

ДЕПАРТАМЕНТ ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ ЭКОНОМИЧЕСКИМ И СОЦИАЛЬНЫМ ВОПРОСАМ
СТАТИСТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Серия **F** № **44**

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕСЧЕТА



ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Нью-Йорк • 1987

ПРИМЕЧАНИЕ

Условные обозначения документов Организации Объединенных Наций состоят из прописных букв и цифр. Когда такое обозначение встречается в тексте, оно служит указанием на соответствующий документ Организации Объединенных Наций.

Употребляемые обозначения и изложение материала в настоящем издании не означают выражения со стороны Секретариата Организации Объединенных Наций какого-либо мнения относительно правового статуса страны, территории, города или района или их властей, или относительно делимитации их границ.

ST/ESA/STAT/SER.F/44

ИЗДАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

В продаже под № R. 86.XVII.21

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	V
Глава	
I. ОПРЕДЕЛЕНИЯ	I
А. Энергоносители и энергетические товары	I
В. Операции с энергией	8
С. Энергетические ресурсы	10
II. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	13
А. Масса	13
В. Объем	13
С. Удельный вес и плотность	13
D. Вязкость	14
Е. Энергия, теплота, работа и мощность	14
F. Единицы энергии	15
G. Теплотворные способности топлива	15
H. Учетные единицы	16
1. Тонна угольного эквивалента	18
2. Тонна нефтяного эквивалента	18
3. Джоуль	19
4. Британская тепловая единица	19
5. Калория	19
6. Учет первичной электроэнергии в энергетических балансах	20
III. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕСЧЕТА	21
А. Международные единицы массы, объема, энергии, работы и мощности	21
В. Преобразование исходных единиц в общепринятые единицы...	23
1. Твердые топлива	24
2. Жидкие топлива	25
3. Газообразные топлива	30
4. Электроэнергия	31
5. Биомасса и тяговая энергия животных	31
ПРИЛОЖЕНИЯ	
I. Международная система единиц	40
II. Таблицы удельного веса, плотности и вязкости	44
III. К.п.д. устройств для преобразования энергии	50
БИБЛИОГРАФИЯ	52

СПИСОК ТАБЛИЦ

	Стр.
I. Разница между низшей и высшей теплотворными способностями некоторых видов топлива	17
2. Эквиваленты массы.....	21
3. Эквиваленты объема	21
4. Эквиваленты энергии и работы.....	22
5. Эквиваленты мощности	23
6. Эквиваленты твердого топлива	24
7. Изменение теплотворной способности каменного угля и лигнита	25
8. Эквиваленты жидкого топлива	26
9. Объемные эквиваленты жидких топлив	27
10. Объем жидкостей различного удельного веса, содержащийся в одной метрической тонне	28
11. Веса жидкостей различного удельного веса в килограммах	29
12. Эквиваленты газообразного топлива	30
13. Эквиваленты электроэнергии	31
14. Таблица пересчета величин для дров	32
15. Влияние содержания влаги на плотный объем и вес дров	33
16. Влияние содержания влаги на низшую теплотворную способность дров	33
17. Таблица преобразования дров в древесный уголь	35
18. Потребность в дровах для производства древесного угля в печах различных типов.....	35
19. Плотности древесины различных пород	36
20. Энергосодержание некоторых отходов животного и растительного происхождения	38
21. Тяговая мощность и энергия животных	39
22. Эквиваленты удельной плотности	45
23. Эквиваленты плотности в градусах АНИ	46
24. Эквиваленты плотности	47
25. Плотности некоторых видов топлива	48
26. Преобразование величин кинематической вязкости	49
27. Средние к.п.д. устройств на стадии конечного потребления	51

Введение

Когда в 70-х годах вопросы энергетики приобрели первостепенную важность, наряду с этим резко возрос объем исследований и анализов в области энергетики. В результате этого выявилась неадекватность большинства данных, касающихся энергетики. В то время большинство данных относилось только к поставкам и не затрагивало сектора преобразования и конечного потребления. Стало также очевидным, что стандартизация в методологиях сбора и компиляции основных данных была незначительной. Такие же проблемы существовали в отношении определений. Шли споры относительно того, какими должны быть общие единицы для представления.

Одной из наиболее важных проблем было и продолжает оставаться многообразие систем, принятых различными странами для сбора и группировки данных, касающихся энергетики. В результате в настоящее время тот, кто пользуется энергетической статистикой, должен быть готов к тому, чтобы сопоставлять джоули с британскими тепловыми единицами и калориями, баррели с метрическими тоннами, нефтяной эквивалент с угольным эквивалентом и электроэнергию со всем вышеупомянутым.

Цель настоящего справочника заключается в том, чтобы служить руководством для плановиков, экономистов и статистиков в области энергетики, которые должны разбираться в данных, касающихся энергетики. Для различных энергоносителей, несопоставимых единиц и различных терминологий, используемых для их описания, в настоящей книге приводятся принятые в международном масштабе определения, коэффициенты пересчета и описательные таблицы. В ней представлен совместимый набор факторов с использованием имеющейся информации и включением практики, разработанной теми, кто наиболее далеко продвинулся в исследованиях в области энергетики.

I. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

A. ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТОВАРЫ

Для того чтобы понять, каким образом измеряется и преобразуется энергия, необходимо понимать природу различных энергоносителей и энергетических товаров. Разнообразная продукция шахт, скважин и нефтеперерабатывающих заводов должна быть точно определена для использования в современной коммерческой практике. Эти виды продукции могут значительно отличаться друг от друга в зависимости от их географического местонахождения, поэтому весьма важно, чтобы для этих продуктов были установлены диапазоны величин.

Необходимо также иметь определенное представление о биологических процессах, поскольку большинство видов топлива является результатом действия биологических сил в течение какого-то времени. Например, торф, лигнит и каменный уголь представляют собой три топливных товара, являющихся результатом различных стадий углефикации - биологического процесса, происходящего в растительной биомассе.

В то же время человек оказал огромное влияние на характеристики видов топлива путем того или иного вида обработки. Наличие различных видов нефтепродуктов свидетельствует о нашей изобретательности в создании продуктов для конкретных потребностей: легких спиртов - для химической чистки одежды, бензина - для приведения в движение автомобилей, тяжелых видов топлива - для паровых котлов и смазочных масел - для смазки подшипников.

Все энергоносители и энергетические товары должны быть точно определены в соответствии с принятыми в международном масштабе стандартами. Независимо от того, представляет ли собой это определение химическую формулу, величину удельного веса, теплотворную способность или вязкость, потребитель должен быть в состоянии точно определить и получить требуемый энергетический продукт, даже в том случае, если этот продукт поступает из очень отдаленного района мира.

Ниже приведены стандартные определения энергоносителей и энергетических товаров, используемые Статистическим бюро Секретариата ООН. Глоссарий технических терминов, использованных в некоторых из этих определений, приведен на стр.

I. Твердые топлива

Каменный уголь - уголь с высокой степенью обугливания и высшей теплотворной способностью более 24 МДж/кг (5700 ккал/кг) на беззольной, но влажной основе и с коэффициентом отражения витринита 0,5 и более. Неосаженный шлам, промежуточные продукты угля и другие низкосортные продукты угля, которые не могут быть классифицированы в соответствии с типом угля, из которого они были получены, отнесены к каменному углю.

Бурий уголь или лигнит представляет собой уголь с низкой степенью обугливания, сохранивший анатомическую структуру растительного вещества, из которого он образовался. Его высшая теплотворная способность менее 24 МДж/кг (5700 ккал/кг) на беззольной, но влажной основе, его коэффициент отражения витринита менее 0,5.

Торф представляет собой твердое топливо, образовавшееся в результате частичного разложения отмершей растительности в условиях высокой влажности

и ограниченного доступа воздуха (первоначальная стадия обугливания). К нему относится только та часть торфа, которая используется в качестве топлива.

Брикетное топливо представляет собой другое назначение каменноугольных брикетов. В процессе брикетирования мелкие частицы угля спекаются в брикеты правильной формы под воздействием давления и температуры с добавлением связывающих веществ.

Буроугольные брикеты изготавливаются из лигнита, который после дробления и сушки спекается под высоким давлением без добавления связывающих веществ, образуя брикеты правильной формы.

Торфяные брикеты изготавливаются из сырого торфа, который после добавления и сушки спекается под высоким давлением и без добавления связывающих веществ, образуя брикеты правильной формы.

Кокс представляет собой твердый остаток, получаемый путем сухой перегонки каменного угля или лигнита при полном отсутствии доступа воздуха (карбонизация). Существуют два вида кокса: газовый кокс - побочный продукт переработки угля, используемого для производства искусственного газа на газовых заводах, и печной кокс, к которому относятся все другие виды кокса, получаемые из каменного угля.

Буроугольный кокс представляет собой твердый продукт, получаемый путем карбонизации буроугольных брикетов.

Горючим сланцем называется осадочная порода с высоким содержанием органического вещества (керогена), которое может быть преобразовано в сырую нефть или газ путем нагревания.

Битуминозные пески представляют собой пески или песчаники (битумы) с высоким содержанием смолистых углеводородов, способные выделять нефть при нагревании или других процессах извлечения. Включены также другие виды сырой нефти и густых вязких нефтяных продуктов, плотность и вязкость которых настолько высока, что не дает возможности осуществлять их коммерческую добычу обычными методами, т.е. путем естественного фонтанирования или откачки. Поскольку они в естественных условиях не текут и должны отделяться от твердых пород, которые они насыщают, необычным образом, например с помощью нагревания, тяжелые виды сырой нефти отнесены к категории твердых топлив. В качестве одного из определяющих факторов для проведения различия между сырой нефтью и битумами должна использоваться вязкость. Затем для проведения различия между сверхтяжелой сырой нефтью, тяжелой сырой нефтью и другими видами нефти должна использоваться плотность.

Битумы имеют вязкости, превышающие 10 000 сантипуаз. Различные виды сырой нефти имеют вязкости меньше или равные 10 000 сантипуаз. Эти величины вязкости относятся к измерениям, выполненным при отсутствии газа и первоначальной температуре нефтяного пласта.

Сверхтяжелые виды сырой нефти имеют плотности, превышающие 1000 кг/м³ (плотности в градусах Американского нефтяного института (АНИ) менее 10°). Тяжелые виды сырой нефти имеют плотности от 934 до 1000 кг/м³ (плотности в градусах АНИ от 20° до 10°) включительно. Эти плотности (плотности в градусах АНИ) измеряются при температуре 15,6°С и атмосферном давлении.

2. Жидкие топлива

Сырая нефть - это минеральное масло, состоящее из смеси углеводородов природного происхождения, цветом от желтого до черного, различного удельного веса и вязкости. В эту категорию включены также сырые минеральные нефтепродукты, извлеченные из битуминозных минералов (сланца, битуминозных песков и т.д.). В данные по сырой нефти включен попутный (газовый) конденсат, отделяемый от газообразных углеводородов на сепаратных установках.

К спирту в энергетическом контексте обычно относят этанол (этиловый спирт) и метанол (метиловый спирт), используемые в качестве топлива. Этанол можно получать из сахара, крахмала и целлюлозы, и он используется главным образом на транспорте (в чистом виде или в смеси с бензином). Метанол может производиться из древесины, остатков сельскохозяйственных культур, травы и тому подобного и может использоваться в двигателях внутреннего сгорания.

Жидкие вещества, полученные из природного газа, представляют собой жидкие или сжиженные углеводороды, получаемые при производстве, очистке и стабилизации природного газа. Они имеют различные характеристики, начиная от бутана и пропана и кончая тяжелыми дизельными топливами. Конкретно включены бензин из промышленных газов, сжиженный нефтяной газ (СНГ) и заводской конденсат.

Заводской конденсат получается из жидких углеводородов, конденсированных из влажного природного газа на заводах для переработки природного газа. Он используется в качестве исходного продукта на нефтеперерабатывающих заводах.

Бензин из промышленных газов представляет собой легкий бензин, извлеченный из влажного природного газа часто совместно с сырой нефтью. Он используется в качестве исходного продукта для нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов, а также для непосредственного смешивания с автомобильным бензином без дальнейшей обработки.

К нефтепродуктам относятся жидкие топлива, смазочные масла и твердые и полутвердые продукты, получаемые путем перегонки и крекинга из сырой нефти, горючих сланцев или полупереработанных и неполностью обработанных нефтяных продуктов. Исключены нефтепродукты, полученные из природного газа, угля, лигнита и их производных.

Авиационный бензин представляет собой автомобильный бензин, подготовленный специально для использования в авиационных поршневых двигателях, с октановым числом 80 - 145 RON (исследовательское октановое число) и имеющий температуру замерзания, равную -60°C .

Автомобильный бензин - это легкое углеводородное топливо, используемое в двигателях с принудительным (искровым) зажиганием, иных чем авиационные. Он отгоняется при температуре $35-200^{\circ}\text{C}$ и обрабатывается таким образом, чтобы получить достаточно высокое октановое число, составляющее обычно 80-100 RON. Обработка может производиться путем риформинга, смешивания с какой-либо ароматической фракцией или путем добавки бензола или других присадок (например, тетраэтилового свинца).

К топливам для реактивных двигателей относятся топлива типа бензина и типа керосина. К топливу для реактивных двигателей бензинового типа относятся все марки легкого углеводородного топлива, предназначенного для использования в авиационных газотурбинных двигателях, отгоняемые при температуре $100^{\circ}-250^{\circ}\text{C}$, причем по меньшей мере 20% объема отгоняется при 143°C . Они получают

путем смешивания керосина и бензина или лигроина таким образом, чтобы содержание ароматических углеводородов не превышало 25% объема. Вводятся присадки для уменьшения температуры замерзания до -58°C и для поддержания уровня упругости паров по Рейду в диапазоне 0,14–0,21 кг/см². К топливу для реактивных двигателей керосинового типа относятся среднесветлые топлива, предназначенные для использования в авиационных газотурбинных двигателях. Они имеют те же характеристики перегонки и температуры вспышки, что и керосин, максимальное содержание ароматических углеводородов составляет 20% объема. Они обрабатываются для придания кинетической вязкости менее 15 сСт при температуре -34°C и температуре замерзания -50°C .

Керосин является средним топливом, отгоняемым при температуре 150°C – 300°C , причем по меньшей мере 65% от объема отгоняется при 250°C . Его удельный вес составляет около 0,80, а температура вспышки выше 38°C . Он используется для освещения, а также в качестве топлива в некоторых типах двигателей с искровым зажиганием, например в двигателях, используемых для сельскохозяйственных тракторов, и стационарных двигателях.

Газойль (дизельное топливо) (дистиллятное нефтетопливо) включает те тяжелые фракции, которые отгоняются при температуре 200°C – 380°C , но при температуре 250°C отгоняется менее 65% объема, а 85% или более – при 350°C . Его температура вспышки всегда выше 50°C , а удельный вес превышает 0,82. Тяжелые дизельные топлива, получаемые путем смешивания, отнесены к одной группе с газойлем при условии, что их кинематическая вязкость не превышает 27,5 сСт при 38°C . Включены также средние дистилляты, предназначенные для нефтехимической промышленности. Газойли используются в качестве топлива для внутреннего сгорания в дизельных двигателях, в качестве форсуночного топлива в отопительных установках, таких как котлы центрального парового отопления, и для обогащения водяного газа для увеличения его свечения. Другим названием этого продукта является дизельное топливо.

Остаточное мазутное топливо является тяжелым нефтепродуктом, представляющим собой остаточный продукт перегонки при атмосферном давлении. Оно включает все виды топлива (включая те, которые получаются путем смешивания) с кинематической вязкостью выше 27,5 сСт при 38°C . Его температура вспышки всегда выше 50°C и удельный вес выше 0,90. Оно широко применяется на судах и в крупных промышленных нагревательных установках в качестве топлива для промышленных печей или котлов. Другое название этого продукта – мазут.

Сжиженный нефтяной газ (СНГ) – это название углеводородов, которые находятся в газообразном состоянии при условиях нормальной температуры и давления, но сжиженных путем сжатия или охлаждения для облегчения хранения, перегрузки и транспортировки. Они 1) экстрагируются путем отгонки легких фракций в месторождениях сырой нефти и природного газа; 2) экстрагируются путем отгонки легких фракций импортированного природного газа в установках импортирующей страны и 3) производятся на нефтеперерабатывающих заводах или вне таких заводов в процессе переработки сырой нефти или ее производных. Эти жидкости, полученные так, как указано в пунктах 1 и 2, выше, включены в рубрику жидких веществ, полученных из природного газа. СНГ обычно состоит из пропана (C_3H_8), бутана (C_4H_{10}) или смеси этих двух углеводородов. Он также включает этан (C_2H_6), получаемый на нефтеперерабатывающих заводах или на заводах по разделению и стабилизации, принадлежащих предприятиям по добыче природного газа.

Промышленный газ представляет собой неконденсируемый газ, собираемый на нефтеперерабатывающих заводах, который обычно полностью используется в качестве топлива для этих заводов. Он известен также под названием нефтезаводской газ.

