0,7 %) существенного влияния на свойства стали не оказывают. Эти элементы вводятся в большинство углеродистых и низколегированных марок сталей во время операции раскисления.

Сера является вредной примесью, образуя с железом химическое соединение *FeS* (сернистое железо). Сернистое железо в сталях образует с железом эвтектику с температурой плавления 1531°С, которая обусловливает ломкость материала при обработке давлением с подогревом. Указанная эвтектика при термической обработке расплавляется, в результате чего между зернами теряется связь с образованием трещин. Кроме этого, сера уменьшает пластичность, и прочность стали, износостойкость и коррозионную стойкость.

Фосфор также является вредной примесью, так как придает стали хладноломкость (хрупкость при пониженных температурах). Это объясняется тем, что фосфор вызывает сильную внутрикристаллическую ликвацию. Однако существует группа сталей с повышенным содержанием фосфора, так называемые «автоматные стали», металлоизделия из которых легко поддаются обработке резаньем (например, болты, гайки и пр. на револьверных токарных станках-полуавтоматах).

Феррит — железо с объемно-центрированной кристаллической решеткой и сплавы на его основе обладают мягкой и пластичной микроструктурой.

Цементит — карбид железа, химическое соединение с формулой Fe_3C, наоборот, предоставляет стали твёрдость и хрупкость. При появлении в структуре заэвтектоидной стали свободного цементита (при наличии углерода более 0,8 %) пропадает четкая связь между содержанием углерода и комплексом механических свойств: твердостью, ударной вязкостью и прочностью.

Перлит – эвтектоидная, мелкодисперсная механическая смесь двух фаз – феррита и цементита, содержит 1/8 часть цементита от объема феррита, поэтому имеет повышенную прочность и твёрдость по сравнению с ферритом. Доэвтектоидные стали гораздо более пластичны, чем заэвтектоидные.

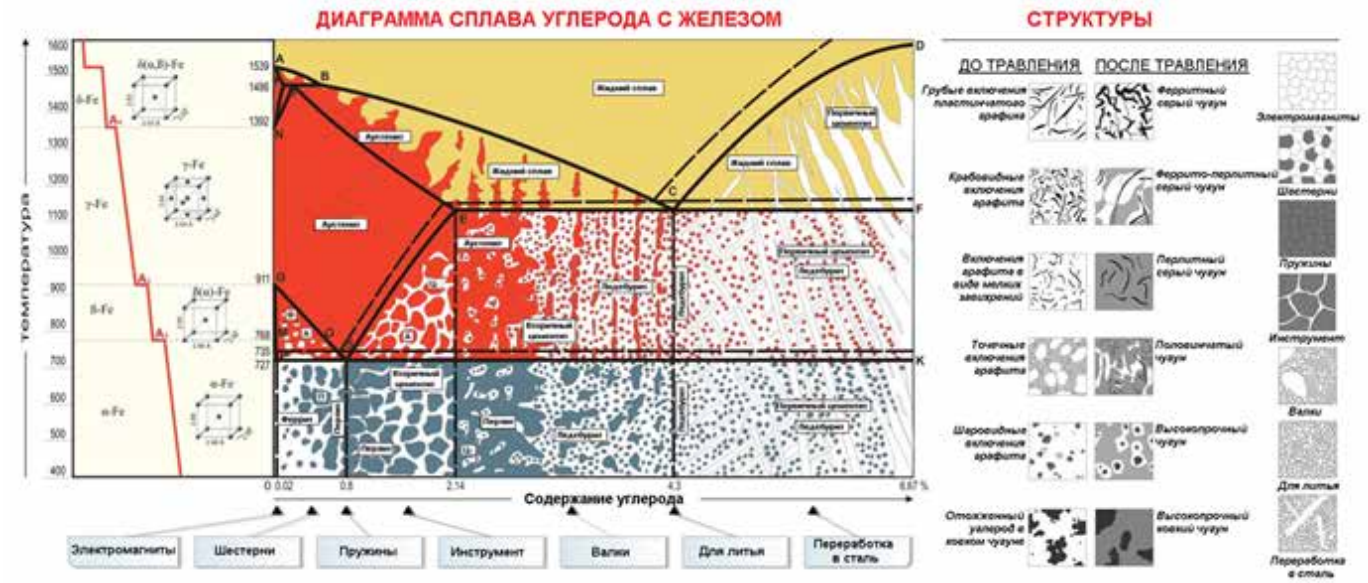

Рисунок 13-26: Стали содержат до 2,14 % углерода. Фундаментом науки о стали как сплава железа с углеродом является диаграмма состояния сплавов железо-углерод — графическое отображение фазового состояния сплавов железа с углеродом в зависимости от их химического состава и температуры; источник: *UA-placate.com*

Для улучшения механических и других характеристик сталей применяют легирование. Главная цель легирования подавляющего большинства сталей – повышение прочности за счет растворения легирующих элементов в феррите и аустените, образования карбидов и увеличения прокаливаемости полученных заготовок. Кроме того, легирующие элементы могут повышать устойчивость против коррозии, термостойкость, жаропрочность и др. Такие элементы, как хром, марганец, молибден, вольфрам, ванадий, титан образуют карбиды, а никель, кремний, медь, алюминий карбидов не образуют. Кроме того, легирующие элементы уменьшают критическую скорость охлаждения при закалке, что необходимо учитывать при назначении режимов закалки (температуры нагрева и температуры среды для охлаждения). При значительном количестве легирующих элементов может существенно измениться структура, что приводит к образованию новых структурных классов по сравнению с углеродистыми сталями.

