



# Энергоресурсы и их использование

Автор – доцент каф. ТиГ ВятГУ  
Суворов Дмитрий Михайлович  
*E-mail: [dmilar@mail.ru](mailto:dmilar@mail.ru)*

# Модульный план курса

- 1. Энергетические ресурсы и их использование.
- 2. Тепловые и атомные электростанции.
- 3. Гидроэнергетические установки.
- 4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Энергосбережение.

# Литература по курсу

- Быстрицкий, Геннадий Федорович. Основы энергетики : учебник / Г. Ф. Быстрицкий. - 2-е изд., испр. и доп.. - М. : Кнорус, 2011. - 350 с. : ил.. - Библиогр.: с. 349-350 (28 назв.)
- Теплотехника : учеб. для вузов / под ред. В. Н. Луканина. - 5-е изд., стер.. - М. : Высш. шк., 2006. – 671 с. : ил.. - Библиогр.: с. 670
- Александров, Алексей Александрович. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок : учеб. пособие / А. А. Александров. - М. : Изд. дом МЭИ, 2006. - 158 с. : ил.
- Шестаков, И. В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. В. Шестаков, А. А. Пятин ; ВятГУ, ЭТФ. каф. ТиГ. - Киров : [б. и.], 2010 - . Ч. 1. - 86

# Основные понятия

- **Энергия** – единая скалярная количественная мера движения материи.
- **Потребление энергии** – использование человеком (цивилизацией) внешних источников движения для удовлетворения тех или иных потребностей.
- **Энергетический ресурс** – внешний носитель движения, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид такого движения (атомная, тепловая, механическая, электрическая, химическая энергия и так далее).
- **Первичная энергия** – та, которая может непосредственно извлекаться из природной среды (ископаемого топлива, ветра, воды, Солнца, ядерного топлива, внутреннего тепла Земли).
- **Вторичная энергия** – та, которая получается человеком для непосредственного потребления, аккумуляирования или транспортировки путем преобразования первичной энергии.

# Основные понятия

- **Коммерческие источники энергии** – это *твердые* (каменный и бурый уголь, торф, горючие сланцы, битуминозные пески), *жидкие* (нефть и газовый конденсат), *газообразные* (природный газ, сланцевый газ) виды топлива и *электроэнергия*, произведенная на гидроэлектростанциях, атомных, ветровых, геотермальных, солнечных, приливных и волновых электростанциях.
- **Некоммерческие источники энергии** — древесное топливо, сельскохозяйственные и промышленные отходы, мускульная сила рабочего скота и собственно человека.
- **Ресурсы органического топлива** — запасы топлива, содержащиеся в земной коре, имеющие (в настоящее время или в обозримой перспективе) экономическое значение.
- **Доказанные (или разведанные) ресурсы** — запасы, точно измеренные геологическими и техническими методами.
- **Извлекаемые (а также дополнительно извлекаемые) ресурсы** — запасы, чьи промышленные разработки возможны при существующих (или ожидаемых) технико-экономических условиях.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

- **Энергетическая эффективность** (ФЗ №261) - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.
- **Энергосбережение** (ФЗ №261)- реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).
- **Энергетическое обследование** (ФЗ №261) - сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

- Единицы измерения энергии:
  - 1 Джоуль (Дж),
  - 1 Гигакалория (Гкал),
  - 1 киловатт-час (кВт·ч),
  - 1 тонна условного топлива (т у.т.),
  - 1 тонна нефтяного эквивалента (т н.э.).
- Связь между единицами измерения:
  - $1 \text{ Гкал} = 4,187 \text{ ГДж} = 1163 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ ;
  - $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3600 \text{ кДж}$ ;
  - $1 \text{ т у.т.} = 29,3 \text{ ГДж} = 7 \text{ Гкал}$ ;
  - $1 \text{ т н.э.} = 41,87 \text{ ГДж} = 10 \text{ Гкал}$ .