Сырьевые продукты - это продукты или сочетания продуктов, полученных из сырой нефти, предназначенные для дальнейшей обработки, иной, чем смешивание, в нефтеперерабатывающей промышленности. Они перерабатываются в одну или несколько составляющих или конечные продукты. Это определение охватывает нефть, импортируемую для использования в качестве сырья для нефтеперерабатывающих заводов, и нефть, возвращенную химической промышленностью нефтеперерабатывающей промышленности.

Нафта представляет собой легкие или средние фракции, отгоняемые при температуре 30° - 210° , для которых нет официального определения, но которые не соответствуют стандартам, установленным для автомобильного бензина. Свойства зависят от технических условий потребителя. Соотношение углерода и водорода обычно составляет 84:14 или 84:16 при очень низком содержании серы. В нефть могут затем добавляться присадки или она перемешивается с другими материалами для образования высококачественного автомобильного бензина или топлива для реактивных двигателей, или может использоваться в качестве сырья для производства промышленного газа. Нафта иногда используется в качестве исходного продукта для получения сырьевых материалов для изготовления различных видов химических продуктов или может использоваться в качестве растворителя.

Уайт-спирит/промышленный спирт является высокоочищенным дистиллятом с температурой кипения в диапазоне 135° - 200° С, используемым в качестве растворителя красок и для химической чистки одежды.

Смазочные масла - это вязкие жидкие углеводороды, богатые парафином, отгоняемые при температурах в диапазоне 380° - 500° С и получаемые при вакуумной перегонке остатков от перегонки нефти при атмосферном давлении. Для изменения их характеристик к ним могут добавляться присадки. Они имеют температуру вспышки выше 125° С, температуру потери текучести в диапазоне -25° - $+5^{\circ}$ С, большое кислотное число (0,5 мг/г), низкое содержание золы и низкое содержание воды. Включены смазочно-охладительные эмульсии, светлые масла, трансформаторные масла, веретенные масла и консистентные смазки.

Битум - твердый или вязкий углеводород с коллоидной структурой, коричневого или черного цвета, который получается как остаток после вакуумной перегонки остатка от перегонки нефти при атмосферном давлении. Иногда он растворим в бисульфите углерода, нелетуч, теплопластичен в диапазоне температур 150° и 200° С и часто обладает изолирующими и адгезионными свойствами. Он обычно используется для нанесения защитных покрытий и придания водонепроницаемости дорожным покрытиям и крышам.

Нефтяной парафин относится к насыщенным алифатическим углеводородам, получаемым как извлеченный остаток при депарафинизации смазочных масел. Их основные характеристики таковы: они бесцветны и в большинстве случаев не имеют запаха и полупрозрачны; их температура плавления превышает 45° С, удельный вес примерно 0,77 при 80° С и кинетическая вязкость составляет 3,7-5,5 сСт при 99° С. Эти парафины используются для производства свечей, полировальных составов и придания водонепроницаемости контейнерам, упаковочным материалам и т.д.

Нефтяной кокс является черным блестящим остатком, получаемым путем крекинга и карбонизации в печах. Он состоит в основном из углерода (90-95%) и сгорает обычно не образуя золы. Он используется главным образом в металлургических процессах, и к нему не относятся те твердые остатки, которые получаются от карбонизации угля.

Другие нефтяные продукты включают в себя продукты нефтяного происхождения (включая частично переработанные продукты), не отнесенные к другим категориям.

3. Газообразные топлива

Природный газ представляет собой смесь углеводородных соединений и небольших количеств неуглеводородов, существующих в газообразной форме, или в растворе с нефтью в природных подземных пластах. Он может быть отнесен к подкатегориям, таким как попутный газ (получаемый с месторождений, на которых добываются как жидкие, так и газообразные углеводороды), растворенный газ или непутный газ (получаемый с месторождений, на которых добываются только углеводороды в газообразной форме). Включены метан (CH_4), получаемый с угольных шахт, газ сточных вод и природный газ, сжиженный для транспортировки. Сюда не входят, однако, газ, используемый для повышения упругости паров и для повторного нагнетания, а также газ, сжигаемый в факеле, выпускаемый или теряемый каким-либо другим образом, и потери, имеющие место в процессе извлечения жидких веществ, полученных из природного газа.

Газогенераторный газ - это газ, производимый путем карбонизации или полной газификации нефтяных продуктов с обогащением или без обогащения. К нему относятся все виды газа, производимые предприятиями, основная цель которых состоит в производстве промышленного газа. К нему относится газ, производимый путем крекинга природного газа и путем риформинга и простого смешивания газов.

Коксовый газ является побочным продуктом процесса карбонизации при производстве кокса в коксовых печах.

Колошниковый газ является побочным продуктом доменных печей, восстановленным на выходе из печи.

Биогаз является побочным продуктом ферментации бактериями биомассы, главным образом отходов животного происхождения. Он состоит в основном из газа метана и двуокиси углерода.

4. Электроэнергия и другие виды энергии

Производство электроэнергии может регистрироваться либо в валовом, либо в чистом выражении. Валовое производство включает потребление для вспомогательных нужд станции и любые потери в трансформаторах, которые рассматриваются как неотъемлемые части станции. Производство нетто не включает вышеупомянутые потребление и потери электроэнергии. Как из валового, так и из чистого производства исключается электроэнергия, произведенная на гидроаккумулирующих электростанциях, в которые вода подается насосами.

Первичная электроэнергия производится на гидростанциях, геотермальных, атомных, солнечных, приливных, волновых и ветровых станциях.

Производство урана охватывает содержание урана в урановых рудах и концентратах, предназначенных для обработки с целью извлечения урана.

Пар и горячая вода - это пар и горячая вода, получаемые: а) из геотермальных источников и распределяемые без какой-либо обработки для окончательного потребления и б) от теплоэлектроцентралей, предназначенных для совместного производства электроэнергии и тепла. Включено также тепло, производимое чисто отопительными установками и автономными производителями, которые производят тепло для полного или частичного удовлетворения своих собственных потребностей.

5. Традиционные виды энергии

Дрова - это вся древесина в необработанном виде, используемая в качестве топлива. Данные о производстве включают ту часть древесины, которая идет на производство древесного угля, причем используется коэффициент 6 для перехода от весовой основы к объемному эквиваленту (от метрических тонн к кубическим метрам) древесного угля.

Древесный уголь - это твердый остаток, состоящий главным образом из углерода и получаемый при деструктивной перегонке древесины без доступа воздуха.

Жом сахарного тростника - это целлюлозный остаток, остающийся после извлечения сахара из сахарного тростника. Он часто используется в качестве топлива в сахарной промышленности.

Отходы растительного происхождения представляют собой в основном пожнивные остатки (солома зерновых культур, таких как кукуруза, пшеница, рис-сырец и т.д.) и отходы переработки сельскохозяйственной продукции (рисовая шелуха, скорлупа кокосовых орехов, арахисовая шелуха и т.д.), используемые в качестве топлива. Жом сахарного тростника не входит в эту категорию.

К отходам животного происхождения относятся навоз и другие несухие выделения крупного рогатого скота, лошадей, свиней, домашней птицы и т.д. и, в принципе, людей. Они могут быть высушены и использованы непосредственно в качестве топлива или переработаны в метан с использованием методов ферментации или разложения.

К другим отходам относятся все виды энергии, не определенные конкретно выше, такие как муниципальные отходы и отходы целлюлозно-бумажной промышленности.

Животная тяга - это энергия, производимая силой мускулов животных, производящих тяговое усилие для выполнения работы.

6. Технические термины, используемые в предшествующих определениях

Кислотное число - количество гидрата окиси кальция, необходимое для нейтрализации кислотности нефти, т.е. количество миллиграммов нейтрализатора, приходящееся на грамм нефти.

Содержание ароматических углеводородов - фракция, содержащая бензол или его производные.

Компаундирование - смешивание различных нефтепродуктов для получения желаемого однородного конечного продукта.

Карбонизация - деструктивная перегонка органических веществ без доступа воздуха, приводящая к удалению летучих составляющих и получению остатка с высоким содержанием углерода, например кокса, древесного угля.

Углефикация - превращение растительного вещества в уголь.

Крекинг - метод, с помощью которого тяжелые углеводороды преобразуются в светлые нефтепродукты.

Перегонка - процесс отделения летучих жидкостей от более тяжелых фракций путем испарения и последующей конденсации.

Температура вспышки - температура, при которой нефтепродукт внезапно воспламеняется.

Кинематическая вязкость - отношение вязкости к плотности.

Октановое число - обозначение, используемое для указания детонационной стойкости моторного топлива, т.е. процентная доля изооктана в смеси изооктана и гептана, которая будет давать те же характеристики детонационной стойкости, как и рассматриваемое топливо.

Температура текучести - наиболее низкая температура, при которой какой-либо нефтепродукт начинает течь при охлаждении без каких-либо помех.

Коэффициент отражения - отношение количества света, отраженного от поверхности, к общему количеству падающего света.

Риформинг - крекинг-процесс, в котором в качестве исходного продукта используется бензин прямой перегонки или нефтя.

Рейдовское паровое давление - измеритель давления, вызываемого внутри специального сосуда (аппарат парового давления Рейда) вследствие тенденции продукта к испарению.

RON - исследовательское октановое число.

Вакуумная перегонка - перегонка при давлении ниже атмосферного, что понижает температуру испарения жидкостей и эффективно повышает количество продуктов, отгоняемых при высоких температурах.

Вязкость - характеристика жидкости. означающая ее сопротивление течению. Она обычно измеряется временем, необходимым для того, чтобы данное количество жидкости протекло через отверстие определенного сечения при заданной температуре.

В. Операции с энергией

Производство первичной энергии означает количество полученной энергии, подсчитанное после любой операции по удалению инертного вещества, содержащегося в топливе. Обычно оно включает в себя количество, потребленное в ходе этого процесса, а также поставки другим производителям энергии для преобразования или других целей. Добыча каменного угля или лигнита включает сумму продаж, потребление шахтами, выдачи шахтерам, выдачи для коксовых, брикетирующих и других вспомогательных установок на шахтах и изменения в запасах в надшахтных копрах. Из данных по природному газу исключены количества реинжектированного, закачанного в нефтяной пласт, сожженного в факелах, выпущенного и потерянного газа, а также количество, соответствующее жидким веществам, полученным из природного газа (уменьшение объема). Производство жидких веществ, полученных из природного газа, включено в группу сырой нефти. Валовое производство электроэнергии на атомных, геотермальных электростанциях и гидроэлектростанциях может быть показано как количество произведенной электроэнергии, эквивалент условного топлива или в виде первичной энергии.

Импорт и экспорт представляют собой количества первичной и производной энергии, полученных из других стран или поставленных в эти страны. Импорт

и экспорт сырой нефти включает также импорт и экспорт сырьевых материалов, переработанных и полупереработанных нефтепродуктов и компонентов, полученных из сырой нефти. Топливо, использованное при перевозках, исключается из импорта и экспорта и включается в категорию бункеровки.

Морская/авиационная бункеровка - это количество топлива, поставленное самолетам или морским судам всех флагов, занятым в международных перевозках. Поставки судам, занятым во внутреннем или каботажном плавании, или самолетам, работающим на внутренних авиалиниях, не включены.

Изменение в запасах (для производителей, импортеров и промышленных потребителей) означает различие между количествами энергии в запасах на начало и конец года.

Данные о преобразовании энергии показывают чистое количество первичной или производной энергии, использованной для преобразования, а также чистый выход производной энергии. Выработка относится к валовому производству.

Чистая передача - это чистые перемещения энергетических продуктов между процессами в различных секторах, например, подмешивание природного газа в поток промышленного газа, отвод продуктов (сырьевых материалов) для дальнейшей обработки в нефтеперерабатывающей промышленности или передача продуктов для смешивания. Передача включает также обратные потоки нефтепродуктов, возвращаемых на нефтеперерабатывающие заводы предприятиями химической и нефтехимической промышленности.

Потребление энергетическим сектором представляет собой потребление энергии предприятиями по производству и преобразованию энергии для работы их оборудования. Сюда включается потребление компрессорными и насосными станциями на трубопроводах, а также потребление и потери энергии на электростанциях (включая электроэнергию, используемую для работы насосов на гидроаккумулирующих электростанциях).

Потери при транспортировке и распределении - это потери электроэнергии, природного газа и производных газов за пределами электростанций или заводов до момента получения конечным потребителем.

Из потребления в промышленности и строительстве исключается потребление энергетическим сектором и все то, что является исходным для преобразования энергии, например топлива, используемые при промышленном/автономном производстве электроэнергии на тепловых электростанциях. Потребление в химической промышленности включает только потребление в качестве топлива.

Потребление на транспорте включает все топливо, потребленное при автомобильных перевозках, а также все поставки судам, осуществляющим перевозки по внутренним водным путям и в каботажном плавании, и самолетам, занятым на внутренних линиях. Топливо, потребленное сельскохозяйственным оборудованием, включено в сельскохозяйственное потребление,

Потребление в быту и другими потребителями охватывает домашнее хозяйство (включая бесплатную выдачу рабочим), сельское хозяйство и другие секторы, не включенные в другие категории. Сельское хозяйство включает охоту, лесное хозяйство и рыболовство. К другим потребителям конкретно относятся торговля, связь и услуги, например, освещение улиц.

С. Энергетические ресурсы

Каменный уголь, лигнит и торф

Достоверные запасы месторождения представляют собой часть общих ресурсов, которая не только тщательно измерена, но и признана пригодной для разработки при существующих и ожидаемых местных экономических условиях (или при определенной стоимости) с помощью существующей и имеющейся в наличии технологии.

Достоверные эксплуатационные запасы представляют собой часть достоверных месторождений, которая может быть добыта (извлечена из земли в виде сырья) при вышеуказанных экономических и технологических ограничениях.

Дополнительные ресурсы охватывают все ресурсы, помимо достоверных запасов, которые представляют по меньшей мере предвидимый экономический интерес. Оценки дополнительных ресурсов отражают если не полную уверенность относительно наличия всех сообщаемых количеств, то по меньшей мере достаточный уровень уверенности в этом, полученный на основе информации о геологических условиях, благоприятных для наличия этих ресурсов. Ресурсы, наличие которых является полностью предположительным, не включены.

Сырая нефть и жидкие вещества, полученные из природного газа

Достоверные эксплуатационные запасы представляют собой часть запасов месторождений, которая может быть добыта в виде сырья при существующих и ожидаемых местных экономических условиях с помощью существующей и имеющейся в наличии технологии.

Нефтяные сланцы и битуминозные пески

Достоверные эксплуатационные запасы представляют собой часть общих запасов, которая не только тщательно измерена, но и признана пригодной для разработки при существующих и ожидаемых местных экономических условиях (или при определенной стоимости) с использованием существующей и имеющейся в наличии технологии.

Необработанный природный газ

Достоверные эксплуатационные запасы представляют собой часть достоверных запасов месторождений, которая может быть извлечена из земли в виде сырья при существующих и ожидаемых местных экономических условиях (или при определенной стоимости) с использованием существующей и имеющейся в наличии технологии. Из них исключается та доля содержащегося в пластах газа, которая переводится в жидкую форму в поверхностных разделительных или заводских установках и представляется в отчетности как жидкие вещества, полученные из природного газа.

Уран

К достоверно гарантируемым ресурсам относится уран, который находится в месторождениях полезных ископаемых такого размера, качества и конфигурации, что он может восстанавливаться при затратах производства, не выходящих за рамки данного диапазона, с использованием зарекомендовавших себя в настоящее время технологий добычи и переработки.

К оцениваемым дополнительным ресурсам относится уран помимо достоверно гарантируемых ресурсов, наличие которого предполагается на основе прямых геологических доказательств.

Энергия падающей воды

Валовая теоретическая мощность гидроресурсов представляет собой энергию, которая потенциально имеется во всех природных потоках, оцененная на основе атмосферных осадков и водостока, сбрасываемых до уровня моря, при 100 процентном к.п.д. оборудования и турбин на гидроэлектростанциях.

Древесная биомасса

Ресурсы лесов/лесистых местностей и плантаций включают всю биомассу живых деревьев в закрытых природных лесах, лесистых местностях и коммерческих древесных насаждениях. Эта категория также включает остатки, полученные исключительно из такой древесной растительности.

Ресурсы агропромышленных плантаций отличаются от лесных плантаций тем, что на них производится агропромышленное сырье, а собираемая древесная биомасса является побочным продуктом. Примерами являются материалы с чайных, кофейных плантаций, плантаций каучуконосов, масличных и кокосовых пальм и бамбука.

К древесным ресурсам ферм относятся деревья, которые растут вне лесов и лесистых местностей.

Недревесная растительная биомасса

Ресурсы сельскохозяйственных культур включают культуры, которые выращиваются специально для производства продовольствия, корма для скота, волокна или энергии.