Стали с высокими свойствами упругости находят широкое применение в машиностроении и приборостроении. В машиностроении стали используют для изготовления рессор, силовых пружин различного назначения, в приборостроении — для многочисленных упругих элементов: мембран, пружин, пластин реле, сильфонов, растяжек, подвесок.

Пружины, рессоры машин и упругие элементы приборов характеризуются многообразием форм, размеров, приспособленности к различным условиям работы. Особенность работы пружин состоит в том, что при больших статических, циклических или ударных нагрузках в них не допускается остаточная деформация. В связи с этим все пружинные сплавы должны обладать высоким сопротивлением малым пластическим деформациям.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЧУГУНОВ И СТАЛЕЙ

Классификация чугунов по ГОСТам.

Чугуны маркируют двумя буквами, обозначающих разновидность чугуна, и двумя цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления $\sigma_в$ при растяжении в МПа$\cdot 10^{-1}$.
Серый чугун обозначают буквами «СЧ» (ГОСТ 1412-85), высокопрочный – буквами «ВЧ» (ГОСТ 7293-85), ковкий чугун – буквами «КЧ» (ГОСТ 1215-85), чугун с вермикулярным графитом – ЧВГ (ГОСТ 28384 -89):
СЧ 10 – серый чугун с пределом прочности при растяжении 100 МПа;
ВЧ 70 – высокопрочный чугун с пределом прочности при растяжении 700 МПа;
КЧ 35 – ковкий чугун с пределом прочности при растяжении 350 МПа;
ЧВГ 40 – чугун с вермикулярным графитом с пределом прочности при растяжении 400 МПа.

РЕМАРКА:

Вермикулярный графит (лат. vermiculus — червячок) — микроструктурная составляющая чугуна, носящего название чугуна с вермикулярным графитом (ЧВГ). Червеобразная форма вермикулярного графита определяется обработкой жидкого чугуна активными модификаторами Mg, Ca, Ce и других, и условиями кристаллизации. Округленная форма вермикулярного графита меньше разупрочняет металлическую матрицу по сравнению с пластинчатым графитом.

Дополнительно в описанным выше, также применяют чугуны с особыми свойствами:

1. Антифрикционные чугуны (ГОСТ 1585-85) – обозначаются первыми буквами «АЧ» и порядковым номером, например,

АЧС-1 – антифрикционный серый чугун с порядковым номером марки 1;

АЧВ-2 – антифрикционный высокопрочный чугун с порядковым номером марки 2;

АЧК-2 – антифрикционный ковкий чугун с порядковым номером марки 2;

2. Жаростойкие чугуны (ГОСТ 7769 – 82) – обозначаются буквами «ЖЧ», после которых идет буквенное обозначение легирующих элементов («Н» – никель, «Д» – медь и др., аналогично обозначению легирующих элементов в стали) и цифры, указывающие концентрацию элементов в %%; например,

ЖЧХ-2,5 – жаростойкий чугун хромистый с содержанием хрома 2,5%;

ЖЧС-5,5 – жаростойкий чугун, легированный кремнием с содержанием 5,5%;

Классификация и маркировка сталей по ГОСТам.

Стали классифицируют по химическому составу, назначению, степени раскисления и качеству.

По химическому составу различают углеродистые (ГОСТ 380-71, ГОСТ 1050-75) и легированные (ГОСТ 4543-71, ГОСТ 5632-72, ГОСТ 14959-79) стали.

Углеродистые стали могут быть:

- Низкоуглеродистыми, с содержанием углерода менее 0,25%;
- Среднеуглеродистыми, с содержанием углерода 0,25-0,60%;
- Высокоуглеродистыми, с содержанием углерода свыше 0,60%.

Легированные стали подразделяют на:

- Низколегированные, содержание легирующих элементов до 2,5%;
- Среднелегированные, в их состав входят от 2,5 до 10% легирующих элементов;
- Высоколегированные, которые содержат свыше 10% легирующих элементов.

По назначению стали бывают:

- Конструкционные, (изготовление строительных и машиностроительных изделий);
- Инструментальные, (режущий, мерительный, штамповый и прочие инструменты).
- С особыми физическими свойствами (с определенными магнитными характеристиками или малым коэффициентом линейного расширения: электротехническая сталь, суперинвар);
- С особыми химическими свойствами, (нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные, кислотостойкие стали).

По степени раскисления стали классифицируют на спокойные, кипящие и полуспокойные.

РЕМАРКА:

Раскисление – это процесс удаления из жидкого металла кислорода, проводимый для предотвращения хрупкого разрушения стали при горячей деформации.
Спокойные стали – это полностью раскисленные; такие стали обозначаются буквами «сп» в конце марки (иногда буквы опускаются).
Кипящие стали – слабо раскисленные; маркируются буквами «кп».
Полуспокойные стали, занимают промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами «пс».

