

В.С. Семенов

Основы энергосбережения

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
В11

В11 **В.С. Семенов**
Основы энергосбережения / В.С. Семенов – М.: Книга по Требованию, 2013. – 259 с.

ISBN 978-5-518-29287-1

ISBN 978-5-518-29287-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ВВОДНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ	8
1.1. Роль, значение и сущность энергии	8
1.2. Природные ресурсы	15
1.3. Потоки энергии в системе хозяйства.	21
1.4. Принцип соответствия	31
Контрольные вопросы	36
2. ЭНЕРГИЯ	37
2.1. Определение	37
2.2. Молекулярная энергия.....	44
2.3. Химическая энергия.....	55
2.4. Система отсчета энергии	63
2.5. Энергия электромагнитного излучения (фотонная).....	74
2.6 Кинетическая и гравистатическая энергия.....	78
2.7. Ядерная энергия	80
Контрольные вопросы	88
3. ЭНЕРГИЯ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ.....	89
3.1. Метод анализа полноты использования энергии прямого действия.....	89
3.2. Материальные балансы	92
3.3. Баланс энергии прямого действия теплотехнологического реактора (тепловые балансы).....	102
3.4. Зональные тепловые балансы теплотехнологического реактора и устройств установки	111
3.5. Эффективность использования ЭПД и ее показатели.....	115
3.6. Способы повышения полноты использования ЭПД	121
3.7. Метод интенсификации теплотехнологических процессов	128
3.8. Тепловые схемы технических систем (ТС)	132
3.9. Анализ тепловых схем	139
Контрольные вопросы	156
4. ПОДВЕДЕННАЯ ЭНЕРГИЯ.....	157

4.1. Технические системы	157
4.2. Подведенная энергия и ее баланс	159
4.3. Структура приходной части уравнения баланса ПдЭ	165
4.4. Эталоны совершенства использования подведенной энергии	168
4.5. Потери эксергии	177
4.6. Общая структура уравнения баланса подведенной энергии (ПдЭ)....	179
Контрольные вопросы	182
5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДВЕДЕННОЙ ЭНЕРГИИ	183
5.1. Показатели эффективности	183
5.2. Методы определения полноты использования ПдЭ.....	186
5.3. Примеры расчетов КИПдЭ.....	192
Пароводяной теплообменник.....	193
Парокомпрессионная одноступенчатая холодильная установка	195
Теплонасосная компрессорная установка	197
Энерготехнологическая установка для производства синтетического шлака.....	200
Контрольные вопросы	216
6. ПЕРВИЧНАЯ ЭНЕРГИЯ	217
6.1. Значение и формы учета первичной энергии	217
6.2. Особенности энергоэкономических расчетов	224
6.3. Потоки первичной энергии в системе хозяйства и показатели совершенства	229
6.4. Потоки первичной энергии в системе потребления и показатели совершенства	236
6.5 Использование энергоэкономического метода для решения насущных задач	239
Контрольные вопросы	243
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	244
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	249
Определение основных терминов	251
Условные обозначения	254
Сокращения.....	246

ПРЕДИСЛОВИЕ

Энергосбережение в соответствии с общепринятым представлением распространяется на первичную и преобразованную энергию топливно-энергетических ресурсов. Отождествление энергии преимущественно с энергией топлива, теплоты и электроэнергией свойственно большинству стран.

Одновременно уже около двухсот лет многими учеными разрабатывается, без какого-либо практического значения, концепция глобального значения энергии. Важнейшее концептуальное утверждение – «энергия – это всеобщая мера движения материи» и множественные научные разработки, показывающие возможности и необходимость использования энергии для учета и анализа совершенства развития техники и всей экономической системы, остаются пока в кладовой знаний на положении сокровищ Скупого рыцаря. Вопреки известным роли и значению энергии, хозяйственный механизм энергосбережения слабо влияет на величину энергоемкости отдельных производимых продуктов и валового внутреннего продукта, которые в два-три раза выше, чем в развитых странах.