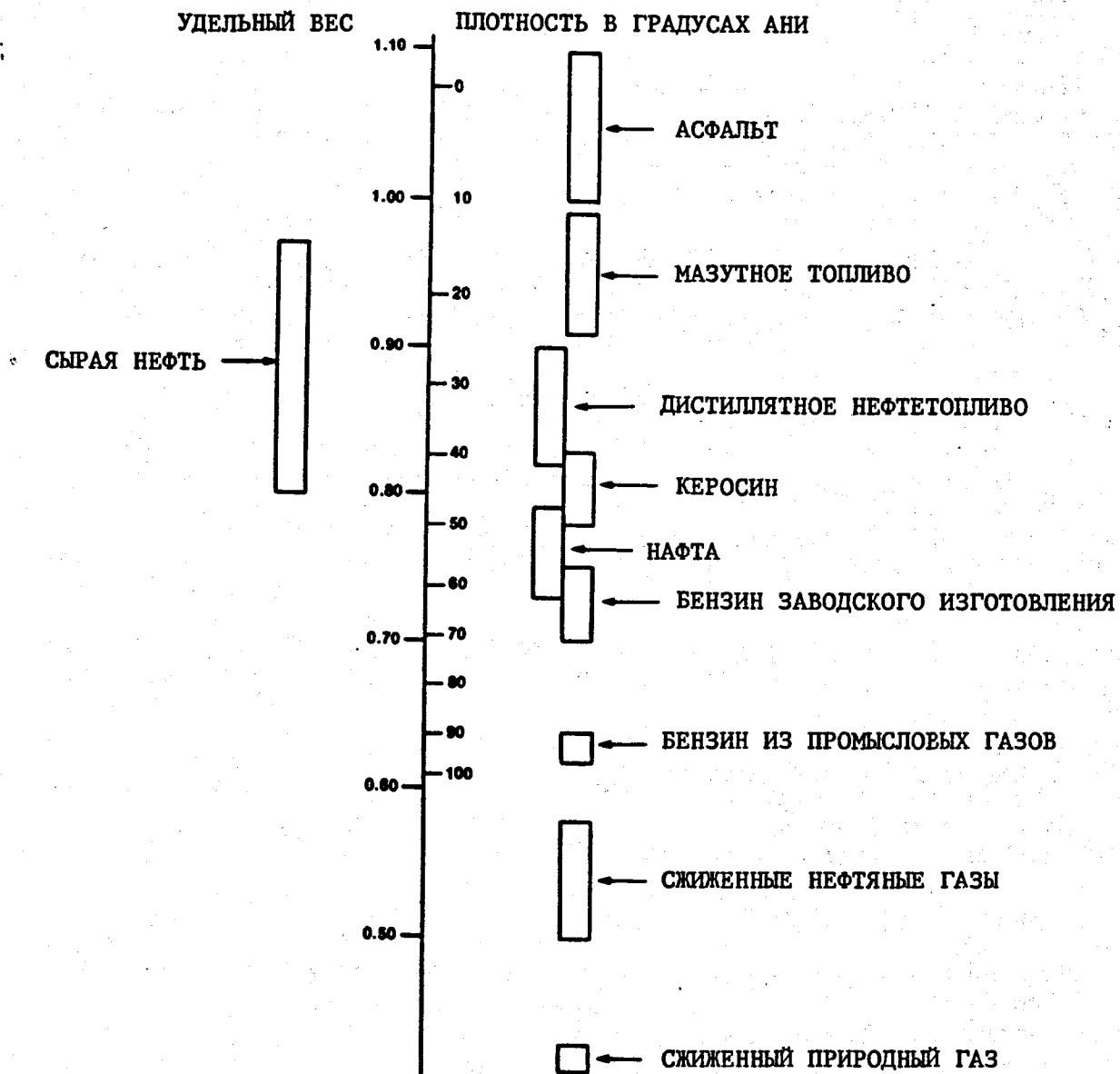
Ресурсы пожнивных остатков включают остатки сельскохозяйственных культур и растений, произведенные в поле. Примерами являются солома зерновых культур, листья и стебли растений.

Ресурсы отходов переработки включают остатки, получаемые при агропромышленной переработке или обработке сельскохозяйственных культур (включая древесные культуры), такие как опилки, отходы лесопильного производства, жом сахарного тростника, скорлупа и шелуха орехов.

Отходы животного происхождения

Ресурсами являются отходы интенсивного и экстенсивного животноводства.

УДЕЛЬНЫЙ ВЕС И ПЛОТНОСТЬ В ГРАДУСАХ АНИ НЕКОТОРЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ 60°F



Источник: USA Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977)

II. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Энергоносители и энергетические товары измеряются по их массе или весу, объему теплотворной способности, мощности и работе. Стандартизация в регистрации и представлении исходных единиц является одной из первоочередных задач статистиков в области энергетики до проведения возможного анализа и сопоставления количества.

Рекомендуется, чтобы для представления данных на международной основе и, по возможности, в процедурах национальной отчетности статистики в области энергетики пользовались Международной системой единиц, официальное сокращение названия которой СИ. СИ является модернизированным вариантом метрической системы, установленным соглашением. Она обеспечивает логичные и взаимосвязанные рамки для всех измерений в науке, промышленности и торговле. СИ построена на основе семи основных единиц плюс две дополнительные единицы. Кратные и дробные единицы выражены в десятичной системе. Перечень некоторых единиц системы СИ, относящихся к энергетике, представлен в приложении I к настоящему документу

A. Масса

Большинство твердых топлив измеряется в единицах массы, как и многие жидкие топлива. К основным единицам массы, используемым для измерения энергетических товаров относятся килограмм, метрическая тонна, фунт, короткая тонна и длинная тонна.

Тонны используются очень широко для измерения массы угля, нефти и их производных, а также многих некоммерческих видов топлива. Метрическая тонна (1000 кг) распространена наиболее широко. Короткая тонна (2000 фунтов) используется в Соединенных Штатах и Канаде и в некоторых других странах. Длинная тонна (2240 фунтов) используется в британской системе мер. Большинство стран, в которых используется эта система, либо пересчитывают данные в единицы метрической системы, либо параллельно представляет данные, выраженные в единицах метрической системы.

B. Объем

Единицы объема являются исходными для большинства жидких и газообразных, а также в известной мере для традиционных видов топлива. Основными единицами объема в системе СИ являются литр и килолитр, который эквивалентен кубическому метру. Во многих странах Содружества применяется британская система, в которой используется английский или имперский галлон. Система Соединенных Штатов применяется на всей территории Северной Америки и части Центральной и Южной Америки. В ней используются галлон США и баррель. Баррель широко используется во многих частях мира в качестве одной из единиц измерения в производстве жидкого топлива. Он эквивалентен 42 галлонам США или 34,97 имперского галлона. Баррель в сутки обычно используется в нефтедобывающем секторе (например, официально производство сырой нефти в странах - членах ОПЕК в 1982 году составляло 19 миллионов баррелей в сутки, но всего 17 миллионов баррелей в сутки в декабре того же года).

C. Удельный вес и плотность

Поскольку жидкие виды топлива могут измеряться либо по весу, либо по объему, важно иметь возможность преобразовывать вес в объем и наоборот. Операция выполняется с использованием либо удельного веса, либо плотности жидкости.

Удельный вес представляет собой отношение массы данного объема нефти при 15°C к массе того же объема воды при той же температуре. Плотность представляет собой массу на единицу объема.

$$\text{Удельный вес} = \frac{\text{масса нефти}}{\text{масса воды}} \quad \text{Плотность} = \frac{\text{масса}}{\text{объем}}$$

Когда плотность выражена в килограммах на литр, это эквивалентно удельному весу. При использовании системы СИ или метрической системы, для того чтобы рассчитать объем, масса делится на удельный вес или плотность; и наоборот, для того чтобы получить массу, объем умножается на удельный вес или плотность. При использовании других систем измерения можно пользоваться таблицами переводных коэффициентов перехода от измерений массы к объему и наоборот.

Другой часто применяемой единицей измерения для выражения веса или плотности жидких топлив является вес АНИ, стандарт, принятый Американским нефтяным институтом. Вес АНИ связан с удельным весом следующей формулой:

$$\text{Вес АНИ} = \frac{141,5}{\text{удельный вес}} - 131,5$$

Таким образом, удельный вес и вес АНИ связаны обратно пропорциональной зависимостью. Обе эти единицы являются полезными, поскольку удельный вес увеличивается с увеличением содержания энергии на единицу объема (например, баррель), в то время как вес АНИ увеличивается с увеличением содержания энергии на единицу массы (например, тонну).

Д. Вязкость

Вязкость жидкости является мерой ее внутреннего трения или ее сопротивления течению. Она обычно выражается числом секунд, необходимых для протекания данного количества жидкости через стандартное отверстие при заданной температуре. В системе СИ единицей вязкости является пуаз. Вязкость жидкости обычно также измеряется по отношению к вязкости воды. Другими единицами, иногда используемыми в промышленности, являются секунды Редвуда и универсальные секунды Сейболта.

Другой применяемой в международном масштабе мерой вязкости является кинематическая вязкость, представляющая собой отношение вязкости к плотности. Для кинематической вязкости используется несколько единиц. В системе СИ используется стокс или сантискос (мм²/сек).

Е. Энергия, теплота, работа и мощность

Энергия, теплота, работа и мощность представляют собой четыре понятия, которые часто путают. Если сила воздействует на какой-либо предмет и передвигает его на определенное расстояние, совершается работа, выделяется теплота (при любых, отличающихся от идеальных, условиях) и преобразуется энергия. Энергия, теплота и работа представляют собой три аспекта одного и того же понятия. Энергия представляет собой способность совершать (и часто результат совершения) работы. Теплота может быть побочным продуктом работы, но также является одной из форм энергии. Рассмотрим автомобиль с полным баком бензина. В этом бензине заключена химическая энергия, способная создавать теплоту (при использовании

искры) и совершать работу (сгорание бензина обуславливает перемещение автомобиля на определенное расстояние).

В системе СИ единицей энергии, теплоты и работы является джоуль (Дж). В метрической системе используется килограмм-калория (ккал.) или одна из кратных ей единиц. В британской и американской системах используется британская тепловая единица (БТЕ) или одна из кратных ей единиц. Другой единицей является киловатт-час (кВт-ч).

Мощность представляет собой темп, в котором производится работа (или выделяется теплота, или преобразовывается энергия). Электрическая лампочка потребляет в секунду 100 джоулей электроэнергии и использует эту электроэнергию для излучения света и тепла (оба вида энергии). Темп один джоуль в секунду называется ваттом. Осветительная лампочка, работая при 100 Дж/с, потребляет мощность 100 Вт. Обычно используемые единицы для мощности кратны ватту, лошадиной силе, метрической лошадиной силе, футо-фунту в секунду и килограмм-силе в секунду.

Ф. Единицы энергии

Грамм-калория является точной мерой тепловой энергии и равна количеству тепла, необходимому для повышения температуры одного грамма воды при температуре $14,5^{\circ}\text{C}$ на 1° Цельсия. Ее также можно назвать международной паровой табличной калорией (калория IT). Килокалория и теракалория являются двумя ее кратными единицами, которые находят широкое применение в измерениях энергетических товаров.

Британская тепловая единица является точной мерой тепла и равна количеству тепла, необходимому для повышения температуры одного фунта воды при 60° Фаренгейта на 1° Фаренгейта. Кратными ее единицами являются терм (1×10^5 БТЕ) и квод (1×10^{15} БТЕ).

Киловатт-час является точной мерой теплоты и работы. Эта работа, эквивалентная 1000 ватт (джоулей в секунду) в течение одного часа. Таким образом, один киловатт-час равняется $3,6 \times 10^6$ джоулей.

Джоуль является точной мерой энергии и работы. Он определяется как работа, выполненная при передвижении массы, равной 1 грамму, под действием постоянной силы, равной одному ньютону, на расстояние в один метр. Один джоуль теплоты примерно равен одной четвертой калории и одной тысячной БТЕ. Кратными джоулю единицами являются мегаджоуль, гигаджоуль, тераджоуль и петаджоуль.

Г. Теплотворные способности топлива

Выражение исходных единиц энергоносителей в какой-либо одной выбранной единице учета, например британских тепловых единицах, калориях или (предпочтительно) джоулях может быть сделано на одной или двух основах, являющихся следствием того факта, что энергия, хранящаяся в ископаемых топливах, может измеряться на двух стадиях. Высшая теплотворная способность (ВТС) или высшая теплота сгорания, является мерой общего количества тепла, которое будет произведено при сгорании. Однако часть этого тепла будет заключена в скрытой теплоте испарения любой влаги, присутствующей в топливе, во время сгорания. Низшая теплотворная способность (НТС) или низшая теплота сгорания не включает этой скрытой теплоты. НТС представляет собой количество теплоты, фактически получаемое в процессе сгорания для улавливания и использования. Чем больше содержание влаги в топливе, тем больше различие между ВТС и НТС.

Некоторые практические соображения говорят в пользу использования НТС. При современных технологиях скрытую теплоту процесса испарения невозможно уловить из выхлопных газов. Если бы эти газы были охлаждены ниже определенного уровня, они не выходили бы из дымовой трубы котла и уменьшенный поток воздуха либо уменьшил бы производительность котла, либо требовал бы использования энергии для привода вентилятора для принудительного удаления газов из дымовой трубы. Конденсация воды вызывала бы проблемы коррозии, связанные с двуокисью серы и другими остатками. Другое практическое соображение заключается в том, что природное содержание влаги в твердых топливах значительно зависит от выпадения дождей во время транспортировки и хранения, поэтому НТС более точно определяет энергию, которую можно эффективно получить при сжигании топлива.

Само по себе понятие НТС известно так же давно, как и ВТС, но его принятие в статистике энергетики значительно запоздало по сравнению с ВТС вплоть до начала 70-х годов. Следовательно, информация о совокупности ВТС и НТС имеется в лучшем случае за одно десятилетие, а для более ранних периодов можно только сделать оценки. Это же во многом справедливо для природного и искусственного газов. НТС сырой нефти и нефтепродуктов известны лучше, хотя имеются возможности для расширения географического охвата.

Величина различий между высшей и низшей теплотворными способностями коммерческих энергоносителей (угля, нефти, нефтепродуктов и газа) составляет менее 10%, тогда как у традиционных энергоносителей (дров, жома сахарного тростника) она обычно превышает 10%. Показатели для основных энергоносителей представлены в таблице I, ниже.

Те, кто желает более подробно рассмотреть вопрос о высшей и низшей теплотворных способностях различных видов топлива, могут обратиться к публикации Организации Объединенных Наций Концепции и методы энергетической статистики в связи с расчетом энергетических показателей.

Н. Учетные единицы

Исходные единицы, в которых наиболее естественно измеряются топливо и электроэнергия весьма различаются друг от друга (тонны, баррели, киловатт-часы, термы, калории, джоули, кубические метры). Тем не менее любая из этих единиц может использоваться в качестве основы для регистрации данных о других видах топлива при наличии подходящих коэффициентов пересчета. Для большинства целей наиболее удобной основой для получения коэффициентов пересчета является энергия, получаемая из одной исходной количественной единицы каждого энергоносителя.

Было принято несколько общих учетных единиц, но степень их использования со временем изменилась с учетом экономических реалий. Когда уголь был основным коммерческим топливом, была введена тонна угольного эквивалента (ТУЭ). В то время было вполне естественно, что экономисты сформулировали единицу, которая позволила им представлять все свои потребности в топливе выраженными в угле. Когда потребности изменились и спрос на нефть превысил спрос на уголь, нефть стала основным коммерческим топливом. В результате появилась тонна нефтяного эквивалента (ТНЭ) наряду с баррелем в сутки, и их использование превысило использование ТУЭ для целого поколения. В течение последнего десятилетия другая единица - джоуль - получает все более широкое распространение.

Простота использования является одним из основных соображений при выборе учетной единицы. Одна ТУЭ традиционно определялась как содержащая 1×10^6 ккал и одна ТНЭ - как содержащая 1×10^7 ккал. Это удобные единицы представления для плановиков, которые должны готовить и принимать политические решения.

Таблица I. Разница между низшей и высшей теплотворными способностями некоторых видов топлива

Вид топлива	Проценты
Кокс	0
Древесный уголь	0 - 4
Антрацит	2 - 3
Битуминозные угли	3 - 5
Полубитуминозные угли	5 - 7
Лигнит	9 - 10
Сырая нефть	8
Нефтепродукты	7 - 9
Природный газ	9 - 10
Сжиженный нефтяной газ	7 - 10
Заводской газ	8 - 10
Коксовый газ	10 - 11
Жом сахарного тростника (содержание влаги 50%)	21 - 22
Дрова (содержание влаги 10%)	11 - 12
(содержание влаги 20%)	22 - 23
(содержание влаги 30%)	34 - 35
(содержание влаги 40%)	45 - 46

Источники: T.T.Baumeister and others, eds., Marks Standard Handbook for Mechanical Engineers (McGraw Hill, New York, 1978); United States of America, Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977); Организация Объединенных Наций, Европейская экономическая комиссия, Ежегодный бюллетень европейской статистики газа, 1983 (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № EFR.84.II.E.28)

Переход от первоначальных единиц к ТУЭ или ТНЭ подразумевает выбор коэффициентов эквивалентности между различными формами и источниками первичной энергии. Существует несколько подходов к этой проблеме. Например, можно было принять один и тот же эквивалент во всех странах, например 7000 ккал на кг угля, независимо от ВТС или НТС

Основным возражением против этого метода является то, что он приводит к искажениям, поскольку теплотворные способности угля и отдельных нефтепродуктов весьма широко различаются между собой, как и теплотворная способность углей и различных видов сырой нефти в различных странах. Поэтому необходимо принять отдельные коэффициенты для каждого типа топлива и для каждой страны происхождения, для того чтобы иметь возможность переходить к единой единице представления, такой как ТУЭ или ТНЭ. Эти коэффициенты должны учитывать удельное энергосодержание ископаемых видов топлива.