# Основные понятия

- Некоторые виды топлива измеряются в единицах массы или объема, энергетический эквивалент которых не является постоянной величиной.
  - Это 1 баррель нефти, 1 кубометр природного или иного газа, 1 литр бензина или дизтоплива, 1 тонна мазута, 1 тонна угля, 1 кубометр дров или отходов лесопереработки и т.д.
  - Энергетический запас таких видов топлива пересчитывается в основные единицы измерения.
- Единицы измерения мощности:
  - 1 Ватт (Вт),
  - 1 лошадиная сила (л.с.),
  - 1 гигакалория в час (Гкал/ч).
- Соотношение между этими величинами:
  - 1 л.с. = 736 Вт;
  - 1 Гкал/ч = 1163 кВт = 1,163 МВт.



# Примерные ресурсы первичной энергии

## Ресурсы энергии на Земле

Ресурсы	Количество, МВт·ч
1. Невозобновляемые (общие запасы):	
термоядерная энергия	$100\,000 \cdot 10^{12}$
ядерная энергия деления	$547 \cdot 10^{12}$
химическая энергия ископаемых органических горючих веществ	$55 \cdot 10^{12}$
внутреннее тепло Земли (геотермальная энергия)	$0,134 \cdot 10^{12}$
2. Ежегодно возобновляемые:	
энергия солнечных лучей, достигающих земную поверхность	$580 \cdot 10^{12}$
энергия солнечных лучей, аккумулирующихся в верхних слоях атмосферы (150—200 км) в виде атомарного кислорода	$0,000012 \cdot 10^{12}$
энергия морских приливов	$70 \cdot 10^{12}$
энергия ветра	$1,700 \cdot 10^{12}$
энергия рек	$0,018 \cdot 10^{12}$

# Примерные ресурсы первичной энергии

## Ориентировочные мировые запасы основных органических горючих

Виды горючего	Геологические		Извлекаемые	
	млрд т у.т.*	%	млрд т у.т.*	%
Всего	12 800	100	3 800	100
В том числе:				
уголь	11 200	87,4	2 900	76
нефть	740	5,8	370	9,7
газ природный	630	4,9	500	13,3
прочие	230	≈1,9	30	≈1,0

\*Условного топлива

# Традиционные и нетрадиционные источники энергии

- Традиционные
  - Уголь (каменный, бурый, антрацит)
  - Горючие сланцы
  - Нефть
  - Природный и попутный газ
  - Традиционные биоресурсы (например, древесные)
  - Гидроэнергия
  - АЭС на тепловых нейтронах
- Нетрадиционные
  - Топливные невозобновляемые (сланцевый газ, угольный метан, битуминозные пески, газогидраты)
  - Нетопливные невозобновляемые (АЭС на быстрых нейтронах, газоохлаждаемые реакторы, ресурсы термоядерной энергетики)
  - Возобновляемые (солнце, энергия ветра, геотермальная энергия, тепловая энергия грунта, природной воды, тепловых стоков, нетрадиционная гидроэнергия, в том числе приливов, волн, океанских течений, микроГЭС)