По качеству стали подразделяют в зависимости от содержания вредных примесей: серы и фосфора.

Стали бывают:

- Стали обыкновенного качества, содержание до 0.06% серы и до 0,07% фосфора;
- Качественные - до 0,035% серы и фосфора, каждого отдельности;
- Высококачественные - до 0.025% серы и фосфора;
- Особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Сталь обыкновенного качества подразделяется по поставкам на 3 группы:

- Сталь группы «А» поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора);
- Сталь группы «Б»- по химическому составу;
- Сталь группы «В» - с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

Сталь каждой группы делится на категории, в зависимости от нормируемых показателей (предел прочности $\sigma_в$, относительное удлинение δ%, предел текучести σт). Категории обозначаются арабскими цифрами. Стали обыкновенного качества обозначают буквами «Ст» и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств. Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер. Буква «Г» после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали. Перед маркой указывают группу стали, причем группа «А» в обозначении марки стали не ставится. Для указания категории стали в конце обозначения марки добавляют номер, соответствующий категории (первую категорию обычно не указывают).

Например:

- БСт0 – углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы «Б», первой категории (стали марок Ст0 и Бст0 по степени раскисления не разделяют);
- Ст3кп2 – углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, номер марки 3, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа «А»);
- ВСт4Г – углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, номер марки 4, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа «В»).

Качественные углеродистые стали маркируют следующим образом:

В начале марки указывают содержание углерода в сотых долях процента (цифра соответствует его средней концентрации) для сталей конструкционных:

- 10кп – сталь углеродистая качественная, кипящая, содержит 0,1% углерода;
- 80 – сталь углеродистая качественная, спокойная, содержит 0,8% углерода;

Если содержание углерода указано в десятых долях процента, как этот делается для инструментальных сталей, маркировка дополнительно снабжается буквой «У»:

- У7 – углеродистая инструментальная, качественная сталь, содержащая 0,7% углерода, спокойная (все инструментальные стали хорошо раскислены);
- У10 – углеродистая инструментальная, качественная сталь, спокойная содержит 1,0% углерода;

В основу маркировки качественных легированных сталей положена буквенно-цифровая система (ГОСТ 4543-71). Легирующие элементы, входящие в состав стали, обозначают русскими буквами.

Таблица 13-4: Обозначение легирующих добавок в стали по ГОСТ 4543-71

А – азот	**К** – кобальт	**Т** – титан
Б – ниобий	**М** – молибден	**Ф** – ванадий
В – вольфрам	**Н** – никель	**Х** – хром
Г – марганец	**П** – фосфор	**Ц** – цирконий
Д – медь	**Р** – бор	**Ч** – редкоземельные металлы
Е – селен	**С** – кремний	**Ю** – алюминий

Количество углерода, как и при обозначениях углеродистых сталей, указывается в сотых долях процента цифрой, стоящей в начале обозначения; количество легирующего элемента указывается цифрой, стоящей после соответствующего индекса. Отсутствие цифры после индекса элемента указывает на то, что его содержание 0,8-1,5%, за исключением молибдена и ванадия (содержание которых в солях обычно до 0,2-0,3%), а также бора (в стали с буквой «Р» его должно быть не менее 0,0010%).

Например:

- 09Г2С – качественная низколегированная сталь, спокойная, содержит приблизительно 0,09% углерода, до 2,0% марганца и около 1,5% кремния;
- 18Х3Н4М4 – качественная высоколегированная сталь, спокойная содержит 0,18% углерода, 3,0% хрома, 4,0% никеля, 4,0% молибдена.

Высококачественные и особовысококачественные стали маркируют, так же как и качественные, но в конце марки высококачественной стали ставят букву «А», (эта буква в середине марочного обозначения указывает на наличие азота, специально введённого в сталь), а после марки особовысококачественной - через тире букву «Ш».

Например:

- 12ХНА – высококачественная углеродистая сталь,

содержащая 0,12% углерода, хрома и никеля в среднем 0,8-1,5% каждого в отдельности;

- У8А – высококачественная углеродистая инструментальная сталь, с содержанием углерода 0,8%;
- 30ХГС-Ш – особовысококачественная среднелегированная сталь, содержащая 0,30% углерода, хрома, марганца и кремния от 0,8 до 1,5% каждого в отдельности.

Специальные методы получения высоколегированных сталей обозначают соответствующими буквами, проставляемыми через тире в конце марки: «ВД» – вакуумно-дуговой переплав, «Ш» – электрошлаковый переплав, «СШ» – обработка синтетическим шлаком и др.

Отдельные группы сталей со специальными свойствами обозначают несколько иначе.

Шарикоподшипниковые стали маркируют буквами «ШХ», после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента:

- ШХ6 – шарикоподшипниковая сталь, содержащая 0,6% хрома;
- ШХ15ГС – шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1,5% хрома и от 0,8 до 1,5% марганца и кремния.