Теперь будут рассмотрены наиболее широко используемые единицы учета и методы их расчета.

1. Тонна угольного эквивалента

Статистическое бюро Европейских сообществ (Евростат), Статистическое бюро Секретариата ООН и Совет Экономической Взаимопомощи (СЭВ) используют ТНЭ в качестве одной из общих учетных единиц. Все три организации определяют ТУЭ как обладающую низшей теплотворной способностью 7 Гкал.

Однако существуют некоторые различия в методах расчета. Метод, используемый для преобразования угля в ТУЭ в Евростат, является довольно сложным и состоит в раздельном приведении каждого сорта угля в соответствии с его содержанием воды и зольностью, к стандартному сорту угля, имеющему точно определенную теплотворную способность. Что касается Организации Объединенных Наций и СЭВ, то сделано предположение, что все битуминозные угли (включая антрацит) имеют определенную теплотворную способность (низшую, в том случае, когда это возможно). Это равноценно рассмотрению физических тонн угля как уже выраженных в угольном эквиваленте. Во всех случаях другие твердые виды топлива и другие энергоносители приводятся к ТУЭ путем использования коэффициентов, которые отражают относительное содержание энергии определенного сорта топлива и рассматриваемого энергоносителя.

Тонна заменителя угля, используемая в Индии, определена как количество угля, выделяющее такое же количество энергии, как одна единица любого данного энергоносителя при использовании для какой-либо конкретной цели (например, для приготовления пищи).

2. Тонна нефтяного эквивалента

Международное энергетическое агентство Организации экономического сотрудничества и развития (МЭА/ОЭСР) использует ТНЭ как одну из общих учетных единиц. Для МЭА/ОЭСР ТНЭ определена как имеющая НТС, равную 10 Гкал (41,9 ГДж).

В МЭА/ОЭСР основная единица 1000 ТНЭ получается путем первоначального выражения всех энергоносителей в величинах их НТС в теракалориях и последующего деления на 10. В отличие от осуществляемой в Евростат детальной подгонки каждого сорта угля к какому-либо воображаемому стандартному сорту и совместной обработки нефтепродуктов при преобразовании исходных единиц в ТУЭ, МЭА/ОЭСР использует агрегированный базис угля и базис с выделением отдельных продуктов

для нефтепродуктов при преобразовании исходных единиц в ТНЭ. Преобразование твердых топлив и других энергоносителей ТНЭ осуществляется с помощью их собственных коэффициентов.

В 1978 году Евростат перестало использовать ТУЭ и приняло ТНЭ в качестве единицы представления, используя в то же время джоуль в качестве единицы точного учета. В том же году оно начало преобразовывать исходные единицы нефтепродуктов в джоули отдельно для каждого основного продукта. При публикации своего общего энергетического баланса Евростат пользуется тераджоулями.

Статистическое бюро Секретариата ООН определило ТНЭ как $1,018 \times 10^7$ ккал, что было попыткой уточнения, поскольку это представляет собой теплотворную способность сырой нефти с удельным весом 0,86. Однако, поскольку ТНЭ является отнесенной единицей и предназначена для облегчения ее использования плановиками в области энергетики, Статистическое бюро решило изменить ее определение на $1,0 \times 10^7$ ккал и тем самым устранить также расхождения с определениями международных агентств.

3. Джоуль

Многие страны используют одну из больших кратных джоулю единиц в качестве общей учетной единицы, включая страны - члены Европейского экономического сообщества (ЕЭС). Статистическое бюро секретариата ООН приняло джоуль в качестве общей учетной единицы для общих энергетических балансов, которые оно публикует, как и Европейская экономическая комиссия (ЕЭК).

Джоуль является единственной единицей энергии, которая признана в системе СИ. Впервые он был предложен в качестве единицы энергии в системе СИ в 1946 году, и затем в качестве единицы теплоты системы СИ в 1948 году на Генеральной конференции по весам и мерам. Специалисты с физическим образованием, занимающиеся анализом энергетических вопросов, приветствовали принятие джоуля, но в ряде стран имеется определенное сопротивление его повсеместному принятию. Основные возражения вызывают его малая величина и необходимость вследствие этого для стран, являющихся сколь-нибудь значительными производителями или потребителями энергии, использовать в качестве множителя очень большой коэффициент, равный 10^6 . В системе СИ были введены надлежащие приставки, и, используя их, можно избежать большого количества цифр.

4. Британская тепловая единица

Британская тепловая единица (БТЕ) используется в Канаде, Соединенных Штатах и других бывших английских колониях. Она является малой единицей ($1 \text{ БТЕ} = 0,252 \text{ ккал} = 1055,1 \text{ джоуля}$), и из двух стран, в которых используется БТЕ, в Канаде при публикации энергетического баланса указывается до 9 и более цифр, а в Соединенных Штатах в публикуемых балансах используются множители 10^{12} и 10^{15} . В Соединенном Королевстве в качестве точной учетной единицы используется терм ($1 \text{ терм} = 10^9 \text{ БТЕ} = 25,2 \text{ мегакалорий} = 105,5 \text{ мегаджоуля}$).

5. Калория

Теракалория (Ткал.), кратная калории, используется в качестве одной из учетных единиц во многих странах. Однако существует пять различных величин теплоты, связанных с калорией, соответствующих энергии в диапазоне от 4,184 джоуля до 4,205 джоуля. Теракалория основана на килокалории, которая также имеет название международная паровая табличная калория. Ткал (равная 4,1868 ТДж) была точной учетной единицей Евростат до тех пор, пока в 1978 году

от нее отказались в пользу тераджоуля. ОЭСР продолжает пользоваться Ткал и не предполагает отказываться от нее, учитывая очень удобно определенное соотношение $I0:I$ между Ткал и $I000 \text{ ТНЭ}$ (т.е. $10\,000 \text{ ккал/кг}$).

6. Учет первичной электроэнергии в энергетических балансах

При составлении энергетического баланса возможно учитывать первичную электроэнергию, т.е. электроэнергию, произведенную на атомных электростанциях, гидроэлектростанциях, геотермальных, солнечных, ветровых или приливных электростанциях, двумя различными способами. Первый способ - эквивалент условного топлива. Он соответствует количеству ископаемого топлива, которое потребовалось бы для производства идентичного количества электроэнергии на обычной тепловой электростанции. Другой способ учета определяет затраты энергии в физическом выражении. Затраты энергии в физическом выражении изменяются в зависимости от способа производства электроэнергии и описываются ниже.

а) Электроэнергия, получаемая на атомных электростанциях

Затраты энергии в физическом выражении для получения электроэнергии на атомных электростанциях, должны, в принципе, быть определены как количество теплоты, выделенное реакторами в течение учетного периода. На практике может потребоваться представительный показатель, а именно цифра, полученная путем деления объема производства электроэнергии на атомных электростанциях на средний к.п.д. всех атомных электростанций.

б) Электроэнергия, получаемая на гидроэлектростанциях

Затраты энергии в физическом выражении для получения электроэнергии на гидроэлектростанциях следует определить как величину энергии самой электроэнергии или величину энергии, полученную путем деления объема производства электроэнергии на средний к.п.д. всех гидроэлектростанций.

в) Электроэнергия, получаемая на геотермальных электростанциях

Затраты энергии в физическом выражении для получения электроэнергии на геотермальных электростанциях, следует определить как теплоотдачу улавливающего устройства или теплоотдачу, получаемую путем деления объема производства электроэнергии на средний к.п.д. всех геотермальных электростанций.

г) Электроэнергия, получаемая на солнечных, ветровых и приливных электростанциях

Затраты энергии в физическом выражении для получения электроэнергии из этих новых источников следовало бы определить как отдачу механической работы, тепла или электроэнергии улавливающим устройством.

III. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕСЧЕТА

A. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ МАССЫ, ОБЪЕМА, ЭНЕРГИИ, РАБОТЫ И МОЩНОСТИ

I. Масса и объем

Поскольку с течением времени в различных частях мира были приняты различные системы измерения, единицы, в которых выражается энергия, весьма значительно отличаются друг от друга. Это особенно справедливо в отношении массы и объема. Таблицы 2 и 3 облегчают перевод одних единиц в другие. Эквиваленты массы и объема для конкретных энергоносителей рассмотрены в последующих разделах настоящей главы с подразделением по типу энергоносителя, а именно твердые энергоносители, жидкости, газы и т.д.

Таблица 2. Эквиваленты массы

В \ ИЗ	Килограммы	Метрические тонны	Длинные тонны	Короткие тонны	Фунты
	УМНОЖИТЬ НА				
Килограммы	1,0	0,001	0,000984	0,001102	2,2046
Метрические тонны	1000,0	1,0	0,984	1,1023	2204,6
Длинные тонны	1016,0	1,016	1,0	1,120	2240,0
Короткие тонны	907,2	0,9072	0,893	1,0	2000,0
Фунты	0,454	0,000454	0,000446	0,0005	1,0

Примечание: Единицы, представленные в колонках, могут быть преобразованы в единицы, приведенные в рядах, путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в таблице.

Пример: Преобразование метрических тонн в длинные тонны: $mt/1,016 =$ длинные тонны.

Таблица 3. Эквиваленты объема

В \ ИЗ	Галлоны США	Имперские галлоны	Баррели	Кубические футы	Литры	Кубические метры (килолитры)
	УМНОЖИТЬ НА					
Галлоны США	1,0	0,8327	0,02381	0,1337	3,785	0,0038
Имперские галлоны	1,201	1,0	0,02859	0,1605	4,546	0,0045
Баррели	42,0	34,97	1,0	5,615	159,0	0,159
Кубические футы	7,48	6,229	0,1781	1,0	28,3	0,0283
Литры	0,2642	0,220	0,0063	0,0353	1,0	0,001
Кубические метры (килолитры)	264,2	220,0	6,289	35,3147	1000,0	1,0

Примечание: Единицы, представленные в колонках, могут быть преобразованы в единицы, приведенные в рядах, путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в таблице.

Пример: Преобразование баррелей в килолитры: $баррели/6,289 =$ кл.

2. Энергия, работа и мощность

После единиц массы и объема единицы энергии являются следующим наиболее широко распространенным средством регистрации количеств энергоносителей. Единицы энергии являются также единицами работы. В таблице 4 приведены соотношения между этими единицами энергии и работы. Энергетические эквиваленты для конкретных энергоносителей рассмотрены в последующих разделах настоящей главы с подразделением по типу энергоносителя, а именно: твердые энергоносители, жидкие, газообразные и т.д.

Мощность и работа связаны между собой таким образом, что мощность, умноженная на время, в течение которого она применяется, равняется работе. В таблице 5 приведены коэффициенты пересчета, позволяющие переходить от одной единицы мощности к другой.

Таблица 4. Эквиваленты энергии и работы

В из	Джоуль	ВТЕ	Калория	Киловатт	Килограмм-сила-метр
	УМНОЖИТЬ НА				
Джоуль	1,0	$947,8 \times 10^{-6}$	0,23884	$277,7 \times 10^{-9}$	0,10197
Гигаджоуль	1×10^9	$947,8 \times 10^3$	$238,84 \times 10^6$	277,7	$101,97 \times 10^6$
Тераджоуль	1×10^{12}	$947,8 \times 10^6$	$238,84 \times 10^9$	$277,7 \times 10^3$	$101,97 \times 10^9$
ВТЕ	$1,0551 \times 10^3$	1,0	252,0	$2,9307 \times 10^{-6}$	107,6
Терм	$0,10551 \times 10^9$	1×10^5	252×10^5	29,307	$10,76 \times 10^6$
Квод	$1,0551 \times 10^{18}$	1×10^{15}	252×10^{15}	$2,9307 \times 10^9$	$107,6 \times 10^{15}$
Калория	4,1868	$3,968 \times 10^{-3}$	1,0	$1,163 \times 10^{-6}$	0,4269
Килокалория	$4,1868 \times 10^3$	3,968	1×10^3	$1,163 \times 10^{-3}$	426,9
Термия	$4,1868 \times 10^6$	$3,968 \times 10^3$	1×10^6	1,163	$426,9 \times 10^3$
Теракалория	$4,1868 \times 10^{12}$	$3,968 \times 10^9$	1×10^{12}	$1,163 \times 10^6$	$426,9 \times 10^9$
Киловатт-час	$3,6 \times 10^6$	3412,0	860×10^3	1,0	$367,1 \times 10^3$
Мегаватт-час	$3,6 \times 10^9$	3412×10^3	860×10^6	1×10^3	$367,1 \times 10^6$
Гигаватт-час	$3,6 \times 10^{12}$	3412×10^6	860×10^9	1×10^6	$367,1 \times 10^9$
Тераватт-час	$3,6 \times 10^{15}$	3412×10^{12}	860×10^{12}	1×10^9	$367,1 \times 10^{12}$
Футо-фунт	1,3558	$1,285 \times 10^{-3}$	0,3238	$376,6 \times 10^{-9}$	0,13825
Кгс-метр	9,807	$9,295 \times 10^{-3}$	2,342	$2,724 \times 10^{-6}$	1,0
Л.С.-час	$26,845 \times 10^3$	2544,43	$641,2 \times 10^3$	0,7457	$273,7 \times 10^3$
Метрическая л.с.-ч	$26,478 \times 10^3$	2509,62	$632,4 \times 10^3$	0,7355	270×10^3

Примечание: Единицы, представленные в колонках, могут быть преобразованы в единицы, приведенные в рядах, путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в таблице.

Пример: Преобразование киловатт-часов в гигаджоули: $\text{кВт-ч} / 277,7 = \text{ГДж}$.

Таблица 5. Эквиваленты мощности

В \ ИЗ	Футо-фунт/ секунда	Кгс-метр/ секунда	Киловатт	Лошадиная сила	Метрическая лошадиная сила
	УМНОЖИТЬ НА				
Футо-фунт/секунда	1,0	0,1383	$1,355 \times 10^{-3}$	$1,818 \times 10^{-3}$	$1,843 \times 10^{-3}$
Кгс-метр/секунда	7,233	1,0	$9,803 \times 10^{-3}$	$13,15 \times 10^{-3}$	$13,33 \times 10^{-3}$
Киловатт	738,0	102,0	1,0	1,341	1,360
Лошадиная сила	550,0	76,04	0,7457	1,0	1,014
Метрическая лошадиная сила	542,6	75,0	0,7353	0,9862	1,0

Примечание: Единицы, представленные в колонках, могут быть преобразованы в единицы, приведенные в рядах, путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в таблице.

Пример: Преобразование киловатта в лошадиную силу: $\text{кВт}/0,7457 = \text{л.с.}$

В. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ЕДИНИЦ В ОБЩЕПРИНЯТЫЕ ЕДИНИЦЫ

Для энергетических балансов и других форм анализа целесообразно преобразовывать количества, выраженные в исходных физических единицах, в общепринятые учетные единицы в целях агрегирования различных энергоносителей. Исходя из стандартных величин теплотворной способности для различных видов энергии, в нижеследующих таблицах предлагаются конкретные коэффициенты пересчета для преобразования данных из исходных единиц в любую общепринятую учетную единицу. Кроме того, эти таблицы дают возможность переходить от одной учетной единицы к другой.

I. Твердые топлива

Таблица 6. Эквиваленты твердого топлива а/

Из метрических тонн	В	Гига-джоули	Миллион БТЕ	Гига-калории	Мегаватт-часы	Баррели нефти	Тонны угольного эквивалента	Тонны нефтяного эквивалента
		УМНОЖИТЬ НА						
Каменный уголь <u>б/</u>		29,31	27,78	7,00	8,14	4,9	1,000	0,700
Лигнит <u>б/</u>		11,28	10,70	2,70	3,13	2,5	0,385	0,270
Торф		9,53	9,03	2,28	2,65	2,3	0,325	0,228
Горючий сланец		9,20	8,72	2,20	2,56	1,8	0,314	0,220
Каменноугольные брикеты		29,31	27,78	7,00	8,14	4,9	1,000	0,700
Буроугольные брикеты		19,64	18,61	4,69	5,45	3,3	0,670	0,469
Торфяные брикеты		14,65	13,89	3,50	4,07	2,5	0,500	0,350
Газовый кокс		26,38	25,00	6,30	7,33	4,4	0,900	9,630
Доменный кокс		26,38	25,00	6,30	7,33	4,4	0,900	0,630
Буроугольный кокс		19,64	18,61	4,69	5,45	3,4	0,670	0,469
Нефтяной кокс		35,17	33,33	8,40	9,77	5,9	1,200	0,840
Древесный уголь <u>с/</u>		28,89	27,38	6,90	8,02	4,8	0,985	0,690
Дрова <u>с/</u>		12,60	11,94	3,01	3,50	2,1	0,430	0,301

Примечание: Метрические тонны могут быть получены из единиц, представленных в колонках, путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в таблице.