Между тем, несовершенство мироустройства и социально-экономического развития очевидны. Обострились экономические проблемы, треть населения планеты страдает от недоедания, несправедливость и разногласия провоцируют войны и терроризм. Мы восхищаемся работами Вернадского о мыслящей биосфере Земли – ноосфере и остаемся пассивными при острой необходимости повышать эффективность использования природных ресурсов – единственного источника, обеспечивающего жизненные потребности людей.

Даже осознания факта, что энергией обладает практически любой объект природного или искусственного происхождения и энергосбережение объективная необходимость, недостаточно на пути реализации задачи использования энергии, в качестве меры движения материи. Необходимы показатели совершенства использования энергии во всех сферах деятельности людей и в первую очередь в сфере материального производства и потребления. Такие показатели должны стать органической частью хозяйственного механизма управления на всех иерархических уровнях системы производства и административного управления. Такие показатели должны составлять основу для качества решений и меры ответственности руководителей всех уровней и каждого человека.

Было бы наивным полагать, что столь очевидные решения (принципы) игнорируются по субъективным причинам. Пока (еще) не достигнута та глубина познания физической природы жизни на Земле, которая бы позволила принять компетентные решения. Мы пока не можем на основе уже

познанных законов физики описать функционирование биологических систем. И в полной мере это относится к Энергии – источнику движущих сил развития материального мира и жизни.

Все содержание книги базируется на двух развиваемых понятиях «энергия» и «принцип соответствия».

Определение энергии, как работоспособности, неравновесного или нестабильного состояния материи позволяет по новому, полнее и глубже понять различные виды энергии и движущие силы, определяющие протекание процессов в природе, обществе, технике и технологиях.. Рассмотрение эксергии, как конкретизированной энергии для земных условий (земная энергия), открывает широкие практические возможности для энергетического анализа совершенства функционирования материальных систем искусственного и естественного происхождения. Открываются возможности на практике использовать первичную энергию в качестве всеобщей универсальной количественной меры движения материи, т.е. изменения ее состояния и свойств в пределах всех иерархических уровней материальных систем: в технологических процессах, в процессах производства, в региональных структурах и общественных системах. Развиваемые представления об энергии повышают ранг энергосбережения от эффективности использования только энергетических ресурсов до ранга эффективности использования всех природных ресурсов, что адекватно совершенству общественно-политического устройства общества.

«Принцип соответствия» устанавливает зависимость между размерами, свойствами и содержательным характером функционирования материальной системы с одной стороны и методиками энергетического совершенства их функционирования с другой. «Принцип соответствия» – это основа системного видения природы и всего, что создано и используется человечеством для своего жизнеобеспечения на земле. Это основы системного подхода в энергетическом методе анализа, позволяющего правильно сочетать содержательный характер и цели функционирования материальных систем с соответствующими показателями энергетического совершенства. На основе «принципа соответствия» определены формы учета используемой энергии (энергия прямого действия, подведенная энергия и первичная энергия), соответствующие показатели совершенства использования энергии, что создает научные предпосылки для совершенствования хозяйственного механизма энергосбережения и использования его для управления социально-экономическим развитием страны.

Эффективное энергоиспользование является межотраслевой проблемой. Это значит, что каждая отрасль промышленности обладает определенной спецификой, подвластной определенным специалистам. Сделана попытка дать общие понятия с межотраслевой позиции. Однако основное

содержание и конкретные примеры относятся преимущественно к промышленной теплоэнергетике.

При написании книги преследовались сугубо прагматические цели, вытекающие из девиза «идея должна овладеть массами». Значит, она должна быть понятна читателю с гуманитарным складом ума, служить учебным пособием для студентов и быть практически полезной для инженеров, и научных работников. Для достижения этих целей нельзя избежать изложения содержания и решения задач, которые выполнены ранее другими авторами. Чтобы не тратить усилия на пересказ, в книгу включены фрагменты из книг этих авторов. Возможно, что в процессе «вынашивания» содержания чужие идеи стали органически свойственными моим убеждениям, за что заранее приношу свои извинения.

1. ВВОДНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

1.1. Роль, значение и сущность энергии

«Энергия» относится к понятиям всеобщего, категорийного характера, аналогичного понятиям «Время», «Пространство» и «Материя». Поэтому наряду с технократическим содержанием оно неизбежно связано с концептуальным, философским содержанием и имеет большое значение для формирования мировоззрения. Универсальность энергоиспользования основываются на том замечательном факте, как писал академик И.В. Петрянов – Соколов [1], что во всех макроскопических системах материального мира – живой и неживой природы, техники, производства, науки и т.д. практически непрерывно происходят изменения количеств энергии ..., изучая которые можно получить необходимые данные о закономерностях функционирования и развития этих систем». Актуальность технических и концептуальных аспектов связанных с эффективным использованием энергии усиливается тем, что на современном этапе развития человеческой цивилизации, характеризующегося острыми финансово-экономическими и экологическими проблемами, практически не используется для их решения вся совокупность научных знаний, которая вытекает из представлений об энергии, как об источнике движущих сил развития материального мира, как о физической мере движения (изменения состояния) материи, в том числе о критериях технического совершенства образцов техники, производственных систем, о совершенстве материального производства и общественно-политических формаций.

Понятие «энергия» формировалось более двух веков [1]. Оно постепенно стало выделяться из многозначного понятия «сила», когда «движущая сила огня» начала использоваться в паровых машинах, где «теплота» от сжигаемого угля превращалась в механическую работу поршня, который перемещался под давлением пара. Одним из первых в 1807 г. термин «энергия» по отношению к живой силе стал использовать английский ученый Т. Юнг. Позже энергию движущейся системы, например, камня или газа, стали называть кинетической, а энергию системы, приведенной в «напряженное» состояние, которое позволяет получить движение, хотя такого пока нет – камень, поднятый над землей, газ сжат в баллоне – потенциальной.

Научившись различать виды материи (макротела, атом, электрон и т.п.), формы ее движения (механическая, химическая, электрическая и т.п.) и виды взаимодействий (элементарные: ядерные, электромагнитные, слабые, гравитационные и различные производные) естествоиспытатели и инженеры все чаще стали говорить: «механическая энергия», «электриче-

ская энергия», «химическая энергия» и т.д. Так стихийно возникло понятие «виды энергии».

Наконец в 1845 – 1847 гг. получил тщательное обоснование закон сохранения количества энергии при взаимопревращениях ее видов в изолированных системах – всеобщий закон природы (первый закон термодинамики). Одновременно в полной мере осознается выдающаяся роль энергии в жизни и прогрессе человечества. В 1880 г. С.А. Подолинский в статье «Труд человека и его отношение к энергии», опубликованной в Петербурге в научном, литературном и политическом журнале «Слово», писал: «Труд есть такое потребление механической и психической работы, накопленной в организме, которое имеет результатом увеличение количества превратимой энергии на земной поверхности. Увеличение это может происходить или непосредственно, через превращение новых количеств солнечной энергии в более превратимую форму, или опосредственно через сохранение рассеяния, неизбежного без вмешательства труда, известного количества уже существующей на земной поверхности превратимой энергии».

В статье излагается энергетическое видение жизни и высказываются мысли, которые и в нынешнее время являются прогрессивными.

Ф. Энгельс высоко оценил статью С.А. Подолинского и в письме К. Марксу специально подчеркнул, что «его действительное открытие состоит в том, что человеческий труд в состоянии удержать на поверхности земли и заставить действовать солнечную энергию более продолжительное время, чем это было бы без него».