# Мировое потребление первичной коммерческой энергии

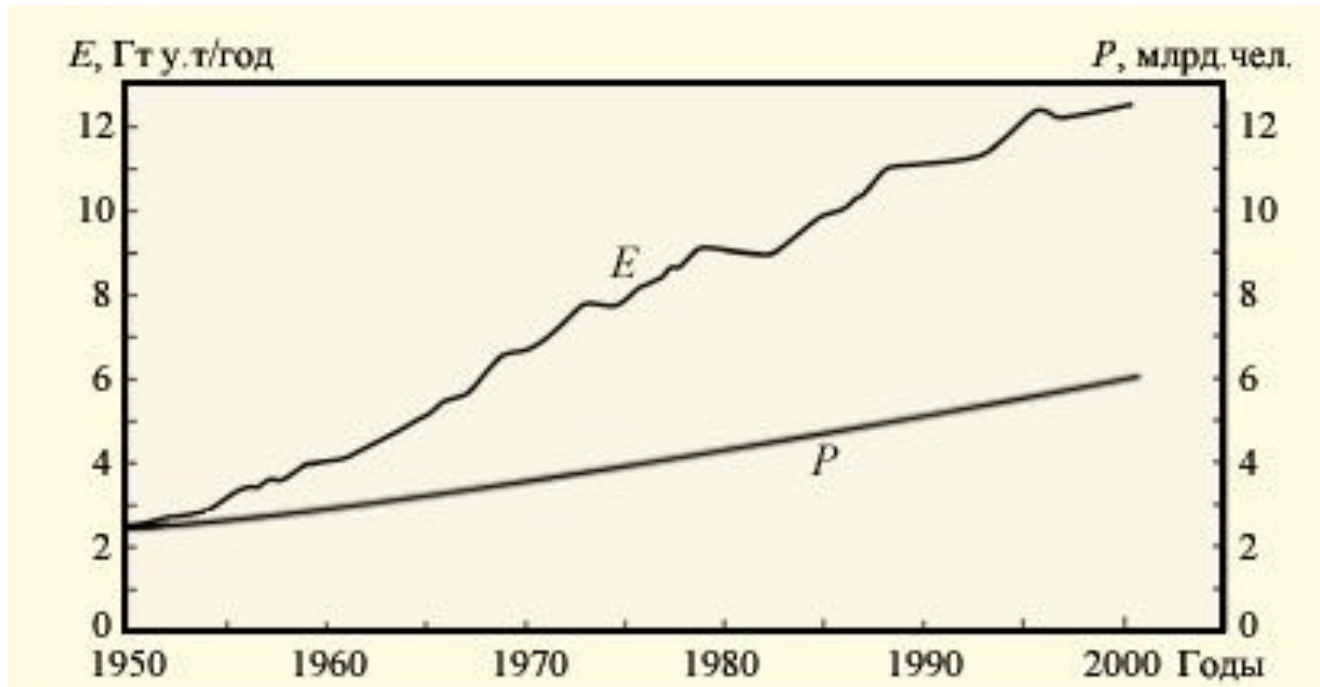


Рис. 1.1. Мировое потребление коммерческой энергии  $E$  и численность населения  $P$