Пример: Переход от выражения теплотворной способности каменного угля в ГДж к выражению в метрических тоннах ГДж/29,31 = метрические тонны.

а/ Все значения теплотворной способности соответствуют нижней теплотворной способности.

б/ Теплотворные способности каменного угля или лигнита (или бурого угля) могут в значительной степени меняться в зависимости от географического района или геологического положения и с течением времени. Это иллюстрируют следующие примеры сообщенных средних величин энергии для каменного угля или лигнита в Гкал/метрических тоннах.

с/ Более подробные сведения приведены в разделе 2.Е.

Таблица 7. Изменение теплотворной способности
каменного угля и лигнита а/

Год	Каменный уголь		Лигнит	
	Соединенное Королевство	США	Чехословакия	СССР
1970	5975	6490	3224	3267
1975	5810	6120	3133	2776
1980	5841	5977	2979	2521

а/ Низшая теплотворная способность в ккал/кг.

2. Жидкие топлива

В таблицах 8, 9, 10 и II приведены коэффициенты пересчета жидких топлив. В таблице 8 приведены коэффициенты пересчета для различных единиц теплотворных способностей и принятые стандартные теплотворные способности для различных жидких топлив. В других таблицах приведены коэффициенты пересчета данных, касающихся жидкостей, выраженных в единицах массы и объема, поскольку для учета жидких топлив обычно используются такие единицы. Поскольку плотность или удельный вес каждого нефтепродукта является уникальным, необходимо иметь таблицу коэффициентов пересчета для перехода от единиц объема к массе или наоборот. В таблице 9 приведены коэффициенты пересчета для жидких топлив, имеющих данный средний удельный вес. В таблице 10 не делается никакого допущения относительно среднего удельного веса жидких топлив и приводится перечень коэффициентов пересчета объема, приходящегося на вес, для каждого значения удельного веса. В таблице II приведены коэффициенты пересчета веса, приходящегося на объем, для каждого значения удельного веса. Таблицы, относящиеся к плотности, удельному весу и весу АНИ, можно найти в приложении II.

Таблица 8. Эквиваленты жидкого топлива а/

Из метриче- ских тонн	В	Гига- джоули	Миллионы БТЕ	Гига- калории	Мегаватт- часы	Баррели нефти	Тонны угольного эквивалента	Тонны нефтяного эквивалента
		УМНОЖИТЬ НА						
Сырая нефть		42,62	40,39	10,18	11,84	7,32	1,454	1,018
Жидкие вещества, полученные из природного газа		45,19	42,83	10,79	12,55	10,40	1,542	1,079
СНГ/СПГ		45,55	43,17	10,88	12,65	11,65	1,554	1,088
Пропан		45,59	43,21	10,89	12,67	12,34	1,556	1,089
Бутан		44,80	42,46	10,70	12,44	10,85	1,529	1,070
Бензин из промышленных газов		44,91	42,56	10,73	12,47	10,00	1,532	1,073
Автомобильный бензин		43,97	41,67	10,50	12,21	8,50	1,500	1,050
Авиационный бензин		43,97	41,67	10,50	12,21	8,62	1,500	1,050
Топливо для реактивных двига- телей бензинового типа		43,68	41,39	10,43	12,13	8,28	1,490	1,043
Топливо для реактивных двига- телей керосинового типа		43,21	40,95	10,32	12,00	7,77	1,474	1,032
Керосин		43,21	40,95	10,32	12,00	7,77	1,474	1,032
Газойль		42,50	40,28	10,15	11,81	7,23	1,450	1,015
Мазутное топливо		41,51	39,34	9,91	11,53	6,62	1,416	0,991
Смазочное масло		42,14	39,94	10,07	11,70	6,99	1,438	1,007
Битум/асфальт		41,80	39,62	9,98	11,61	6,05	1,426	0,998
Нефтяной кокс		36,40	34,50	8,69	10,11	5,52	1,242	0,869
Парафин		43,33	41,07	10,35	12,03	7,86	1,479	1,035
Заводской конденсат		44,32	42,01	10,59	12,31	8,99	1,512	1,059
Уайт-спирит		43,21	40,95	10,32	12,00	7,77	1,474	1,032
Нафта		44,13	41,83	10,54	12,26	8,74	1,506	1,054
Сырьевые продукты		43,94	41,65	10,50	12,20	8,50	1,499	1,050
Другие нефтепродукты		42,50	40,28	10,15	11,80	6,91	1,450	1,015
Этиловый спирт		27,63	26,19	6,60	7,68	4,60	0,94	0,660
Метиловый спирт		20,93	19,84	5,00	5,82	3,50	0,71	0,500

Примечание: Метрические тонны могут быть получены из единиц, представленных в колонках, путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в этой таблице.

Пример: Преобразование баррелей в метрические тонны для сырой нефти: $\text{баррели} / 7,32 = \text{метрические тонны}$.

а/ Все теплотворные способности соответствуют низшей теплотворной способности.

Таблица 9. Объемные эквиваленты жидких топлив

Из метрических тонн	Удельный вес	Литры	Килолитры	Галлоны США	Имперские галлоны	Баррели	Баррели в сутки <u>а/</u>
		УМНОЖИТЬ НА					
Сырая нефть	0,86	1164	1,164	308	256	7,32	0,02005
Жидкие вещества, полученные из природного газа	0,55	1653	1,653	437	364	10,40	0,02849
СНГ/СПГ	0,54	1852	1,852	489	407	11,65	0,03192
Пропан	0,51	1962	1,962	518	432	12,34	0,03381
Бутан	0,58	1726	1,726	456	380	10,85	0,02974
Бензин из промысловых газов	0,63	1590	1,590	420	350	10,00	0,02740
Автомобильный бензин	0,74	1351	1,351	357	297	8,50	0,02329
Авиационный бензин	0,73	1370	1,370	362	301	8,62	0,02362
Топливо для реактивных двигателей бензинового типа	0,76	1317	1,317	348	290	8,28	0,02270
Топливо для реактивных двигателей керосинового типа	0,81	1235	1,235	326	272	7,77	0,02129
Керосин	0,81	1235	1,235	326	272	7,77	0,02129
Газойль	0,87	1149	1,149	304	253	7,23	0,01981
Мазутное топливо	0,95	1053	1,053	278	232	6,62	0,01814
Смазочные масла	0,90	1111	1,111	294	244	6,99	0,01915
Битум/асфальт	1,04	962	0,962	254	212	6,05	0,01658
Нефтяной кокс	1,14	877	0,877	232	193	5,52	0,01512
Парафин	0,80	1250	1,250	330	275	7,86	0,02153
Заводской конденсат	0,70	1429	1,429	378	314	8,99	0,02463
Уайт-спирит	0,81	1235	1,235	326	272	7,77	0,02129
Нафта	0,72	1389	1,389	367	306	8,74	0,02395
Другие нефтепродукты	0,91	1099	1,099	290	241	6,91	0,01893

Примечание: Метрические тонны из единиц, представленных в колонках, могут быть получены путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в таблице.

Пример: Перевод баррелей сырой нефти в метрические тонны: баррели/7,32 = метрические тонны.

а/ На основе годовых оценок.

Таблица 10. Объем жидкостей различного удельного веса, содержащийся в одной метрической тонне

Удельный вес	Плотность в градусах АНИ	Литры	Килолитры	Имперские галлоны	Галлоны США	Баррели	Баррели в сутки (на основе годовых оценок)
0,65	86,19	1540	1,540	339	407	9,69	0,0265
0,66	82,99	1516	1,516	334	401	9,54	0,0261
0,67	79,69	1494	1,494	329	395	9,40	0,0257
0,68	76,59	1472	1,472	324	389	9,26	0,0254
0,69	73,57	1450	1,450	319	383	9,12	0,0250
0,70	70,64	1430	1,430	315	378	8,99	0,0246
0,71	67,80	1410	1,410	310	372	8,87	0,0243
0,72	65,03	1390	1,390	306	367	8,74	0,0240
0,73	62,34	1371	1,371	302	362	8,62	0,0236
0,74	59,72	1352	1,352	298	357	8,51	0,0233
0,75	57,17	1334	1,334	294	353	8,39	0,0230
0,76	54,68	1317	1,317	290	348	8,28	0,0227
0,77	52,27	1300	1,300	286	343	8,18	0,0224
0,78	49,91	1283	1,283	282	339	8,07	0,0221
0,79	47,61	1267	1,267	279	335	7,97	0,0218
0,80	45,38	1251	1,251	275	331	7,87	0,0216
0,81	43,19	1236	1,236	272	326	7,77	0,0213
0,82	41,06	1220	1,220	269	323	7,68	0,0210
0,83	38,98	1206	1,206	265	319	7,59	0,0208
0,84	36,95	1191	1,191	262	315	7,50	0,0205
0,85	34,97	1177	1,177	259	311	7,41	0,0203
0,86	33,03	1164	1,164	256	308	7,32	0,0201
0,87	31,14	1150	1,150	253	304	7,24	0,0198
0,88	29,30	1137	1,137	250	301	7,15	0,0196
0,89	27,49	1124	1,124	247	297	7,07	0,0194
0,90	25,72	1112	1,112	245	294	7,00	0,0192
0,91	23,99	1100	1,100	242	291	6,92	0,0190
0,92	22,30	1088	1,088	239	287	6,84	0,0189
0,93	20,65	1076	1,076	237	284	6,77	0,0186
0,94	19,03	1065	1,065	234	281	6,70	0,0184
0,95	17,45	1053	1,053	232	278	6,63	0,0182
0,96	15,90	1043	1,043	229	275	6,56	0,0180
0,97	14,38	1032	1,032	227	273	6,49	0,0178
0,98	12,89	1021	1,021	225	270	6,42	0,0176
0,99	11,43	1011	1,011	222	267	6,36	0,0174
1,00	10,00	1001	1,001	220	264	6,30	0,0173
1,01	8,60	991	0,991	218	262	6,23	0,0171
1,02	7,23	981	0,981	216	259	6,17	0,0169
1,03	5,88	972	0,972	214	257	6,11	0,0168
1,04	4,56	962	0,962	212	254	6,05	0,0166
1,05	3,26	953	0,953	210	252	6,00	0,0164

Источник: U.S.A. Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield Virginia, National Technical Information Service, 1977)

Таблица II. Веса жидкостей различного удельного веса в килограммах

Удельный вес	Плотность в градусах АНИ	Килограммы/ литр	Килограммы/ килолитр	Килограммы/ имперский галлон	Килограммы/ галлон США	Килограммы/ баррель
0,65	86,19	0,651	651	2,957	2,462	103,4
0,66	82,89	0,661	661	3,003	2,500	105,0
0,67	79,69	0,671	671	3,048	2,538	106,6
0,68	76,59	0,681	681	3,094	2,576	108,2
0,69	73,57	0,691	691	3,139	2,614	109,8
0,70	70,64	0,701	701	3,185	2,652	111,4
0,71	67,80	0,711	711	3,230	2,689	112,9
0,72	65,03	0,721	721	3,276	2,727	114,5
0,73	62,34	0,731	731	3,321	2,765	116,1
0,74	59,72	0,741	741	3,367	2,803	117,7
0,75	57,17	0,751	751	3,412	2,841	119,3
0,76	54,68	0,761	761	3,458	2,879	120,9
0,77	52,27	0,771	771	3,503	2,917	122,5
0,78	49,91	0,781	781	3,549	2,955	124,1
0,79	47,61	0,791	791	3,594	2,993	125,7
0,80	45,38	0,801	801	3,640	3,030	127,3
0,81	43,19	0,811	811	3,685	3,068	128,9
0,82	41,06	0,821	821	3,731	3,106	130,5
0,83	38,98	0,831	831	3,776	3,144	132,0
0,84	36,95	0,841	841	3,822	3,182	133,6
0,85	34,97	0,851	851	3,867	3,220	135,2
0,86	33,03	0,861	861	3,913	3,258	136,8
0,87	31,14	0,871	871	3,958	3,296	138,4
0,88	29,30	0,881	881	4,004	3,333	140,0
0,89	27,49	0,891	891	4,049	3,371	141,6
0,90	25,72	0,901	901	4,095	3,409	143,2
0,91	23,99	0,911	911	4,140	3,447	144,8
0,92	22,30	0,921	921	4,186	3,485	146,4
0,93	20,65	0,931	931	4,231	3,523	148,0
0,94	19,03	0,941	941	4,277	3,561	149,6
0,95	17,45	0,951	951	4,322	3,599	151,2
0,96	15,90	0,961	961	4,368	3,637	152,8
0,97	14,38	0,971	971	4,413	3,674	154,3
0,98	12,89	0,981	981	4,459	3,712	155,9
0,99	11,43	0,991	991	4,504	3,750	157,5
1,00	10,00	1,001	1001	4,550	3,788	159,1
1,01	8,60	1,011	1011	4,595	3,826	160,7
1,02	7,23	1,021	1021	4,641	3,864	162,3
1,03	5,88	1,031	1031	4,686	3,902	163,9
1,04	4,56	1,041	1041	4,732	3,940	165,5
1,05	3,26	1,051	1051	4,777	3,977	167,0

Источник: U.S.A. Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977).

3. Газообразные топлива

Таблица 12. Эквиваленты газообразного топлива а/

Из тысяч кубических метров б/	В						
	Гига- джоули	Миллионы БТЕ	Мегаватт- часы	Гига- калории	Баррели нефти	Тонны угляного эквивалента	Тонны нефтяного эквивалента
	УМНОЖИТЬ НА						
Природный газ	39,02	36,98	10,84	9,32	6,50	1,331	0,932
Коксовый газ	17,59	16,67	4,88	4,20	2,94	0,600	0,420
Доменный газ	4,00	3,79	1,11	0,96	0,66	0,137	0,096
Нефтезаводской газ с/	46,1	43,7	12,8	11,0	7,69	1,571	1,100
Заводской газ	17,59	16,67	4,88	4,20	2,94	0,600	0,420
Биогаз	20,0	19,0	5,6	4,8	3,36	0,686	0,480
Метан	33,5	31,7	9,30	8,0	5,59	1,143	0,800
Этан	59,5	56,3	16,5	14,2	9,92	2,029	1,420
Пропан	85,8	81,3	23,8	20,5	14,33	2,929	2,050
Изобутан	108,0	102,0	30,0	25,8	18,0	3,686	2,580
Бутан	111,8	106,0	31,0	26,7	18,6	3,814	2,670
Пентан	134,0	127,0	37,2	32,0	22,36	4,571	3,200

Примечание: Кубические метры могут быть получены из единиц, представленных в колонках, путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в таблице. 1 кубический метр = 35,31467 кубического фута.

Пример: Перевод объема природного газа, выраженного в ТДж, тысячи кубических метров: $\text{ГДж}/39,02 = \text{тысяча м}^3$.

а/ Все теплотворные способности соответствуют низшей теплотворной способности.

б/ При стандартных исходных условиях. Для перехода от стандартных исходных условий к стандартной температуре и давлению умножить на 1,0757.

с/ Для перехода от заводского газа в тераджоули к весовой основе в метрических тоннах используется коэффициент 0,02388.

4. Электроэнергия

Таблица 13. Эквиваленты электроэнергии а/

Из мегаватт- часов	В	Гига- джоули	Миллионы БТЕ	Гига- калории	Баррели нефти	Тонны угольного эквивалента	Тонны нефтяного эквивалента
	УМНОЖИТЬ НА						
к.п.д.							
100%		3,600	3,412	0,860	0,601	0,123	0,084
75%		4,800	4,549	1,147	0,801	0,164	0,113
50%		7,200	6,824	1,720	1,202	0,246	0,169
40%		9,000	8,530	2,150	1,503	0,307	0,211
35%		10,285	9,748	2,457	1,717	0,351	0,241
30%		12,000	11,373	2,867	2,003	0,409	0,281
25%		14,400	13,468	3,440	2,404	0,491	0,338
20%		18,000	17,060	4,330	3,005	0,614	0,422

Примечание: Гигаватт-часы могут быть получены из единиц, представленных в колонках, путем деления на коэффициенты пересчета, указанные в таблице.

Пример: Преобразование электроэнергии в ГДж при к.п.д. 100% в мвт-ч
 $\text{ГДж} / 3,600 = \text{мвт-ч}$.