Быстрорежущие стали (сложнолегированные) обозначают буквой «Р», следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама:

- Р18-быстрорежущая сталь, содержащая 18,0% вольфрама;
- Р6М5К5-быстрорежущая сталь, содержащая 6,0% вольфрама 5,0% молибдена 5,0% кобальта.

Автоматные стали обозначают буквой «А» и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в сотых долях процента:

- А12 - автоматная сталь, содержащая 0,12% углерода (все автоматные стали имеют повышенное содержание серы и фосфора);
- А40Г - автоматная сталь с 0,40% углерода и повышенным до 1,5% содержанием марганца.

Литейные стали имеют в конце маркировки букву «Л»:

- 30Л – литейная качественная среднеуглеродистая сталь, спокойная, содержащая 0,30% углерода

Международные стандарты маркировки чугунов

Международные стандарты маркировки чугунов построены по тому же принципу – основным классификационным признаком является форма углерода, которая определяет уровень механических и эксплуатационных свойств. Наличие большого числа стандартов для описания аналогичных материалов затрудняет сравнение маркировок, поэтому многие производители изделий из чугунов в спецификации перечисляют несколько стандартов, которым соответствует используемый материал.

Во многих странах для маркировки чугунов используют английскую систему стандартизации *BS*, стандарты Германии *DIN*, на базе которых были разработаны соответствующие стандарты *EN*.

В стандарте Германии «*Gusseisen mit Lammellengraphit* (*DIN*1691 / *EN*1561)» отмечено, что в заказе на отливки необходимо указать, является ли характерным свойством временное сопротивление при растяжении или твердость по Бринеллю (*HB*), и, в зависимости от этого, маркировка обозначается по-разному.

Например:

- чугун *DIN* 1691 *GG*-25 или чугун *DIN* 1691 *GG*-210 *HB*

Буквы GG обозначают соответственно: «*gegossen*» – отлито и «*Gusseisen*» – чугун, число «25» – временное сопротивление в кгс/мм^2. По *EN* этот чугун обозначается как *GJL*-250, где «250» – в МПа (Н/мм^2).

В стандарте *DIN* «*Gusseisen mit Kugelgraphit* (*DIN*1693 / *EN*1563: 1997)» на шаровидный графит в названии марки три буквы «*GGG*» означают: *G* – «*gegossen*» (отлито), *G* – «*Gusseisen*» (чугун), *G* – «*globular*» (шаровидный), далее указывают в кгс/мм^2, например, *GGG*–60. По *EN*1563 «*Founding. Spheroidal graphite cast iron*» этот чугун будет обозначаться как *GJS*-600-3, т.е. в маркировке дополнительно указывают относительное удлинение в процентах (в данном примере b = 3 %). В стандартах также указан уровень остальных основных механических свойств (твердость, предел текучести). Необходимо отметить, что по этому стандарту выпускают чугуны с весьма высоким уровнем свойств – от *GJS*-350-22 до *GJS*-800-2.

В британском стандарте на шаровидный графит «*Nodular graphite cast iron BS* 2789» марка (*grade*) чугуна обозначается цифрами, соответственно МПа (Н/мм^2) / b (%). Например, *grade* 420/12 означает, что чугун имеет свойства =420 МПА (Н/мм^2), b=12 %.

Ковкий чугун в зависимости от матрицы обозначается буквами «*B*» (ферритный) или «*P*» (перлитный), далее указывают в МПа (кгс/мм^2) и b в процентах.

Например, *B*35-12, *P*60-03. Серый чугун маркируют только тремя цифрами, которые показывают временное сопротивление чугуна в МПа (Н/мм^2) – *grade* 180.

В настоящее время стандарты серии *EN* заменяют стандарты *BS*.

В США чугуны разделяют на классы следующим образом:

- серый чугун (*gray iron*);
- высокопрочный чугун (*ductile iron*);
- ковкий чугун (*malleable iron*);
- чугун с вермикулярным (компактным) графитом (*compacted graphite iron*);
- белый чугун (*white iron*);
- половинчатый чугун (*mottled iron*);
- высокопрочный изотермически закаленный чугун (*austempered ductile iron*).

Классификация форм графитных включений.
Технические условия *ASTM A*48 делят серые чугуны на классы – от 20 до 60, где число обозначает временное сопротивление в k_{si}. Например, класс 20 соответствует 140 МПа (Н/мм^2), что соответствует марке чугуна СЧ 15.
Кроме указанного, действует еще ряд технических условий на серые чугуны для определенного вида изделий, например, *ASTM A*159 – для автомобильной промышленности.

Для высокопрочных чугунов также используется система маркировки по механическим свойствам. В системе ASTM для таких чугунов указывают временное сопротивление в k_{si} – предел текучести в k_{si} – относительное удлинение в процентах. Например, *ASTM A*716 – 60–42–10 означает высокопрочный чугун по техническим условиям *A*716 *c* =60 k_{si}; =42 k_{si}; *b*=10 %.

В стандарте *UNS* маркировка чугунов начинается с буквы «*F*» и состоит из пятизначного номера. Маркировка серых чугунов начинается с «1», например, *F*11701 (аналог СЧ 15), ковких – с «2» – F23530, высокопрочных – с «3» – *F*33100.