# Мировое потребление коммерческой энергии на душу населения

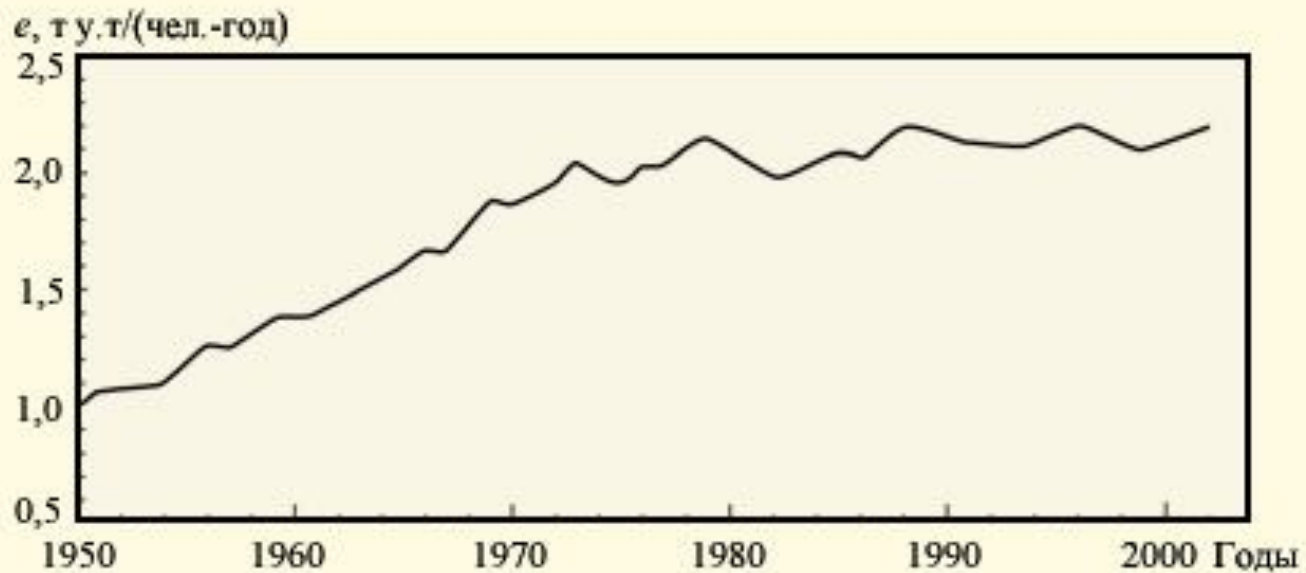


Рис. 1.2. Мировое потребление коммерческой энергии  $e$  на душу населения

# Прогноз потребления первичной энергии на Земле

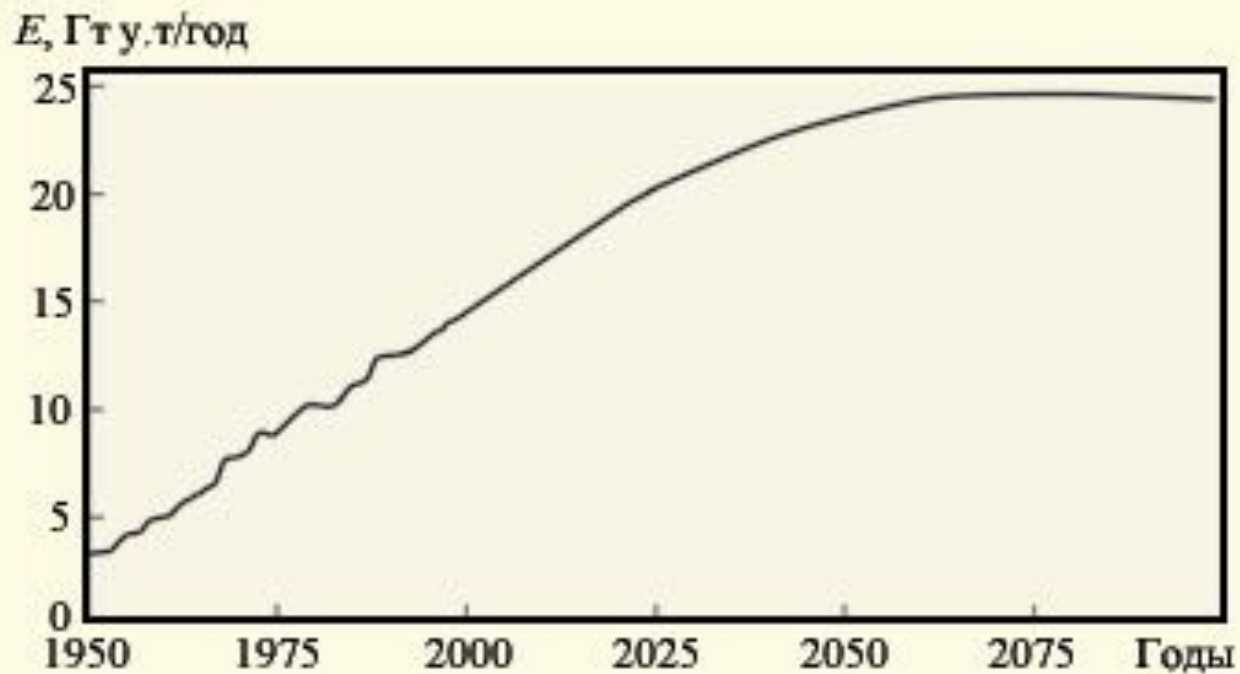


Рис. 1.4. Базовый прогноз потребления энергии в мире  $E$

# Органическое топливо

- **Удельной теплотой сгорания** (или теплотворной способностью) топлива называется количество теплоты единицы массы или объема топлива, выделившееся при полном его сгорании. Теплоту сгорания обычно определяют на рабочую (для газа – также и на сухую) массу топлива.
  - Для твердого и жидкого топлива удельную теплоту определяют на 1 кг топлива, а для газообразного – на 1 кубометр, взятый при нормальных физических условиях (0°C, 760 мм рт. ст.)
- **Высшей теплотой сгорания** называют теплоту, выделяемую при полном сгорании топлива.
- **Низшей теплотой сгорания** называют теплоту, выделяемую при полном сгорании топлива, за вычетом теплоты, затраченной на испарение влаги, содержащейся в топливе, а также влаги, образующейся в результате окисления водорода топлива