Поскольку различные виды электростанций, вырабатывающих электроэнергию, производят ее при различных к.п.д., в таблице 13 представлены коэффициенты пересчета для отобранных величин к.п.д. для перехода от исходных единиц гига-ватт к любой общепринятой учетной единице или для перехода от одной учетной единицы к другой. Прямой переход от гига-ватт к любой учетной единице возможен при допущении, что к.п.д. составляет 100%

а/ Теплотворные способности соответствуют низшей теплотворной способности.

5. Биомасса и тяговая энергия животных

Биомасса и животная энергия играют важную роль в энергетических структурах многих стран. В особенности это справедливо для развивающихся стран, где дрова и рабочий скот могут быть основными источниками энергии и мощности в сельских местностях. К биомассе относятся некоторые энергоносители, которые обычно находятся в неофициальном секторе. К их числу относятся дрова, древесный уголь, жом сахарного тростника и животные и растительные отходы.

а) Дрова

В сельских местностях многих развивающихся стран основным источником энергии для приготовления пищи и отопления являются дрова, в ряде случаев на их долю приходится более 70% общего потребления энергии страны; однако статистика, касающаяся потребления, как правило, является неполной. В основном это

объясняется тем фактом, что дрова производятся и продаются в неофициальном секторе.

Дрова могут измеряться по объему либо по весу. Если они измеряются по объему, то это может быть либо складочный объем, либо плотный объем. Мерой сложенных дров являются кубометр, складочный кубометр или корд (128 складочных кубических футов). Плотный объем получается методом замещения воды. Одним из преимуществ измерения по объему является относительно небольшое влияние содержания влаги в древесине на результаты измерения. Вес дров в очень большой степени зависит от содержания влаги, и это справедливо для всей биомассы. Чем больше воды на единицу веса, тем меньше горючей древесины. Поэтому при измерении дров по весу настоятельно необходимо, чтобы было точно указано содержание влаги.

Существует два способа измерения содержания влаги (св). Это так называемая "сухая основа" и "влажная основа", они определены ниже.

Сухая основа

$$\text{св } \% = \frac{\text{влажный вес} - \text{сухой вес}}{\text{сухой вес}} \times 100$$

Влажная основа

$$\text{св } \% = \frac{\text{влажный вес} - \text{сухой вес}}{\text{влажный вес}} \times 100$$

Когда биомасса очень мокрая, разница между двумя величинами содержания влаги очень велика (например, 100% св при сухой основе = 50% св при влажной основе), но когда биомасса просушена воздухом, эта разница невелика (15% св при сухой основе = 13% при влажной основе). Поэтому важно указывать, на какой основе измеряется содержание влаги. Большинство дров измеряется на сухой основе, но некоторая часть измеряется на влажной основе.

Другой важной детерминантой содержания энергии в дровах является содержание золы. Хотя обычно содержание золы в дровах составляет около 1%, в дровах некоторых пород деревьев содержание золы может достигать 4%. Это оказывает влияние на энергетическую ценность древесины, поскольку вещества, которые образуют золу, обычно не имеют никакой энергетической ценности. Таким образом, древесина с содержанием золы 4% будет иметь на 3% меньше энергии, чем древесина с содержанием золы, равным 1%.

В таблицах I4, I5 и I6 приведены коэффициенты пересчета объемных и тепловых данных, касающихся дров.

Таблица I4. Таблица пересчета величин для дров
(древесина с содержанием влаги 20-30%)

Дрова из древесины	Метрических тонн в кубическом метре	Метрических тонн в корде	Кубических метров в метрической тонне	Кубических футов в метрической тонне
Смешанных пород	0,725	1,54	1,38	48,74
Хвойных пород	0,625	1,325	1,60	56,50
Лиственных пород	0,750	1,59	1,33	46,97

Источник: Food and Agriculture Organization of the United Nations
Yearbook of Forest Products, 1983 (Rome, 1985).

Примечание: 1 корд древесины = 3,624556 кубического метра = 128 кубических футов.
1 стер (уложенных дров) = 1 складочный м³ = 35,31467 складочного кубического фута
1 борд-фут древесины = 2,359737x10⁻³ м³ = 0,08333 кубического фута.

Таблица 15. Влияние содержания влаги на плотный объем и вес дров

	Содержание влаги в дровах (%)								
	100	80	60	40	20	15	12	10	0
Плотный объем (м³/т)	0,80	0,89	1,00	1,14	1,33	1,39	1,43	1,45	1,60
Вес (т/м³)	1,25	1,12	1,00	0,88	0,75	0,72	0,70	0,69	0,63

Источник: Food and Agricultural Organization of the United Nations, Wood Fuel Surveys (Rome, 1983).

Между двумя приведенными выше таблицами существует расхождение, и это отражает наличие большого количества литературы по вопросам измерения дров. В настоящем случае это в значительной мере объясняется тем, что таблица 14 основана на информации, содержащейся в стандартизованных таблицах, в то время как в таблице 15 представлены результаты более современного исследования.

Таблица 16. Влияние содержания влаги на низшую теплотворную способность дров
(древесина с содержанием золы 1%)

	Содержание влаги (%)		Килокалорий на килограмм	БТЕ на фунт	Мегаджоулей на килограмм
	Сухая основа	Влажная основа			
Несушенная древесина	160	62	1360	2450	5,7
	140	59	1530	2750	6,4
	120	55	1720	3100	7,2
	100	50	1960	3530	8,2
	80	45	2220	4000	9,3
	70	41	2390	4300	10,0
Древесина воздушной сушки	60	38	2580	4640	10,8
	50 <u>a/</u>	33 <u>a/</u>	2790	5030	11,7
	40	29	3030	5460	12,7
	30	23	3300	5930	13,8
	25 <u>b/</u>	20 <u>b/</u>	3460	6230	14,5
	20	17	3630	6530	15,2
	15	13	3820	6880	16,0
Древесина печной сушки	10	9	4010	7220	16,8
	5	5	4230	7610	17,7
	0	0	4470	8040	18,7

a/ Средняя величина для полученных дров на кордвудной основе (длиной 4 фута).

b/ Средняя для заготовленных дров.

Источники: Food and Agricultural Organization of the United Nations, A New Approach to Domestic Fuelwood Conservation (Rome, 1986); D.A. Tillman, Wood as an Energy Resource (New York, Academic Press, 1978); и Организация Объединенных Наций, "Концепции и методы для сбора и первичной обработки статистических данных о биомассе, используемой в качестве энергии". К. Опеншоу (ESA/STAT/AC.30/6).

б) Древесный уголь

При статистическом учете преобразования древесины в древесный уголь необходимо учитывать три основных аспекта: плотность древесины, содержание влаги в древесине и способы производства древесного угля.

Основным фактором, определяющим выход древесного угля, является плотность исходной древесины, поскольку вес древесного угля может при равных объемах отличаться в два раза. Однако заметное влияние на выход древесного угля оказывает также содержание влаги в древесине; чем суше древесина, тем больше выход древесного угля. Способ производства древесного угля является третьим основным фактором, определяющим выход угля. Древесный уголь получают в засыпанных землей ямах, в нефтяных барабанах, кирпичных или стальных печах и в ретортах. При менее сложных способах производства обычно имеют место потери пылевидного древесного угля (мелких частиц), неполная карбонизация дров, частичное сжигание полученного древесного угля, в результате чего его выход уменьшается.

При производстве и транспортировке древесного угля образуется определенное количество пылевидного древесного угля. Если пылевидный древесный уголь брикетируется, то вес брикетов вследствие их более высокой плотности должен быть на 50-100% выше по сравнению с таким же объемом непывидного древесного угля.

Тремя переменными, влияющими на энергетическую ценность древесного угля, являются содержание влаги, содержание золы и степень карбонизации. Среднее содержание влаги в древесном угле составляет 5%. Среднее содержание золы в древесном угле, произведенном из древесины, - 40%, тогда как в древесном угле, произведенном из древесных послеуборочных растительных отходов, таких как кофейные кустарники, составляет около 20%. При допущении, что карбонизация является полной, среднее энергосодержание древесного угля с содержанием золы - 4% и содержанием влаги 5% составляет примерно 30,8 МДж/кг. Среднее энергосодержание древесного угля из послеуборочных растительных остатков с содержанием золы 20% и содержанием влаги 5% составляет 25,7 МДж/кг.

В трех таблицах приведены данные, относящиеся к производству древесного угля. Таблица I7 иллюстрирует влияние плотности и содержания влаги в исходной древесине на выход древесного угля. В таблице I8 приведены коэффициенты пересчета для производства древесного угля в печах различных типов при определенных величинах содержания влаги в древесине. Предполагается, что в качестве исходной используется какая-либо твердая древесина. В таблице I9 содержится довольно исчерпывающий перечень видов древесины с указанием их плотности.

Таблица 17. Таблица преобразования дров в древесный уголь

Влияние плотности исходной древесины на производство древесного угля (вес (в кг) древесного угля, полученного из кубического метра дров)							
	Древесина хвойных пород	Средняя тропическая твердая древесина		Предпочтительно тропическая твердая древесина		Мангровое дерево (ризофора)	
Древесный уголь	115	170		180		285	
Влияние содержания влаги в древесине на производство древесного угля (количество древесины, необходимое для производства 1 т древесного угля)							
Содержание влаги (сухая основа)	100	80	60	40	20	15	10
Объем (куб.м)	17,6	16,2	13,8	10,5	8,1	6,6	5,8
Вес (т)	12,6	11,6	9,9	7,5	5,8	4,7	4,1

Источники: D.E. Earl Forest Energy and Economic Development, London, Oxford University Press, 1975; Food and Agricultural Organization of the United Nations, Wood Fuel Surveys (Rome, 1983)

Таблица 18. Потребность в дровах для производства древесного угля в печах различных типов (кубометров дров на 1 тонну древесного угля)

Тип печи	Содержание влаги в дровах					
	15%	20%	40%	60%	80%	100%
Земляная печь	10	13	16	21	24	27
Портативная стальная печь	6	7	9	13	15	16
Печь для обжига кирпича	6	6	7	10	11	12
Реторта	4,5	4,5	5	7	8	9

Источник: Food and Agricultural Organization of the United Nations, Wood Fuel Surveys (Rome, 1983).

Таблица 19. Плотности древесины различных пород
(при содержании влаги 12%)

Древесина лиственных пород	Плотность (кг/м³)	Древесина хвойных пород	Плотность (кг/м³)
Стандартная древесина всех пород, вместе взятых	750	Стандартная древесина всех пород, вместе взятых	625
Акация албида	633	Можжевельник виргинский, кипарисовник Лавсона	352
Акация нигресценс	1111	Кипарис	465
Яблоня	705	Дугласия	513
Ясень черный	545	Пихта бальзамическая	401
Эвкалипт ясеневидный	673	Болиголов	465
Бамбук	725	Лжетсуга тисолистная	513
Березка желтая граболистная	705	Сосна смолистая	481
Черешня, черемуха пенсильв.	433	Сосна алепская	433
Каштан	481	Ложная сосна	642
Ильм американский	561	Норвежская сосна	541
Эритрофлеум африканский	1010	Секвойя калифорнийская	417
Эвкалипт микрокорный	847	Ель белая, красная	449
Эвкалипт паникулатный	1000	Для неизвестных пород	725
Кария	769		
Ирвингия малийская	1099		
Родиния	722		
Махагониевое дерево	705		
Мангровое дерево (херитерия)	901		
Мангровое дерево (розофора)	1176		
Мангровое дерево (соннератия)	775		
Клен американский	689		
Клен серебристый	529		
Дуб горный	737		
Дуб виргинский	866		
Дуб бархатный, красный	673		
Дуб белый	770		
Тополь	433		
Тамаринд	855		
Тик африканский	994		
Тик индийский	769		
Орех черный	593		
Ива	449		

Источник: T. Baumeister and others, Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers, 8th ed. (New York, McGraw Hill, 1978); J. Bruce, The Commercial Timbers of Tanzania (Dar es Salaam, Government Printers, 1967); P. Sono, Merchantable Timbers of Thailand (Bangkok, Forest Products Division, Royal Forest Department, 1974), Организация Объединенных Наций, "Концепции и методы сбора и первичной обработки статистических данных о биомассе, используемой в качестве топлива", К. Опеншоу (ESA/STAT/AC.30/6).

с) Отходы растительного и животного происхождения

Энергия, заключенная в сельскохозяйственных отходах, в продуктах, являющихся отходами пищевой промышленности, все более широко используется для замены древесной биомассы в районах, где ощущается нехватка дров. Эти отходы производства могут сжигаться в качестве топлива для удовлетворения потребностей в отоплении или приготовлении пищи.

Существуют два очень важных показателя энергетической ценности недревесной растительной биомассы: содержание влаги и содержание золы. В то время как содержание золы в древесине обычно составляет около 1%, содержание золы в послеуборочных растительных отходах может меняться от 3% до более 20%, и это отрицательно сказывается на энергетической ценности. Обычно вещества, образующие золу, не имеют энергетической ценности. Таким образом, биомасса с содержанием золы 20% будет иметь энергетическую ценность на 19% меньше, чем аналогичное вещество с содержанием золы 1%.

Данные по этим потенциальным энергоносителям редко собираются непосредственно, они выводятся из соотношений урожай/отходы или конечный продукт/отходы. Учитывая важность использования жома сахарного тростника - волокнистого отхода сахарного тростника, получающегося при производстве сахара из сахарного тростника, для этого случая будет описана в общих чертах возможная процедура оценки. Жом сахарного тростника используется в качестве топлива главным образом для удовлетворения собственных потребностей в энергии сахарной промышленности (иногда избыточная электроэнергия также подается в общественную энергосеть) во многих странах, производящих сахар.

Наличие жома сахарного тростника для топливных целей может быть оценено на основе а) данных о количестве сахарного тростника, загружаемого в прессы для отжима сахарного тростника, или б) данных о производстве тростникового сахара на центрифугах.

Метод а): исследования, основывающиеся на опыте стран Центральной Америки, показали, что производство топливного жома сахарного тростника составляет примерно 280 килограмм на тонну переработанного сахарного тростника. При допущении, что во время использования содержание влаги составляет 50%, 1 тонна жома сахарного тростника дает 7,72 ГДж (коэффициент, используемый в изданиях Статистического бюро Организации Объединенных Наций). Таким образом, содержание энергии в количестве жома сахарного тростника, соответствующем 1 тонне переработанного сахарного тростника, составляет:

$$2,16 \text{ ГДж} = 0,516 \text{ Гкал} = 0,074 \text{ ТУЭ} = 0,051 \text{ ТНЭ}$$

Метод б): основываясь на наблюдениях, Экономическая комиссия для Латинской Америки и Карибского бассейна (ЭКЛАК) предложила использовать величину выхода жома сахарного тростника 3,26 кг на килограмм произведенного методом центрифугирования сахара (принято Статистическим бюро Организации Объединенных Наций до тех пор, пока не станут известными точные данные). Тепловые эквиваленты для жома сахарного тростника, соответствующие производству одной тонны сахара:

$$25,2 \text{ ГДж} = 6 \text{ Гкал} = 0,86 \text{ ТУЭ} = 0,59 \text{ ТНЭ}$$

Отходы животного происхождения, или навоз, являются другим важным побочным продуктом сельскохозяйственного сектора. Его можно высушивать и непосредственно сжигать в качестве топлива для отопления жилых помещений, приготовления пищи или сушки урожая. Он также может разбрасываться в полях в качестве удобрения. При использовании навоза в качестве исходного сырья для биогазовых аппаратов сухой перегонки получают газ для приготовления пищи, отопления и освещения и твердый остаток для использования в качестве удобрения.

В таблице 20 приведены различные виды отходов растительного и животного происхождения и указана их приблизительная теплотворная способность при использовании в качестве топлива.

Таблица 20. Энергосодержание некоторых отходов животного и растительного происхождения

Вид отходов	Среднее содержание влаги (сухая основа) (%)	Примерное содержание зола (%)	Низкая теплотворная способность (МДж/кг)
Животный навоз	15	23-27	13,6
Скорлупа земляного ореха	3-10	4-14	16,7
Шелуха кофейных бобов	13	8-10	15,5-16,3
Жом сахарного тростника	40-50	10-12	8,4-10,5
Хлопковая шелуха	5-10	3	16,7
Скорлупа кокосовых орехов	5-10	6	16,7
Рисовая шелуха	9-11	15-20	13,8-15,1
Маслины (выжатые)	15-18	3	16,75
Волокно масличных пальм	55	10	7,5-8,4
Шелуха масличных пальм	55	5	7,5-8,4
Жом сахарного тростника	30	10-12	12,6
Жом сахарного тростника	50	10-12	8,4
Кора	15	1	11,3
Кофейная шелуха, плоды	30	8-10	13,4
Кофейная шелуха, плоды	60	8-10	6,7
Стержни кукурузных початков	15	1-2	19,3
Скорлупа орехов	15	1-5	18,0
Рисовая солома и шелуха	15	15-20	13,4
Пшеничная солома и полова	15	8-9	19,1
Городские отходы	15	..	19,7
Бумага	5	1	17,6
Опилки	50	1	11,7

Источники: G.Barnard and L.Kristoferson, Agricultural Residues as Fuel in the Third World (London, Earth Scan, 1985); Commonwealth Science Council, Common Accounting Procedures for Biomass Resources Assessment in Developing Countries (London, 1986); Food and Agriculture Organization of the United Nations, Energy for World Agriculture (Rome, 1979); U.S.A., Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977).