Мысли С.А. Подолинского состоят в том, что в ходе исторического развития возрастают возможности людей совершать все большую работу при все меньших затратах физического труда. Он вплотную подошел к выводу, что труд есть управление энергетическими потоками окружающей человека природной среды, причем источником энергии для этого служит сама природа, а каждая машина есть преобразователь энергии. Причем в отличие от животных, использующих постоянно возобновляемые энергоресурсы (в виде пищи), машины потребляют в основном не возобновляемые источники энергии – нефть, природный газ, уголь, ядерное топливо.

Поэтому количество энергии, затрачиваемое на производство объекта техники, может служить абсолютной мерой стоимости объекта. Этому в полной мере соответствует определение принадлежащее Ф. Энгельсу: энергия – это общая скалярная мера (не зависящая от направления) различных форм движения материи.

Что жизнь существует за счет постоянного притока энергии и вещества из окружающей среды, было известно давно. Однако попытки научного объяснения жизни с помощью энергии начали предприниматься сразу же после установления законов сохранения энергии - в конце XIX – начале

XX в. Среди первых естествоиспытателей, выступавших с подобными объяснениями, можно назвать Р.Ю. Майера, В. Томсона, Г. Гельмгольца, С.А. Подолинского, Л. Больцмана, Н.А. Умова, В. Оствальда, К.А. Тимирязева и других. Большой вклад в энергетическое представление о жизни связано с именами биолога Э.С. Бауэра, физика Э. Шредингера и биофизика К.С. Тринчера.

Впервые тогда появились научные доказательства и количественные данные о том, что главная особенность живых систем состоит в их неуравновешенности с окружающей средой. Будучи открытыми эти системы поддерживают свое неравновесное состояние путем непрерывного обмена – «метаболизма» с окружающей средой дыханием, едой, питьем и т.п.

Далее объектом научных исследований стала энергетика функционирования и развития биосферы – области распространения жизни на земном шаре. Биосфера состоит из живых организмов, минеральных веществ, участвующих в биологическом круговороте, и продуктов деятельности организмов, временно выключенных из этого круговорота. Представления об этом разрабатывали академики В.Р. Вильямс, А.И. Опарин, Ч. Дарвин, В.И. Вернадский.

Было показано, что каждый вид организмов составляет звено в биологическом круговороте. Причем один из главных парадоксов заключается в том, что ее непрерывность и развитие обеспечиваются процессами распада, деградации, деструкции – разрушения структуры. Разрушаются сложные органические соединения, освобождается энергия... Восходящая линия биологического круговорота (цикла) – накопление химической энергии органических соединений за счет фотосинтеза и химического синтеза в телах всех организмов. Нисходящая линия биологического круговорота – разрушение органического вещества. Энергия разрушенного организма идет на осуществление жизненных процессов самообновления, роста, воспроизведения, размножения и т.п.

Деятельность людей, разумная по своим намерениям, в масштабе биосферы часто оказывается разрушительной, ограничивающей возможности дальнейшего развития. Промышленность функционирует на природном сырье, но вносит в природу вещества, не используемые живыми организмами планеты, а нередко и весьма ядовитые. Биологический круговорот становится незамкнутым. Происходит не только уничтожение отдельных видов растений и животных, не только нарушение их естественных комплексов - биогеоценозов (экосистем), разрушается структура биосферы ее циклическая организация, способность к самоочищению. Однако накопление знаний о природе жизни и использование их для прогнозного регулирования происходит постепенно к превращению биосферы в сферу разума - ноосферу.

В.И. Вернадский, развивая представление о ноосфере, наполнил это понятие реальным, естественно историческим содержанием. Ноосфера по Вернадскому – это новая геологическая оболочка Земли, создаваемая на научных основах. «Единая научная мысль, – писал он, – охватила всю поверхность планеты, все на ней находящиеся государства. Всюду создались центры научной мысли и научного искания. Это первая основная предпосылка перехода биосферы в ноосферу. Реально наука есть максимальная сила создания ноосферы».

Последовали работы по энергетическому анализу труда и его мотивов. Это были первые шаги в научном поиске движущих сил, побуждающих людей к активной деятельности.