- **КПД теплоиспользующих установок** принято определять как отношение полезно использованной теплоты к теплоте, выделившейся при сгорании, за вычетом теплоты, которую можно было бы получить при конденсации водяных паров, находящихся в уходящих газах, то есть по отношению к низшей теплоте сгорания. Если водяной пар из уходящих газов удастся сконденсировать, то КПД, определенный по низшей теплоте сгорания, может быть больше единицы (или 100%).

# Характеристики твердого топлива

Примерный состав и теплотехнические характеристики горючей массы твердого топлива

Топливо	Состав горючей массы, %					Выход летучих веществ, $V^r$ , %	Низшая теплота сгорания, МДж/кг	Жаро-производительность, $t_{\text{макс}}$ , °С	$RO_2$ макс* продуктов сгорания, %
	C <sup>r</sup>	S <sup>r</sup>	H <sup>r</sup>	O <sup>r</sup>	N <sup>r</sup>				
Дрова	51	—	6,1	42,2	0,6	85	19	1 980	20,5
Торф	58	0,3	6	33,6	2,5	70	8,12	2 050	19,5
Горючий сланец	60—75	4—13	7—10	12—17	0,3—1,2	80—90	7,66	2 120	16,7
Бурый уголь	64—78	0,3—6	3,8—6,3	15,26	0,6—1,6	40—60	27	—	19,5
Каменный уголь	75—90	0,5—6	4—6	2—13	1—2,7	9—50	33	2 130	18,72
Полуантрацит	90—94	0,5—3	3—4	2—5	1	6—9	34	2 130	19,32
Антрацит	93—94	2—3	2	1—2	1	3—4	33	2 130	20,2

\*  $RO_2 = CO_2 + SO_2$



# Элементарный состав твердого и жидкого топлива

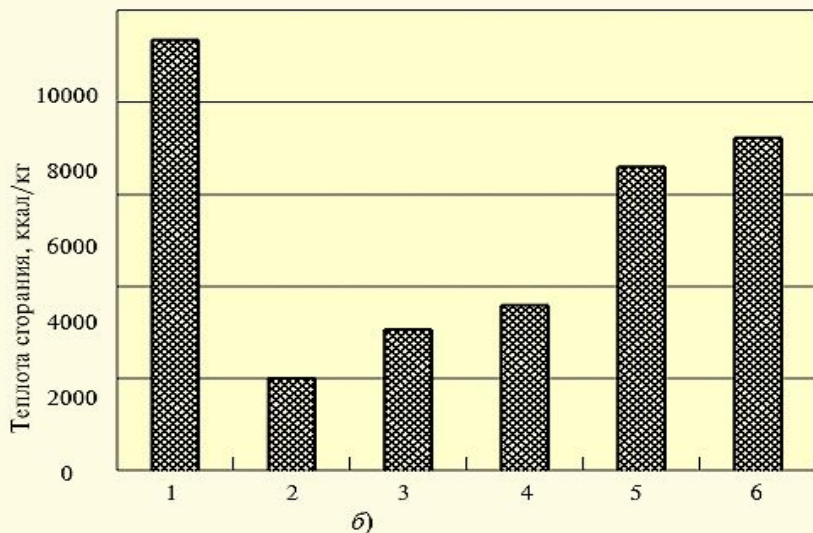
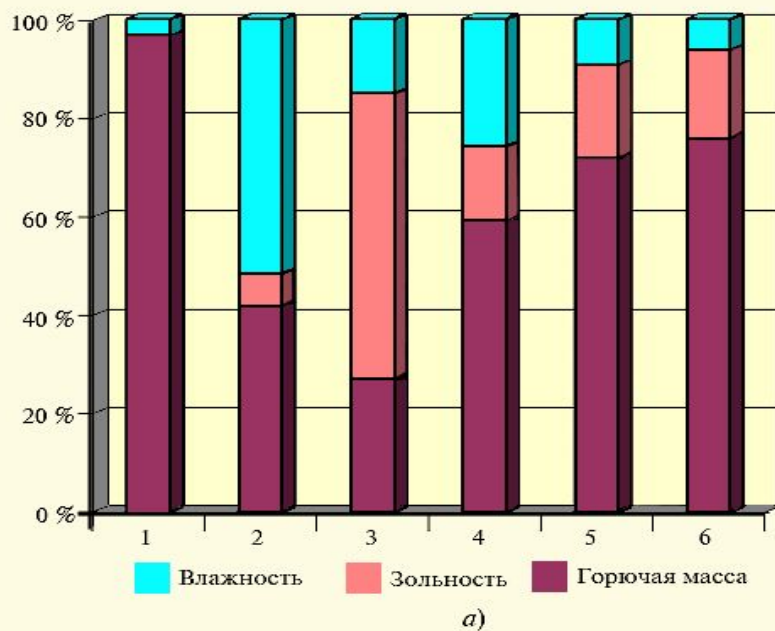
Формулы для пересчета состава топлива с одной массы на другую