Примечание: Две точки (..) означают отсутствие данных.

d) Тяговая сила животных

Термин тяга относится к силе, необходимой или прикладываемой для того, чтобы тащить, волочить, передвигать, транспортировать или поднимать какой-либо предмет. Им также обозначается тяговое усилие или тянущая сила, и он относится в основном к мускульной силе животного. Тяговое усилие прямо пропорционально весу животного. Тяговая мощность, т.е. выраженная в лошадиных силах мощность, которой обладает какое-нибудь животное, определяется видом, генетическими характеристиками породы, весом тела, состоянием здоровья, рационом и условиями питания, температурой воздуха и частотой и интенсивностью использования. Среди этих данных эмпирические данные имеются только для фактора веса тела для некоторых пород большинства видов. Тяговая мощность выражается усилием, развиваемым животным. Тяга в лошадиных силах или тяговое усилие получается следующим образом:

Тяговая мощность в фунтах в секунду x скорость в футах в секунду
550 футо-фунтов в секунду

В следующей таблице приведены тяговые мощности различных видов животных с учетом предположений о количестве рабочих часов, приведены данные о количестве энергии, вырабатываемой за год.

Таблица 2I. Тяговая мощность и энергия животных

Выполненная работа	Развиваемая мощность		Количество рабочих часов в год	Производимая живая энергия (кВт-ч/год)	Производимая живая энергия (ГДж/год)
	л.с.	кВт			
Тяговые животные					
Слон	2	1,5	800	1200	4,32
Лошадь	1	0,75	800	600	2,16
Буйвол	0,75	0,56	800	448	1,61
Верблюд	0,75	0,56	800	448	1,61
Бык (вол)	0,75	0,56	800	448	1,61
Мул	0,70	0,52	800	416	1,50
Корова	0,45	0,34	800	272	0,99
Осел	0,35	0,26	800	208	0,75
Собака	0,1	0,075	800	60	0,22
Человек (длительная мускульная работа)	0,1	0,075	2000	150	0,54

Источник: R.E.McDowell, Report of National Dairy Research Institute (1975); United States Federal Energy Administration, Energy Interrelationships (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977)

Примечание: Для человека перерывы в работе для отдыха, температура и влажность воздуха, характер питания работника, и, вероятно, пол являются факторами, которые оказывают влияние на способность развивать и поддерживать указанные выше номинальные величины мощности в лошадиных силах. Эти соображения следует учитывать в конкретных рабочих ситуациях.

Расчеты, выполненные для сильного мужчины в возрасте 35 лет, работающего по 8 часов (480 минут) в сутки, дают:

мощность (л.с.) = $0,35 - 0,092 \log 480 = 0,1$

$0,1 \text{ л.с.} \times 0,75 \text{ л.с.-ч/кВт-ч} \times 8 \text{ ч/сутки} = 0,6 \text{ кВт-ч/сутки}$

$2000 \text{ ч/год} / 8 \text{ ч/сутки} = 250 \text{ суток/год}$

$0,6 \text{ кВт-ч/сутки} \times 250 \text{ суток/год} = 150 \text{ кВт-ч/год.}$

Приложение I

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ

Международная система единиц (официальное сокращение СИ) является модернизированным вариантом метрической системы, установленной международным соглашением. Она обеспечивает логичные и взаимосвязанные рамки для всех измерений в науке, промышленности и торговле. СИ построена на основе семи основных единиц плюс две дополнительные единицы. Кратные и дробные единицы выражаются в десятичной системе.

Система СИ включает следующие единицы:

Основные единицы

<u>Величина</u>	<u>Наименование единицы</u>	<u>Обозначение единицы</u>
длина	метр	м
масса	килограмм	кг
время	секунда	с
сила электрического тока	ампер	А
термодинамическая температура	кельвин	К
сила света	кандела	кд
количество вещества	моль	моль

Дополнительные единицы

плоский угол	радиан	рад
телесный угол	стерадиан	ср

Все приведенные выше единицы определены в международном масштабе.

Термин важнейшие единицы принят здесь для единиц из совокупности единиц, включающих приведенные выше основные единицы, дополнительные единицы и связанные с ними производные единиц. Например, метр в секунду, м/с является важнейшей единицей скорости в системе СИ.

Важнейшие единицы, имеющие специальные наименования

<u>Наименование</u>	<u>Обозначение</u>	<u>Определение</u>
герц	Гц	$1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$
ньютон	Н	$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг м/с}^2$
паскаль	Па	$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$
джоуль	Дж	$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н.м}$
ватт	Вт	$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$
кулон	Кл	$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А.с}$
вольт	В	$1 \text{ В} = 1 \text{ Дж/Кл}$
ом	Ом	$1 \text{ Ом} = 1 \text{ В/А}$
сименс	См	$1 \text{ См} = 1 \text{ А/В}$
фарада	Ф	$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/В}$
вебер	Вб	$1 \text{ Вб} = 1 \text{ В.с}$
генри	Г	$1 \text{ Г} = 1 \text{ Вб/А}$
тесла	Т	$1 \text{ Т} = 1 \text{ Вб/м}^2$
люмен	лм	$1 \text{ лм} = 1 \text{ кд.ср}$
люкс	лк	$1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$

Приставки

Кратные или дольные единицы могут быть получены из других единиц с помощью следующих приставок:

<u>Множитель</u>	<u>Приставка</u>	<u>Обозначение</u>
10^{-15}	фемто	ф
10^{-12}	пико	п
10^{-9}	нано	н
10^{-6}	микро	мк
10^{-3}	милли	м
10^{-2}	санتي	с
10^{-1}	деци	д
10^1	дека	да
10^2	гекто	г
10^3	кило	к
10^6	мега	М
10^9	гига	Г
10^{12}	тера	Т
10^{15}	пета	П

Приставки присоединяются только к названиям единиц, состоящим из одного слова, и к одиночным обозначениям (таким как м, а не к составным обозначениям, таким как м/с), еще не измененным при помощи приставки или индекса. Таким образом, одна приставка никогда не может стоять непосредственно перед другой. В таких единицах, как км^2 приставка относится к м, а показатель степени относится к км, т.е. $1 \text{ км}^2 = (1000 \text{ м})^2 = 10^6 \text{ м}^2$.

Множители в обозначениях составных единиц должны разделяться пробелом или точкой на половине высоты строки. Например, мН означает миллиньютон, тогда как метр ньютон - это м·Н или м·Н.

Другие единицы

Для каждой из приведенных ниже величин сначала дана основная или важная единица системы СИ, а затем определения других единиц.

Длина

один метр	= 1 м
один дюйм	= 1 дюйм = 25,4 мм
один фут	= 1 фт = 12 дюймов = 0,3048 м
один ярд	= 1 ярд = 3 фт = 0,9144 м
одна миля	= 5280 фт = 1609,344 м

Масса

один килограмм	= 1 кг
один фунт	= 1 фунт = 0,45359237 кг
одна тонна	= 1 т = 1000 кг
одна длинная тонна	= 2240 фунтов = 1016,05 кг
одна короткая тонна	= 2000 фунтов = 907,185 кг

Время

одна секунда	= 1 с
одна минута	= 1 мин = 60 с
один час	= 1 ч = 60 мин = 3600 с

Температура

один кельвин

= 1 К (прежде относился к градусам Цельсия и Кельвина)

один ренкин

= (5/9) К (называется также градусом Фаренгейта)

Площадь

один квадратный метр

= 1 м²

один квадратный фут

= 1 фт² = 0,9290304 м²

один квадратный ярд

= 1 кв. ярд = 0,83612736 м²

один акр

= 43560 кв. футов = 4046,86 м²

один гектар

= 10 000 м²

Объем

один кубический метр

= 1 м³

один литр

= 1 л = 0,001 м³

один кубический фут

= 1 фт³ = 0,0283168 м³

один кубический ярд

= 1 куб. ярд = 0,764555 м³

один британский галлон

= 0,0045460919 м³

один галлон США

= 0,003785411784 м³

один баррель США

= 42 галлона США = 0,158988 м³

Скорость

один метр в секунду

= 1 м/с

один фут в секунду

= 1 фт/с = 0,3048 м/с

одна миля в час

= 1 миля/ч = 0,44704 м/с

Плотность

один кг на кубический метр

= 1 кг/м³

один фунт на кубический фут

= 1 фунт/куб. фут = 16,0185 кг/м³

Сила

один ньютон

= 1 Н = 1 кг·м/с²

одна дина

= 1 дина = 1 г·см/с² = 10⁻⁵ Н

один килограмм-сила

= 1 кгс = 9,80655 Н

Давление, напряжение

один паскаль

= 1 Па = 1 Н/м²

один бар

= 10⁵ Па = 10⁵ Н/м²

одна дина/см²

= 0,1 Па = 0,1 Н/м²

одна стандартная атмосфера

= 1 атм = 1,01325 бар

один миллиметр ртутного столба

= 13,322 Н/м²

Вязкость (динамическая)

один Н·с/м²

= 1 Па·с = 1 кг/м·с

один пуаз

= 1 П = 1 дина·с/см² = 1 г/см·с

один сантипуаз

= 0,01 П = 0,001 кг/м·с

Вязкость (кинематическая)

один м² в секунду

= 1 м²/с

один стокс

= 1 Ст = 1 см²/с

один сантистокс

= 1 сСт = 1 мм²/с

Энергия, работа, теплота

один джоуль	$= 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2 = 1 \text{ Па} \cdot \text{м}^3$
один киловатт-час	$= 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \times 10^6 \text{ Дж}$
одна калория	$= 1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж}$
одна килокалория	$= 1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж}$
одна термия	$= 4,1855 \times 10^6 \text{ Дж}$
одна Британская тепловая единица	$= 1 \text{ БТЕ} = 1055,06 \text{ Дж}$
один терм	$= 10^5 \text{ БТЕ} = 1,05506 \times 10^8 \text{ Дж}$
одна лошадиная сила	$= 2,68452 \times 10^6 \text{ Дж}$

Мощность

один ватт	$= 1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$
один киловатт	$= 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Дж/с}$
один кгс·м/с	$= 9,80665 \text{ Вт}$
одна метрическая лошадиная сила	$= 1 \text{ л.с.} = 735,499 \text{ Вт}$
одна лошадиная сила	$= 1 \text{ л.с.} = 550 \text{ фут.фунт/с} = 745,7 \text{ Вт}$

Энергосодержание (теплотворная способность, удельная энтальпия)

один джоуль на килограмм	$= 1 \text{ Дж/кг}$
одна калория на грамм	$= 4,1868 \text{ Дж/г}$
одна БТЕ на фунт	$= 2326 \text{ Дж/кг}$

Энергия на массу-температуру (удельная энтропия, удельная теплотворная способность)

1 джоуль на кг·кельвин	$= 1 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$
1 калория на кг·кельвин	$= 4,1868 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$
1 БТЕ на фунт·ренкин	$= 4187 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$

Энергия на объем-температуру

один джоуль на м ³ ·кельвин	$= 1 \text{ Дж/м}^3 \cdot \text{К}$
один джоуль на см ³ ·кельвин	$= 10^6 \text{ Дж/м}^3 \cdot \text{К}$
1 кал/см ³ ·К	$= 4,1868 \times 10^6 \text{ Дж/м}^3 \cdot \text{К}$
1 кал/л·К	$= 4,1868 \times 10^3 \text{ Дж/м}^3 \cdot \text{К}$
1 ккал/м ³ ·К	$= 4,1868 \text{ Дж/м}^3 \cdot \text{К}$
1 БТЕ/фт ³ ·ренкин	$= 67066,1 \text{ Дж/м}^3 \cdot \text{К}$

Плотность потока энергии (мощность на площадь)

один ватт на м ²	$= 1 \text{ Вт/м}^2 = 1 \text{ Дж/м}^2 \cdot \text{с}$
одна калория/м ² ·с	$= 4,1868 \text{ Вт/м}^2$
одна ккал/м ² ·ч	$= 1,163 \text{ Вт/м}^2$
одна БТЕ/фт ²	$= 3,15459 \text{ Вт/м}^2$

Коэффициент теплопередачи (теплопроводность)

один ватт/м ² ·К	$= 1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} = 1 \text{ Дж/м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}$
одна кал/м ² ·с·К	$= 4,1868 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$
одна ккал/м ² ·ч·К	$= 1,163 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$
одна БТЕ/фт ² ·ч·ренкин	$= 3,15459 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

Теплопроводность

один ватт/м·К	$= 1 \text{ Вт/м} \cdot \text{К} = 1 \text{ Дж/м} \cdot \text{с} \cdot \text{К}$
одна кал/см·с·К	$= 418,68 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$
одна ккол/м·ч·К	$= 1,163 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$
одна БТЕ/фт·ч·ренкин	$= 1,73073 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$

Приложение II

ТАБЛИЦЫ УДЕЛЬНОГО ВЕСА, ПЛОТНОСТИ И ВЯЗКОСТИ

Плотность и удельный вес

Нижеследующие таблицы взяты из Нефтеизмерительных таблиц ASTM-IP, составленных Американским обществом по испытанию материалов и Нефтяным институтом (Соединенное Королевство). Удельный вес и плотность определены ASTM-IP следующим образом:

Удельный вес - отношение массы данного объема нефти при 60°F к массе такого же объема воды при 60°F.

Плотность - масса на единицу объема при 15°C, выраженная в килограммах на литр.

Плотность в градусах АНИ основывается на стандартной температуре 60°F и соотносится с удельным весом следующим образом:

$$\text{Плотность в градусах АНИ} = \frac{141,5}{\text{уд. вес } 60^{\circ} / 60^{\circ} \text{ F}} - 131,5$$

При пользовании таблицами вес воды при температуре воздуха 60°F можно принимать как следующий:

1 кг	на литр
8,3283 фунта	на галлон США
10,002 фунта	на имперский галлон
62,3 фунта	на кубический фут
349,7886 фунта	на нефтяной баррель США

Таблица 22. Эквиваленты удельной плотности

Удельный вес	Плотность в градусах АНИ	Плотность	Удельный вес	Плотность в градусах АНИ	Плотность	Удельный вес	Плотность в градусах АНИ	Плотность
0,60	-	0,6000	0,75	57,17	0,7497	0,90	25,72	0,8995
0,61	-	0,6100	0,76	54,68	0,7597	0,91	23,99	0,9095
0,62	96,73	0,6200	0,77	52,27	0,7697	0,92	22,30	0,9195
0,63	93,10	0,6299	0,78	49,91	0,7797	0,93	20,65	0,9295
0,64	89,59	0,6399	0,79	47,61	0,7897	0,94	19,03	0,9395
0,65	86,19	0,6499	0,80	45,38	0,7996	0,95	17,45	0,9495
0,66	82,89	0,6599	0,81	43,19	0,8096	0,96	15,90	0,9594
0,67	79,69	0,6699	0,82	41,06	0,8196	0,97	14,38	0,9694
0,68	76,59	0,6798	0,83	38,98	0,8296	0,98	12,89	0,9794
0,69	73,57	0,6898	0,84	36,95	0,8396	0,99	11,43	0,9894
0,70	70,64	0,6998	0,85	34,97	0,8496	1,00	10,00	0,9994
0,71	67,80	0,7098	0,86	33,03	0,8596	1,01	8,60	1,0094
0,72	65,03	0,7198	0,87	31,14	0,8695	1,02	7,23	1,0194
0,73	62,34	0,7298	0,88	29,30	0,8795	1,03	5,88	1,0294
0,74	59,72	0,7397	0,89	27,49	0,8895	1,04	4,56	1,0394

Примечание: Измерено при стандартных температурах 60°F для плотности в градусах АНИ и удельного веса и 15°C - для плотности.