Постоянно большой интерес проявлялся исследователями к энергетическому анализу развития искусственных средств труда, которые человек создает для увеличения своих возможностей воздействия на природу – техники, а затем материального и духовного производства.

Развитие техники происходит, кроме всего прочего в направлении все более экономного расходования энергии..., а в XXI в. ожидается переход от использования добиологических форм движения к широкому применению биофизических и биохимических свойств материи. Это будет эпоха в значительной степени безмашинного производства и машинного, основанного на законах и принципах, которые позволяют обществу и природе слиться в гармоническое целое, образовав, по В.И. Вернадскому, ноосферу.

Энергетический подход к изучению общественного производства стал быстро развиваться. К этому вопросу обращались П.Г. Кузнецов, А.Н. Голубенцев, Д.М. Ярошев и другие, а из зарубежных специалистов А.Д. Вильсон, С. Вир, Р. Линдсей и другие.

Научной вершиной энергетического анализа стал эксергетический метод, который, используя эксергию (максимальная работоспособность) в качестве общей меры затрат, открыл широкие возможности количественных расчетов и сравнения эффективности различных технологий, образцов техники и даже крупных экономических объектов. Первые монографии, в которых рассматривались как вопросы методики, так и практические приложения эксергии написаны В. Фратшером в 1962 г, Я. Шаргуттом с Р. Петела в 1965 г и В.М. Бродяньским в 1966 г.

К настоящему времени наука обладает глубоко разработанными понятиями и закономерностями процессов труда, развития техники, производства, науки и возможностями оценки их эффективности. Однако пока для такой оценки применяются экономические критерии (издержки, стоимость, цена, рентабельность, прибыль и т.п.), в которых в качестве всеобщего эквивалента фигурируют не энергия, а особый товар – деньги.

Поэтому для перевода экономических показателей на энергетический язык необходимо прежде всего установить связь, зависимость между деньгами и энергией.

Развернутую картину такой зависимости дали американские ученые Г. Одум и Э. Одум. Сущность ее такова. Деньги, переходя из рук в руки, выполняют роль посредника, обеспечивающего обмен товарами и услугами. Однако в природе нет денег и обмен совершается энергией. В основе материального производства продуктов питания и промышленных товаров тоже лежит энергетический обмен. Ряд важных обстоятельств – условия социально-экономических, общественно-политической и духовно-психологической жизни человеческого общества, а также из-за изменения его потребностей под действием случайных факторов как кризисы, войны, моды и т.д., не позволяют деньгам быть действительно однозначным эквивалентом трудового процесса, т.е. затраченной и «сбереженной» в нем энергии. Курс денег выше или ниже ее величины.

Вместе с этим экономические системы, используя имеющиеся в их распоряжении ресурсы сырья и энергии, призваны обеспечить определенный уровень жизни населения. Однако люди – небольшая часть биосферы таких экологических систем, как океаны, атмосфера, почвы, леса и т.д., Поэтому определяющим фактором их уровня жизни может быть величина потребления энергии в единицу времени, что зависит от ее общих запасов на Земле и их доступности.

Вот почему энергия, а не деньги должна стать единицей измерения и оценки, ибо только в этом случае можно будет всюду правильно оценивать и контролировать тот вклад, который вносит природа в существование человеческого общества.

Поток энергии регулирует денежное обращение. Денежный цикл функционирует только при наличии постоянного притока к нему энергии, хотя движение энергии и движение денег в нем противоположные. Деньги циркулируют непрерывно, энергия же потребляется для поддержания производства, но часть ее необратимо рассеивается.

В каждый данный момент, пишут Г. и Э. Одумы, существует некоторое среднее отношение суммы обращающихся денег к энергетическому потоку. Экономика, располагая запасами энергии, может ввести в обращение дополнительные денежные резервы и при этом избежать инфляции, потому что сохранится неизменным отношение массы обращающихся денег к энергии.

Однако только в последние годы возникли научные предпосылки для широкого использования энергетических представлений в государственном механизме управления общественным производством. Эти предпо-