Заданная масса топлива	Искомая масса топлива, %		
	Рабочая	Сухая	Горючая
Рабочая	1	$\frac{100}{100 - W^p}$	$\frac{100}{100 - (W^p + A^p)}$
Сухая	$\frac{100 - W^p}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^c}$
Горючая	$\frac{100 - (W^p + A^p)}{100}$	$\frac{100 - A^c}{100}$	1

# Основные характеристики жидких нефтяных топлив

Характеристики жидких топлив, получаемых из нефти

Топливо	Состав горючей массы, %				Зольность сухого топлива, Ас, %	Влага рабочего топлива, W <sup>P</sup> , %	Низшая теплота сгорания рабочего топлива, МДж/кг
	Углерод C <sup>r</sup>	Водород Н <sup>r</sup>	Сера S <sup>r</sup>	Кислород и азот O <sup>r</sup> + N <sup>r</sup>			
Бензин	85	14,9	0,05	0,05	0	0	43,8
Керосин	86	13,7	0,2	0,1	0	0	43,0
Дизельное	86,3	13,3	0,3	0,1	Следы	Следы	42,4
Солярное	86,5	12,8	0,3	0,4	0,02	Следы	42,0
Моторное	86,5	12,6	0,4	0,5	0,05	1,5	41,5
Мазут:							
малосернистый	86,5	12,5	0,5	0,5	0,1	1,0	41,3
сернистый	85	11,8	2,5	0,7	0,15	1,0	40,2
многосернистый	84	11,5	3,5	0,5	0,1	1,0	40,0



## Сравнение характеристик мазута и твердых топлив

Рис. 1.5. Сравнительные характеристики мазута и твердых топлив: 1 — мазут; 2 — торф; 3 — сланец; 4 — бурый уголь; 5 — каменный уголь; 6 — антрацит

# Характеристики газовых топлив

## Состав и теплота сгорания горючих газов

Наименование газа	Состав сухого газа, % по объему								Низшая теплота сгорания сухого газа $Q_H^c$ , МДж/м <sup>3</sup>
	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	CO	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>	
Природный	94,9	—	—	3,8	—	0,4	—	0,9	36,7
Коксовый (очищенный)	22,5	57,5	6,8	1,9	0,8	2,3	0,4	7,8	16,6
Доменный	0,3	2,7	28	—	—	10,2	0,3	58,5	4,0
Сжиженный (ориентировочно)	4	Пропан 79, этан 6, изобутан 11							88,5