Таблица 23. Эквиваленты плотности в градусах АНИ

Плотность в градусах АНИ	Удельный вес	Плотность	Плотность	Удельный вес	Плотность	Плотность	Удельный вес	Плотность
		в градусах АНИ			в градусах АНИ			
0,0	1,0760	1,0754	33,0	0,8602	0,8597	66,0	0,7165	0,7162
1,0	1,0679	1,0673	34,0	0,8550	0,8545	67,0	0,7128	0,7126
2,0	1,0599	1,0593	35,0	0,8499	0,8494	68,0	0,7093	0,7091
3,0	1,0520	1,0514	36,0	0,8448	0,8443	69,0	0,7057	0,7055
4,0	1,0443	1,0436	37,0	0,8398	0,8393	70,0	0,7022	0,7020
5,0	1,0366	1,0360	38,0	0,8348	0,8344	71,0	0,6988	0,6986
6,0	1,0291	1,0285	39,0	0,8299	0,8295	72,0	0,6953	0,6952
7,0	1,0217	1,0210	40,0	0,8251	0,8247	73,0	0,6919	0,6918
8,0	1,0143	1,0137	41,0	0,8203	0,8199	74,0	0,6886	0,6884
9,0	1,0071	1,0065	42,0	0,8156	0,8152	75,0	0,6852	0,6851
10,0	1,0000	0,9994	43,0	0,8109	0,8105	76,0	0,6819	0,6818
11,0	0,9930	0,9924	44,0	0,8063	0,8059	77,0	0,6787	0,6785
12,0	0,9861	0,9855	45,0	0,8017	0,8013	78,0	0,6754	0,6753
13,0	0,9792	0,9787	46,0	0,7972	0,7968	79,0	0,6722	0,6721
14,0	0,9725	0,9719	47,0	0,7927	0,7924	80,0	0,6690	0,6689
15,0	0,9659	0,9653	48,0	0,7883	0,7880	81,0	0,6659	0,6658
16,0	0,9593	0,9588	49,0	0,7839	0,7836	82,0	0,6628	0,6626
17,0	0,9529	0,9523	50,0	0,7796	0,7793	83,0	0,6597	0,6596
18,0	0,9465	0,9459	51,0	0,7753	0,7750	84,0	0,6566	0,6565
19,0	0,9402	0,9397	52,0	0,7711	0,7708	85,0	0,6536	0,6535
20,0	0,9340	0,9335	53,0	0,7669	0,7666	86,0	0,6506	0,6505
21,0	0,9279	0,9273	54,0	0,7628	0,7625	87,0	0,6476	0,6475
22,0	0,9218	0,9213	55,0	0,7587	0,7584	88,0	0,6446	0,6446
23,0	0,9159	0,9153	56,0	0,7547	0,7544	89,0	0,6417	0,6416
24,0	0,9100	0,9095	57,0	0,7507	0,7504	90,0	0,6388	0,6387
25,0	0,9042	0,9037	58,0	0,7467	0,7464	91,0	0,6360	0,6359
26,0	0,8984	0,8979	59,0	0,7428	0,7425	92,0	0,6331	0,6330
27,0	0,8927	0,8923	60,0	0,7389	0,7387	93,0	0,6303	0,6302
28,0	0,8871	0,8867	61,0	0,7351	0,7348	94,0	0,6275	0,6274
29,0	0,8816	0,8811	62,0	0,7313	0,7310	95,0	0,6247	0,6247
30,0	0,8762	0,8757	63,0	0,7275	0,7273	96,0	0,6220	0,6219
31,0	0,8708	0,8703	64,0	0,7238	0,7236	97,0	0,6193	0,6192
32,0	0,8654	0,8650	65,0	0,7201	0,7199	98,0	0,6166	0,6165

Примечание: Измерения выполнены при стандартных температурах 60°F для плотности в градусах АНИ и удельного веса и 15°C - для плотности.

Таблица 24. Эквиваленты плотности

Плотность в градусах АНИ	Удельный вес	Плотность в градусах АНИ	Удельный вес	Плотность в градусах АНИ	Удельный вес	Плотность в градусах АНИ	Удельный вес	Плотность в градусах АНИ
0,50	0,4996	-	0,69	0,6902	73,52	0,88	0,8805	29,21
0,51	0,5097	...	0,70	0,7002	70,59	0,89	0,8905	27,40
0,52	0,5197	-	0,71	0,7102	67,74	0,90	0,9005	25,64
0,53	0,5298	-	0,72	0,7202	64,97	0,91	0,9105	23,91
0,54	0,5398	-	0,73	0,7302	62,27	0,92	0,9205	22,22
0,55	0,5498	-	0,74	0,7403	59,65	0,93	0,9305	20,56
0,56	0,5599	-	0,75	0,7503	57,10	0,94	0,9405	18,95
0,57	0,5699	-	0,76	0,7603	54,61	0,95	0,9505	17,36
0,58	0,5799	-	0,77	0,7703	52,19	0,96	0,9606	15,81
0,59	0,5900	-	0,78	0,7803	49,83	0,97	0,9706	14,29
0,60	0,6000	-	0,79	0,7903	47,53	0,98	0,9806	12,80
0,61	0,6100	-	0,80	0,8004	45,29	0,99	0,9906	11,34
0,62	0,6200	96,71	0,81	0,8104	43,11	1,00	1,0006	9,92
0,63	0,6301	93,08	0,82	0,8204	40,98	1,01	1,0106	8,52
0,64	0,6401	89,57	0,83	0,8304	38,90	1,02	1,0206	7,14
0,65	0,6501	86,16	0,84	0,8404	36,87	1,03	1,0306	5,79
0,66	0,6601	82,86	0,85	0,8504	34,89	1,04	1,0406	4,47
0,67	0,6701	79,65	0,86	0,8605	32,95	1,05	1,0507	3,18
0,68	0,6802	76,54	0,87	0,8705	31,96			

Примечание: Измерения выполнены при стандартных температурах 60°F для плотности в градусах АНИ и удельного веса и 15°C - для плотности.

Таблица 25. Плотности некоторых видов топлива

Вид топлива	Средняя плотность (кг/м ³)
<u>Твердые топлива</u>	
Антрацит	1554
Битуминозный уголь	1346
Лигнит	1250
Кокс	1201
Сухой торф	753
Дубовый древесный уголь	481
Сосновый древесный уголь	369
<u>Жидкие топлива</u>	
Сырая нефть	840-860
СНГ/СПГ	540
Пропан	510
Бутан	580
Газовый бензин	630
Автомобильный бензин	740
Авиационный бензин	730
Топливо для реактивных двигателей бензинового типа	760
Топливо для реактивных двигателей керосинового типа	810
Керосин	810
Газойль (дизельное топливо)	870
Остаточное мазутное топливо	950
Смазочные масла	900
Битум (асфальт)	1040
Нефтяной кокс	1140
Парафин	800
Заводской конденсат	700
Уайт-спирит/промышленный спирт	810
Нафта	720
Другие нефтепродукты	910
<u>Газообразные топлива</u>	
при 1 атм. и 15°C	
Природный газ	0,720-0,785
Пропан	1,869
Бутан	2,383
Доменный газ	1,270
Искусственный газ	1,070

Источник: J.W. Rose and J.R. Cooper, Technical Data on Fuel, 7th ed. (Edinburgh, Scottish Academic Press, 1977); and United Kingdom, Department of Energy, Digest of U.K. Energy Statistics (London, 1980).

Таблица 26. Преобразование величин кинематической вязкости

Кинематическая вязкость в сантистоксах	Секунды по вискозиметру Редвуда № I при 38°C	Секунды по уни- версальному вискозиметру Сейболта при 38°C	Градусы вяз- кости Энглера при всех тем- пературах	Секунды вязкости по вискозиметру Сейболта-Фурола при 50°C
2	30,65	32,62	1,141	-
3	33,15	36,03	1,225	-
4	35,65	39,14	1,309	-
5	38,25	42,35	1,401	-
6	40,85	45,56	1,482	-
7	43,55	48,77	1,565	-
8	46,25	52,09	1,655	-
9	49,05	55,50	1,749	-
10	51,95	58,91	1,840	-
12	58,07	66,04	2,024	-
14	64,54	73,57	2,224	-
16	71,39	81,30	2,439	-
18	78,40	89,44	2,650	-
20	85,75	97,77	2,877	-
22	93,28	106,4	3,108	-
24	100,8	115,0	3,344	-
26	108,6	123,7	3,584	-
28	116,3	132,5	3,830	-
30	124,1	141,3	4,081	-
35	144,0	163,7	4,708	-
40	164,1	186,3	5,350	-
45	184,3	209,1	5,993	-
50	204,4	232,1	6,650	26,1
55	224,6	255,2	7,260	28,3
60	244,8	278,3	7,920	30,6
65	265,0	301,4	8,580	32,8
70	285,4	324,4	9,240	35,1
75	305,4	347,6	9,900	37,4
80	325,5	370,5	10,550	39,6
90	-	-	-	44,1
100	-	-	-	48,6
120	-	-	-	57,8
140	-	-	-	67,0
160	-	-	-	76,3
180	-	-	-	85,6
200	-	-	-	95,0

Источник: J.W. Rose and J.R. Cooper, Technical Data on Fuel, 7th ed.
(Edinburgh, Scottish Academic Press, 1977).

Приложение III

К.П.Д. УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Преобразование энергии

Все жизненные процессы требуют преобразования энергии из одной формы в другую. Лучистая энергия солнца преобразуется растениями в запасенную химическую энергию. Затем растения потребляются животными, их энергия преобразуется в механическую энергию для движения мышц и создания теплоты. Химическая энергия, запасенная в растениях, с течением времени аккумулируется также в залежах угля, месторождениях нефти и природного газа, которые используются в устройствах преобразования этой энергии в тепловую, механическую и лучистую энергии. Кроме того, электрическая энергия может получаться из механической энергии, с тем чтобы энергия могла передаваться на большие расстояния и затем использоваться в устройствах конечных потребителей.

В таблице 27 приведены данные о к.п.д. процессов преобразования в различных устройствах и приборах. Большинство к.п.д. преобразовательных устройств, приведенных в этой таблице, были разработаны Статистическим бюро Европейских сообществ (Евростат) для расчета балансов полезной энергии. В дополнение к учету других потерь в балансах полезной энергии учитывается и преобразование энергии в устройствах конечного потребителя.

Для измерения полезной энергии необходимо учитывать следующее:

- а) основные типы устройств, используемых конечными потребителями энергии;
- б) количество энергии, фактически потребляемое этими различными устройствами;
- с) средний к.п.д. этих устройств при нормальном использовании.

При использовании этих данных в балансах полезной энергии может быть представлена пятая категория энергетических потерь - потери на стадии конечного потребления. Таким образом, на пути от исходного сырья до окончательного потребления имеют место следующие потери:

- а) потери в первичном процессе производства/добычи (сжигание газа в факелах, потери угольной мелочи и т.д.);
- б) потери при преобразовании первичных энергоносителей во вторичные;
- с) потери при распределении, которые в основном касаются газообразных топлив и электроэнергии;
- д) потребление энергетическим сектором для внутривоздушных нужд;
- е) потери на стадии конечного потребления, определяемые фактическими коэффициентами полезного действия устройств, в которых производится окончательное преобразование энергии.

Таблица 27. Средние к.п.д. устройств на стадии конечного потребления

Устройства	К.п.д. (%)
Трехконфорочная дровяная плита	10-15
Древесноугольная печь	20-30
Цементная печь	30-40
Излучательная печь стекольного завода	40
Доменная печь	70-77
Бензиновый двигатель	22
Дизельный двигатель	35
Реактивный двигатель	25
Промышленные печи и котлы на угольном топливе	60
Плита на угольном топливе	25
Бытовые отопительные котлы и печи на угольном топливе	55-65
Промышленные печи и котлы на нефтяном топливе	68-73
Бытовые отопительные котлы на нефтяном топливе	68-73
Котлы ТЭЦ на мазутном топливе	68-73
Горелки, работающие на парафине	55
Промышленные печи и котлы, работающие на газе	70-75
Газовые плиты	37
Газовые водонагреватели	62
Бытовые отопительные котлы, работающие на газе	67-80
Плиты, работающие на СНГ	37
Отопительные установки, работающие на СНГ	69-73
Электрические двигатели	95
Электрические печи	95
Электролизные установки	30
Электрическая тяга поездов	90
Электрическая плита	75
Электрический водонагреватель	90
Прямое электрическое отопление	100
Освещение электрическими лампами накаливания	6
Освещение люминесцентными лампами	20

Источники: European Economic Community, Statistical Office of the European Communities (EUROSTAT), Useful Energy Balance Sheets, Supplement to Energy Statistics Yearbook (Brussels, 1983); и Организация Объединенных Наций, "Концепции и методы сбора первичной обработки статистических данных о биомассе, используемой в качестве топлива", К. Опеншоу (ESA/STAT/AC.30/6).

Библиография

American National Standards Institute, SI Units and Recommendation for the Use of their Multiples and of Certain Other Units, 2nd ed. (New York, 1981).

American Petroleum Institute, Glossary of Terms Used in Petroleum Refining, 2nd ed. (Baltimore, 1962).

American Society for Testing Materials and the Institute of Petroleum, ASTM-IP Petroleum Measurement Tables (London, 1953).

Barnard, G. and L. Kristoferson, Agricultural Residues as Fuel in the Third World (London, Earth Scan, 1985).

Baumeister, T.T. Baumeister and E. Avallone, eds., Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers, 8th ed. (New York, McGraw-Hill, 1978).

Bennett, H., Concise Chemical and Technical Dictionary (New York, Chemical Publishing Co., 1962).

Boone, L.P., The Petroleum Dictionary (Norman, Oklahoma, University of Oklahoma Press, 1952).

Bryce, J., The Commercial Timbers of Tanzania (Dar es Salaam, Government Printers, 1967).

Commonwealth Science Council, Common Accounting Procedures for Biomass Resources Assessment in Developing Countries (London, 1986).

Crabbe, D. and R. McBride, The World Energy Book (New York, Nichols Publishing Co., New York, 1978).

Earl, D.E. Forest Energy and Economic Development, (London, Oxford University Press, 1975).

European Economic Community, Statistical Office of the European Communities (EUROSTAT), Useful Energy Balance Sheets 1980, Supplement to Energy Statistics Yearbook (Brussels, 1983).

Food and Agriculture Organization of the United Nations, Energy for World Agriculture (Rome, 1979).

_____, Wood Fuel Surveys (Rome, 1983).

_____, Yearbook of Forest Products 1983 (Rome, 1985).

_____, A New Approach to Domestic Fuelwood Conservation (Rome, 1986).

Fowler, J.M., Energy and Environment (New York, McGraw-Hill, 1975).

Latin American Energy Organization, "Jamaica's bioenergy potential", Energy Magazine (Quito), April 1985.

Locke, H.B., Energy Users' Databook (London, Graham and Trotman, 1981).

- Loftness, R., Energy Handbook (New York, Van Nostrand Reinhold, 1978).
- McDowell, R.E., Report of National Dairy Research Institute (Paris, United Nations Development Programme/United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1975).
- Merrill, Richard and Thomas Gage, Energy Primer: Solar, Water, Wind and Biofuels (New York, Dell Publishing Co., 1978).
- National Academy of Sciences, Firewood Crops: Shrub and Tree Species for Energy Production (Washington, D.C., 1980).
- Rose, J.W. and J.R. Cooper, Technical Data on Fuel, 7th ed. (Edinburgh, Scottish Academic Press, 1977).
- Sono, P., Merchantable Timbers of Thailand (Bangkok, Forest Products Division, Royal Forest Department, 1974).
- Summers, Claude, "Conversion of energy", Energy: Readings from Scientific American (San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1979).
- Tillman, David A., Wood as an Energy Resource (New York, Academic Press, 1978).
- United Kingdom, Department of Energy, Digest of U.K. Energy Statistics (London, 1980).
- Организация Объединенных Наций, "Концепции и методы сбора и первичной обработки статистических данных о биомассе, используемой в качестве топлива", К. Опеншоу (ESA/STAT/AC.30/6).
- _____, World Weights and Measures: Handbook for Statisticians (United Nations publication, Sales No. E.66.XVII.3).
- Организация Объединенных Наций, "Концепции и методы энергетической статистики в связи с расчетом энергетических показателей" (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.82.XVII.13)
- _____, Energy Balances and Electricity Profiles, 1982 (United Nations publication, Sales No. E.85.XVII.7).
- _____, Energy Statistics Yearbook 1983 (United Nations publication, Sales No. E.85.XVII.9).
- Организация Объединенных Наций, Европейская экономическая комиссия, Ежегодный бюллетень европейской статистики электроэнергии, 1983 год (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № E/R.84.II.E.27).
- Организация Объединенных Наций, Ежегодный бюллетень европейской статистики газа, 1983 год (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № E/R.84.II.E.28).
- Организация Объединенных Наций, Европейская экономическая комиссия/Продовольственная и сельскохозяйственная организация Организации Объединенных Наций, Европейский бюллетень по лесу, т. XXXVI, № 2 (январь-декабрь 1983 года).
- United Nations, Economic Commission for Latin America, "Istmo Centroamericano: Estadísticas Sobre Energía, 1978" (E/CEPAL/CCE/SC.5/132/Rev.1).

United Nations Institute for Training and Research/United Nations Development Programme Information Centre for Heavy Crude and Tar Sands, First International Survey of Heavy Crude and Tar Sands 1983 (Sales No. HCTS/WS/83).

United States of America, Department of Commerce, Bureau of Standards, Thermal Properties of Petroleum Products, Miscellaneous Publication No. 97 (Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1929).

United States of America, Federal Energy Administration, Energy Interrelationships, (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1977).

United States of America, Department of Energy, Energy Information Administration, International Energy Annual 1984 (Washington D.C., 1985).

Vaclav, Smil, Bio Mass Energy: Resources, Links, Constraints (New York, Plenum Press, 1983).

Weast, R. and M. Astle, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th ed., (Florida, CRC Press, 1979).

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم. استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب إلى : الأمم المتحدة ، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف .

如何购取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经售处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.