По *ASTM* ковкие чугуны обозначают пятизначным числом, в котором первые три цифры – предел текучести в Н/мм^2, две последние – относительное удлинение в процентах. Для того, чтобы указать на размерность (метрическую) в маркировке ставят букву «*M*», например чугун по *ASTM A*47 марки 480М3 означает, что =480 МПа (Н/мм^2), b=3 %.

Маркировка чугуна с вермикулярным графитом не имеет аналогов в стандартах Украины и СНГ. По *ASTM A*842 марки такого чугуна 250; 300; ..450, где число – временное сопротивление в МПа (Н/мм^2).

Износостойкие легированные чугуны стандартизированы техническими условиями *ASTM* A532. По техническим условиям такие чугуны делят на три класса по основному элементу и системе легирования. Класс I определяет износостойкие чугуны, легированные никелем – так называемые «нихарды» (от *Ni–hard*) и в него входят четыре типа чугунов, обозначаемые буквами *A*, *B*, *C*, *D*. Класс II – чугуны со средним содержанием хрома (от 12 до 20 %) и тоже делится на типы (*A*, *B*, *C*). Класс III – чугун с содержание хрома 25 % (тип *A*).

По стандарту Японии *JIS* маркировка чугунов начинается с буквы «*F*», далее идет буква или сочетание букв, показывающие тип чугуна («*C*» – серый чугун, «*CM*» – ковкий, «*CD*» – высокопрочный) и три цифры, показывающие временное сопротивление чугуна в Н/мм2. Например, *FCD* 400 соответствует марке ВЧ 40.

КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО *SAE*

Американский институт железа и стали (*AISI = American Iron and Steel Institute*) совместно с Обществом автомобильных инженеров (*SAE = Society of Automotive Engineers*) разработала четырехзначную классификацию сталей. В этой классификации предусматривается указание содержания углерода в стали.
Одна часть углерода составляет 0,01%. Другими словами, 100 частей углерода означает содержание углерода 1%.
Процентное содержание углерода в стали имеет огромный вклад в прочность и характеристики стали.
Например:
Мягкая (низкоуглеродистая) сталь имеет менее 20 частей углерода (0.02%).
Сталь называется мягкой, потому что она легко обрабатывается, но не обладает достаточной твердостью. Низкоуглеродистая сталь используется для изготовления тех деталей, которые не испытывают значительных нагрузок. Например, при изготовлении кузова автомобиля низкоуглеродистые стали используются для формирования дверных панелей, капота, крыльев и других деталей оперенья.
Среднеуглеродистые стали, как правило, имеют от 25 до 50 частей углерода (от 0,25% до 0,50%).
Этот тип сталей может подвергаться термической обработке с целью придания пластичности, или, наоборот, с целью придания прочности. Среднеуглеродистые стали используются для поковок и для изготовления деталей машин и механизмов.
Высокоуглеродистая сталь обычно имеет от 60 до 100 частей (от 0,60% до 1,00%) углерода, и обладает

высокой прочностью. Обычно высокоуглеродистые стали используются для изготовления автомобильных пружинных элементов (рессоры, торсионные валы, цилиндрические пружины).

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:

Как среднеуглеродистые, так и высокоуглеродистые стали можно закаливать путем нагревания, с последующим охлаждением, используя воду или масло для быстрого охлаждения металла. Если Вы подвергаете нагреву металлические детали, дайте им возможность медленно охладиться, чтобы не получить чрезмерную твердость и хрупкость.

Классификация сталей по *SAE* предусматривает четырехзначную нумерацию.
Первые две цифры нумерации означают тип сплава, который может включать в себя несколько легирующих добавок.
Последние две цифры обозначают содержание углерода в баллах.

1xxx = *plain carbon steels* = простые углеродистые стали
2xxx = *nickel steels* = никелевые стали
3xxx = *nickel-chromium steels* = никель-хромовые стали
4xxx = *molybdenum steels* = молибденовые стали
5xxx = *chromium steels* = хромовые стали
6xxx = *chromium-vanadium steels* = хром-ванадиевые стали
7xxx = *tungsten-chromium steels* = вольфрам-хромистые стали
9xxx = *silicon-manganese steels* = кремний-марганцевые стали

Вторая цифра в обозначении стали означает суммарное содержание основных легирующих компонента в процентах (цифра 1 означает 1%).

Для изготовления кованых коленчатых валов обычно используется сталь *SAE* 4340
Анализ числового обозначения 4340 указывает, что в составе стали 3% легирующих добавок (1,82% никеля, от 0,5% до 0,8% хрома и 0,25% молибдена), а также 40 пунктов углерода (0,40%).

АЛЮМИНИЙ И АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Алюминий представляет собой легкий металл, который используется во многих автомобильных приложениях, включая компоненты подвески, двигателя, блоков и головки цилиндров. Алюминий – это почти всегда комбинация с небольшим количеством других металлов с образованием сплава с использованием меди, марганца, цинка или кремния. Алюминия и алюминиевые сплавы предназначены для изготовления деталей в формовочных машинах, поэтому их называют деформируемыми сплавами (*wrought alloys*), и маркируют в соответствии с Международной системой обозначения сплавов (*Alloy Designation system*). Система использует четырехзначный номер, который идентифицирует легирующие элементы в сплаве, и, через тире (-), определение вида термической обработки. За этим следует номер, идентифицирующий конкретную степень твердости или характер готового сплава.

