

**110 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
ИОСИФА ДАНИЛОВИЧА СЕМИКИНА**

СБОРНИК СТАТЕЙ

**Днепропетровск
2008**

УДК 669+620.9

ББК

С81

110 лет со дня рождения Иосифа Даниловича Семикина: Сборник статей / Под ред. В.И. Губинского. – Днепропетровск: «Новая идеология», 2008. – 84 с.

В сборнике приведены не опубликованные при жизни автора работы профессора Иосифа Даниловича Семикина: «Общие основы тепловой работы печей», «О критике и самокритике», «Материя и её основные свойства», а также статья одного из его учеников профессора Абраменкова Ю.Я. «Семикин И.Д. – основатель энергетической теории печей», содержащая реферативную информацию о наиболее важных работах Иосифа Даниловича.

Материалы сборника рассчитаны на широкий круг читателей и будут полезны специалистам в области теплотехники и энергетики, молодым ученым, студентам энергетических и металлургических специальностей.

ISBN

© Национальная металлургическая
академия Украины, 2008

СЛОВО РЕДАКТОРА

Своим возникновением кафедра металлургических печей Днепропетровского металлургического института обязана Иосифу Даниловичу Семикину, который после переезда с Урала на Украину основал её в 1934 году.

В нынешнем 2008 году исполняется 110 лет со дня его рождения. Этой дате посвящается настоящий сборник статей. В нём мы решили опубликовать три работы И.Д. Семикина, не увидевшие свет при его жизни: «Общие основы тепловой работы печей», «О критике и самокритике», «Материя и её основные свойства». Нашей целью было показать читателю, как многообразны были интересы этого неординарного, талантливого учёного, педагога и человека.

Будучи деканом металлургического факультета, Иосиф Данилович создал и много лет преподавал студентам-металлургам обширный курс «Металлургические печи». Автор этих строк прослушал его, будучи аспирантом кафедры печей. Ясность мысли, глубина знаний, убедительность речи лектора меня поразили. Я считаю своей жизненной удачей то, что мне удалось услышать устное слово И.Д.С. (Это сокращённое написание имени, отчества и фамилии Семикина его ученики расшифровывали так: идейно-движущая сила). Курс лекций по металлургическим печам в изложении И.Д. Семикина стал ценным заключительным этапом моего инженерного образования в области печной теплотехники. К сожалению, конспект его лекций в полном объёме пока не опубликован в печати.

Завершает настоящий сборник статья одного из учеников Иосифа Даниловича проф. Абраменкова Ю.Я. «Семикин И.Д. – основатель энергетической теории печей». Статья Ю.Я. Абрамен-

кова содержит объективную реферативную информацию о том, как много новых знаний и инженерных представлений внёс И.Д. Семикин в современную теорию и расчёты печей. Сам Иосиф Данилович в новелле «О критике и самокритике» призывает молодёжь знакомиться с научными трудами учёных по первоисточникам, а не только по толкованию их критиками-ценителями. Поэтому Ю.Я. Абраменков приводит ссылки на ряд основных опубликованных трудов И.Д. Семикина.

Наряду с презентацией наиболее важных работ своего учителя, автор статьи уделяет большое внимание историческому противостоянию сторонников разных печных теорий: гидравлической и энергетической. Хочу высказать своё мнение по этому вопросу.

Суть гидравлической теории пламенных печей изложена её автором, Владимиром Ефимовичем Грум-Гржимайло в книге «Пламенные печи» (изд. 2-е, 1932 год). Цель этой теории – повысить эффективность рабочего пространства печи как теплообменного аппарата, а именно: создать благоприятные для теплоотдачи условия движения дымовых газов в печи, при которых они смогут охладиться до минимально возможной по технологии температуры. Говоря сегодняшним языком, это способ повышения коэффициента использования теплоты в рабочем пространстве печи путём улучшения теплоотдачи от газов к нагреваемым изделиям. Рекомендации В.Е. Грум-Гржимайло по конструированию печей начала XX века основаны на практическом опыте их эксплуатации и содержат здравый инженерный смысл: обеспечить достаточный для охлаждения промежуток времени пребывания газов в печи и приблизить поток газов к поверхности нагрева изделий. Основная идея В.Е. Грум-Гржимайло о необходимости управлять движением печных газов сохраняет своё значение и ныне, при конструировании современных пламенных печей.

Какова суть энергетической теории? Парадокс состоит в том, что в литературе нет сведений о предмете и содержании энергетической теории, хотя этим термином пользовались все участники дискуссии, кроме Иосифа Даниловича, который полагал, что существует одна теория печей. Продолжая эту мысль, можно придти к выводу: определения «гидравлическая», «общая», «энергетическая» характеризуют этапы развития одной и той же теории печей, которая, без сомнения, имеет наше отечественное происхождение.

Если предположить, что в понятие «энергетическая теория» толкователи творчества И.Д.С. включают разработанные им общие основы тепловой работы печей, с которыми можно познакомиться на страницах этого сборника, то это лишь небольшая, хотя и очень важная часть его научного наследия. Говорить, что она неверна, значит отрицать закон сохранения энергии.

В период индустриализации СССР и в годы Великой отечественной войны 1941 – 1945 годов самый актуальный запрос металлургов к печной науке был такой: как повысить производительность мартеновских печей, как увеличить производство стали? Наиболее эффективным, можно сказать, единственным средством существенного сокращения длительности плавки было увеличение тепловой мощности печи. На вопрос о возможности увеличения расхода топлива в мартеновских печах последователи В.Е. Грум-Гржимайло и И.Д. Семикин отвечали по-разному. В этом и была суть противостояния.