Типичным примером может послужить обозначение сплава 6061-T6.

- По номеру 6061 можно определить, что сплав относится серии 6000, и является сплавом алюминия с магнием и кремнием.
- Число 61 позволяет идентифицировать другие элементы и их процентное соотношение.

Система нумерации для литейных алюминиевых сплавов аналогична, но рассчитана по стандартам Алюминиевой Ассоциации (*Aluminum Association* = *AA*).

Краткое изложение изученного материала

РЕМАРКА:

Термины и основные формулировки приведены на двух языках: английском и русском. Конечно же, Вы можете проигнорировать формулировки, приведенные на иностранном языке, однако, повседневная работа потребует знания языков, и часто Вам придется быть один-на-один с Manual Repair, неважно, в бумажном или электронном виде. Поэтому, рекомендуем Вам постепенно набираться опыта в переводе текста «с листа».
Работодатель крайне заинтересован в этом умении. Его не интересует, умеете ли Вы говорить, и понимать устную речь, сможете ли Вы «выжить» за рубежом, не зная языка. Ему важно только Ваше умение читать по-русски английские/немецкие тексты, и безошибочно находить необходимую информацию, установочные и регулировочные параметры, читать и понимать указания производителя транспортного средства.

Термины, которые необходимо знать!

Acid material = Кислотные материалы
Alkaline = Щёлочь
Brake = Тормоз
Brake horsepower (*bhp*) = Мощность тормозной системы
BTU (*British Thermal Unit*) = Британская термальная единица
Caustic material = Щелочные материалы
Celsius (*centigrade*) = Цельсий (шкала Цельсия)
Conduction = Теплопроводность
Conductor = Проводимость
Convection = Конвекция
Dynamometer (*dyno or dyn*) = Динамометр (здесь – динамометрический стенд)
Energy = Энергия
Fahrenheit = Фаренгейт (шкала Фаренгейта)
First-class lever = Рычаг первого рода
Force = Сила
Fulcrum = Точка опоры (шарнир)
Horsepower = Лошадиная сила (здесь – мощность)
Hypothesis = Гипотеза (предположение)
Inertia = Инерция
Insulator = Изолятор
Kinetic energy = Кинетическая энергия
Leverage = Рычажная система
Mass = Масса
Mechanical advantage = Преимущества механизмов
Newton's laws of motion = Законы движения Ньютона
Pedal ratio = Передаточное число педального привода
pH = Водородный показатель
Potential energy = Потенциальная энергия
Power = Мощность
Propagation = Распространение
Radiation = Радиация (излучение)
Root cause = Первопричина
Scientific method = Научный подход
Second-class lever = Рычаг второго рода
Third-class lever = Рычаг третьего рода
Torque = Крутящий (вращающий) момент
Weight = Вес
Work = Работа
Wrought alloys = Деформируемые сплавы

Основные формулировки и расшифровки понятий, применяемых в Главе 13

(англоязычная версия изложения материала позволит Вам подготовиться к сертификации, а преподавателям иностранного языка подобрать тематику занятий, приближенную к изучаемому материалу).
Замечание автора: перевод дан с небольшой литературной обработкой

The scientific method is a series of steps taken to solve a problem. The scientific method is the foundation of automotive diagnosis.	Научный метод представляет собой ряд шагов для решения проблемы. Научный метод-основа автомобильной диагностики.
While a service technician will not perform research, using a scientific approach to problem solving is very important. This means that every fault should be investigated to determine the root cause rather than solving what at first is thought to be the problem or fault.	До того момента, когда специалист по обслуживанию не начинает проводить исследования, использование научного подхода к решению проблем очень важен. Это означает, что каждая ошибка должна быть исследована, чтобы определить основную причину, а не решать то, что сначала пришло на ум, наблюдая проблему или неисправность.

The root cause is the true cause of a failure, which may not be noticed at first.	Первопричина – есть истинная причина отказа, которую можно сначала и не заметить.
Energy is the ability or the capacity to do work. Energy in the form of a moving object is called kinetic energy.	Энергия – это возможность или способность совершать работу. Энергии в виде движущегося объекта называется кинетической энергией.
Torque is the term used to describe a rotating force that may or may not result in motion. Torque is measured as the amount of force multiplied by the length of the lever through which it acts.	Крутящий момент – это термин, используемый для описания вращающей силы, которая может или не может привести тело в движение. Крутящий момент определяется как количество силы, умноженной на длину рычага, через который она действует.
Work is defined as actually accomplishing movement when force (torque) is applied to an object.	Работа определяется, как фактически выполненное движение, когда усилие (вращающий момент) прилагается к объекту.
*The term **power** means the rate of doing work. Power equals work divided by time.*	Термин мощность означает темп выполнения работы. Мощность равна работе, деленной на время.
The power an engine produces is called horsepower (hp). The actual horsepower produced by an engine is measured with a dynamometer.	Мощность, производимая двигателем, называется лошадиная сила (*HP*). Фактическая мощность, вырабатываемая двигателем, измеряется с помощью динамометра.
Newton's first law of motion states that an object at rest tends to stay at rest and an object in motion tends to stay in motion unless acted on by an outside force.	Первый закон движения Ньютона гласит, что объект в состоянии покоя имеет тенденцию оставаться в покое, а объект в движении имеет тенденцию оставаться в движении, пока не действуют силы внешнего воздействия.
Newton's second law of motion states that the force needed to move an object is proportional to the mass of the object multiplied by the acceleration rate of the object.	Второй закон движения Ньютона гласит, что усилие, необходимое для перемещения объекта, пропорционально массе объекта, умноженной на величину ускорения объекта.
Newton's third law of motion states that for every action, there is an opposite and equal reaction.	Третий закон Ньютона утверждает, что для каждого действия существует противоположная и равная реакция.
Kinetic energy is a fundamental form of mechanical energy. It is the energy of mass in motion.	Кинетическая энергия – фундаментальная форма механической энергии. Это энергия массы, находящейся в движении.
The relationships between weight, speed, and kinetic energy have significant practical consequences for the brake system engineer.	Взаимосвязь между массой, скоростью и кинетической энергией имеют существенное практическое значение для конструкторов тормозной системы.
The primary mechanical principle used to increase application force in every brake system is leverage. In the science of mechanics, a lever is a simple machine that consists of a rigid object, typically a metal bar that pivots about a fixed point called a fulcrum.	Основной механический принцип, используемый для увеличения усилия в каждой тормозной системе, это система рычагов. В науке механике рычаг –это простой механизм, который состоит из жесткого элемента, как правило, металлического стержня, поворачивающегося вокруг неподвижной точки, называемой точкой опоры.
Heat and temperature are related but are not the same. Temperature is the intensity of the heat source, whereas heat is the quantity of heat. For example, the heat from a match and a large fire may measure the same temperature, but the amount of heat generated by the fire is far greater than the amount of heat generated by a single match.	Теплота и температура связаны, но не являются одним и тем же. Температура интенсивность источника тепла, а тепло – количество тепла. Например, тепло от спички и большой пожар может иметь же температуру, но количество тепла, выделяющегося при пожаре, гораздо больше, чем количество тепла, образующегося от одной спички.

Heat energy can be transferred by three ways, including: *Conduction is the process of the heat traveling from a hotter part to a colder part of the same object or by direct contact.* *Convection is the transfer of heat through a liquid or a gas, which causes it to rise while the cooler liquid or gas falls within a container.* *Radiation is a method of energy transfer where heat is transmitted through the air.*	Тепловая энергия может передаваться тремя способами, в том числе: Проводимость – это процесс тепловой передачи от более горячей части к более холодной части того же объекта или при непосредственном контакте. Конвекция – это передача тепла через жидкость или газ, что вызывает её рост, в то время как холодные жидкости или газа попадают в контейнер. Излучение – это способ передачи энергии, где тепло передается через воздух.
Temperature is the measurement of the ability to give up or absorb heat from another body. Heat always flows from a warmer object to a colder object.	Температура является мерилом способности отдавать или поглощать тепло другого тела. Тепловой поток всегда направлен от тёплого объекта к холодному объекту.
Acids are substances that can corrode metals and some can cause severe burns to the skin.	Кислоты – это вещества, которые могут вызвать коррозию металлов, а некоторые могут вызвать серьезные ожоги кожи.
A base is a substance that can also burn the skin if strong enough and is also referred to as alkaline.	Основание – это вещество, которое также может обжечь кожу, если достаточно сильна ,и также называется щелочью.
Gas laws are a set of characteristics that describe how gases act and the relationship between their temperature, pressure, and volume.	Газовые законы – это набор характеристик, которые описывают, как действуют газы, и раскрывают связь между температурой, давлением и объемом.
Sound is the movement of air which the ear interprets as sound.	Звук – это движение воздуха, которое ухо интерпретирует как звук.
Acoustics is the study of sound and how it is generated and transmitted.	Акустика – учение о звуке, и как он генерируется и передается.
There are three basic types of plastic. *Thermoset plastic – This type of plastic is changed chemically when cured and shaped and cannot be reheated or reformed.* *A thermoplastic, is a plastic material, polymer that becomes pliable or moldable above a specific temperature and solidifies upon cooling.* *Elastomer – This term is understood as polymers having in the range of operation are highly elastic properties.*	Существует три основных вида пластика. Термореактивные пластмассы – этот вид пластика, химически преобразуемый при отверждении и формировании, и не может быть расплавлен или реформирован. Термопластик – представляет собой пластичный материал, который становится пластичным или способным к формированию при специфичной температуре, и твердеет при снижении температуры. Эластомер – под этим термином понимают полимеры, обладающие в диапазоне эксплуатации высокими эластичными свойствами.
Iron is a chemical element with a symbol of Fe. Steel is made from iron after further refining.	Железо – это химический элемент с символом *Fe*. Сталь производится из железƒ после дальнейшей переработки.
The main difference between iron and steel is the amount of carbon.	Главное отличие чугуна и стали – количество углерода.

Вопросы и задания для контроля усвоения пройденного материала

РЕМАРКА:

Предложенные Вашему вниманию вопросы и задания рекомендованы преподавателям для оценки Вашей самостоятельной работы с учебным материалом перед началом выполнения лабораторных и практических занятий.

Обдумайте содержание вопросов и попытайтесь дать короткий ответ

1. Объясните, что подразумевается под термином «Кинетическая энергия»?
2. Расскажите, как инженеры учитывают величину кинетической энергии и силу инерции при конструировании тормозных систем автомобиля.
3. Объясните, какие преимущества используются применением рычажной системы в тормозной системе автомобиля.
4. Объясните, в чем заключается различие между рычагами первого, второго и третьего рода?
5. Объясните, в чем состоит основная разница между мощностью и крутящим моментом?
6. Дайте определения таким понятиям, как температура и теплота. Перечислите три основных способа теплопередачи.
7. Расскажите, как быстро перевести показания стоградусного термометра в градусы Фаренгейта?
8. Приведите примеры применения основных газовых законов при реализации процессов в автомобильном двигателе.
9. Расскажите, как меняется водородный показатель при оценке активности кислотных и щелочных веществ?
10. Объясните, в чем состоит основная разница между чугунами и сталями?

Изучите и отметьте только те из приведенных рассуждений, которые Вы сочтете верными.

1. Внимательно прочтите нижеприведенные утверждения, и отметьте только одно, НЕВЕРНОЕ утверждение

A	Кинетическая энергия должна утилизироваться тормозной системой	
B	Кинетическая энергия возрастает в два раза при двукратном увеличении скорости автомобиля	
C	Чем тяжелее транспортное средство, тем большей кинетической энергией оно обладает при движении	
D	Кинетическая энергия возрастает в два раза при двукратном увеличении массы автомобиля	

2. В конструкции педального узла тормозной системы используется рычажный механизм, чтобы…

A	…увеличить передаваемое усилие от педали тормоза к толкателю главного тормозного цилиндра	
B	…уменьшить ход площадки педали, на которую воздействует водитель	
C	…снизить передаваемое усилие от педали тормоза к толкателю главного тормозного цилиндра	
D	…обеспечить свободный ход педали тормоза, замеряемой между полом и площадкой педали при её отпущенном состоянии	

3. Техник А утверждает, что механическая работа выполняется, даже если не происходит никакого перемещения, например, при проверке затяжки крепежных деталей динамометрическим ключом.

Техник В утверждает, что вращающий момент – это усилие, которое может вращать, но может и не вращать деталь, к которой прилагается вращающий момент.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А			Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В			Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

4. Два техника обсуждают возможность испытания автомобиля на динамометрическом стенде.

Техник А утверждает, что динамометрический стенд измеряет крутящий момент, создаваемый двигателем.

Техник В утверждает, что динамометрический стенд измеряет мощность, создаваемую двигателем.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

5. В нижеприведенном перечне механизмов следует отметить только тот, в котором используются преимущества механического рычага.

A	Центробежный водяной насос системы охлаждения	
B	Отопитель системы обогрева салона	
C	Тормозной механизм стояночной тормозной системы	
D	Механический привод системы зарядки аккумуляторной батареи.	

6. Два техника обсуждают такие понятия, как «температура» и «теплота».

Техник А утверждает, что температура – это показатель уровня теплового состояния физического объекта.

Техник В утверждает, что теплота, это количественный показатель содержащейся в физическом объекте тепловой энергии.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

7. Укажите, какой тип теплопередачи происходит при непосредственном соприкосновении тел?

A	Конвективный теплообмен	
B	Тепловое излучение	
C	Теплопередача	
D	Теплоёмкость	

8. Техник А утверждает, что одной из реперных точек по шкале Цельсия взята температура таяния льда.

Техник В утверждает, что одной из реперных точек по шкале Фаренгейта взята температура человеческого тела.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

9. Техник А утверждает, что водородный показатель частой (дистиллированной) воды $pH = 7$.

Техник В утверждает, что водородный показатель чистой (дистиллированной) воды $pH = 0$.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

10. Техник А утверждает, что содержание углерода в чугуне должно превышать 2,14%, в противном случае металл будет называться сталью.

Техник В утверждает, что содержание углерода в стали должно быть меньше 2,14%, в противном случае металл будет называться чугуном.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А			Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В			Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

Материалы перевел, актуализировал и подготовил к публикации Дмитрий Титаренко

В основу положены следующие материалы:

1. Учебник *James D. Halderman Principles, Diagnosis, and Service, 2012, Pearson Education, Inc*.
2. *Petr Gerdik, Detkef Bruhn, Dietmar Danner, Leonhard Endruschat, Jürgen Göbert, Heinrich Gross, Detlef Lommol; Kraftfahrzeugtechnik; Westermann*, 2004
3. Е.О. Антонова О.В. Валеева Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Технология конструкционных материалов»; Тюменский государственный университет. 2005.