Приведу слова самого Владимира Ефимовича из его книги «Пламенные печи» (гл. VII, с. 76): «Работа мартеновской печи зависит от её способности греть ванну. Последняя же может быть определена тем количеством тепла, которое 1 м^3 продуктов горения оставляет в печи. В самом деле, реакция горения в мартеновской печи требует для своего окончания времени около

2 – 2½ секунд. Если мы пустим в печь слишком много газа и воздуха, так что время на пребывание в полости печи будет меньше этого промежутка времени, то реакция горения будет заканчиваться только в противоположных пролётах, и хвосты пламени их сожгут.

Отсюда следует, что объём продуктов горения, проходящих через полость печи в единицу времени, будет для данной печи величиной определённой и постоянной».

Вывод очевиден: резерва увеличения расхода топлива в существующих мартеновских печах нет.

Иосиф Данилович в своих выводах исходил не из времени, необходимого для завершения реакции горения, а из экспериментальных и теоретических исследований процесса факельного сжигания топлива, на основе которых он получил формулы для расчёта длины факела в зависимости от большого количества факторов (см. книгу «Расчёты нагревательных печей», 1958 год). В частности, он установил, что длина турбулентного факела слабо зависит от скорости газа, т.е. от тепловой нагрузки (с. 27), и положительно ответил на вопрос о возможности увеличения её в мартеновских печах, а затем доказал это на практике.

К сожалению, научная дискуссия печников проходила в нездоровой обстановке, когда ретивые служители власти, дабы оправдать сталинский тезис об усилении классовой борьбы в период строительства социализма, искали и находили «врагов народа».

Гидравлическая теория пламенных печей отражала начальный период развития науки о печах. Это наша история. И в данном случае я согласен с А.С. Пушкиным: «Уважение к минувшему – вот черта, отличающая цивилизованность от дикости». Но научная и организаторская деятельность В.Е. Грум-Гржимайло повлияла и на сегодняшнее состояние печной науки и техники. Он первым привлёк внимание будущих исследователей к органи-

зации движения печных газов, как к одному из главных факторов успешной тепловой работы печей. Он основал институт «Сталь-проект», который многие годы является ведущей организацией по проектированию печей. В «Стальпроекте» выросли известные талантливые учёные и конструкторы печей.

И.Д. Семикин – наш современник. Плоды его научного и педагогического творчества во всех разделах печной теплотехники мы потребляем сегодня с большим аппетитом и не ощущаем их «вчерашности».

Верю, что имена таких тружеников науки, как Владимир Ефимович Грум-Гржимайло и Иосиф Данилович Семикин будут произноситься с почтением и благодарностью, «доколь в подлунном мире жив будет хоть один печник». (Александр Сергеевич! Простите ради бога: к слову пришлось.)

В.И. Губинский

ОБЩИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ПЕЧЕЙ

Семикин И.Д.

Общественная задача промышленных печей – создавать ту или иную, нужную для человека, продукцию высокого качества с минимальными расходами материалов, энергии (топлива) и человеческого труда. Техническое назначение печей может быть самое разнообразное. В одних печах путем тепловой обработки изменяются лишь структура изделий, их физические свойства, например, пластичность. В других печах меняется агрегатное состояние – происходит плавление, испарение, удаление летучих веществ, меняется химический состав исходных материалов, осуществляются процессы восстановления или окисления элементов, достигается удаление нежелательных примесей, создаются новые вещества или новые качества изделий и т.п. Всё это разнообразие в назначении печей можно объединить под одним общим термином «технологический процесс», который по своей сути представляет собой ту или иную тепловую обработку исходных материалов.

Специфическая особенность технологического процесса, идущего в печах, состоит в том, что он развивается при высоких температурах, поэтому необходимо предварительное нагревание материалов, что и производится в печах. Для нагревания требуется тепло, источником которого может быть топливо, электроэнергия и др. Таким образом, возникает и развивается в печи также другой процесс – «теплотехнический». Следовательно, в работе печей можно выделить два характерных процесса: 1) теплотехнический; 2) технологический. Между ними существует конкретная тесная связь. Как правило, сложный технологический процесс в печах с высокой температурой (доменные, мартеновские печи и

др.) идёт с поглощением тепла (эндотермически). Нагревание исходных материалов до заданной температуры представляет собой необходимое, но недостаточное условие для быстрого хода эндотермического процесса. Нужно усиленно снабжать систему теплом, иначе, в результате начавшейся эндотермической реакции снизится температура реагентов (материалов), процесс замедлится и остановится, т.е. эндотермическая реакция замрёт. Обильное питание системы теплом ускоряет ход эндотермических процессов. Таким образом, технологический процесс как целевой, основной и главный зарождается на базе теплотехнического и развивается постольку, поскольку идёт вперёд теплотехнический процесс. Следовательно, первичным и ведущим процессом в печах является теплотехнический, а технологический процесс, как целевой, будет сопутствующим, ведомым. Начинает и ведёт печной процесс теплотехника, а заканчивает его технология. Теплотехнический и технологический процессы нужно вести при взаимной увязке друг с другом. Технолог должен знать теплотехнику, иначе он не достигнет наилучших результатов. Верно и другое: нельзя правильно управлять теплотехникой печи, не зная, не понимая технологии. Нужно ясно осознать, что в печах нет «чистой» теплотехники, как нет «чистой» технологии, а есть сложный комплексный печной процесс, который по существу есть процесс энергетический. Энергетика лежит в основе химических и физических процессов, идущих в печах.

Таким образом, печь представляет собой энергетическую установку, в которой получается тепло от источника энергии, например, в виде химического тепла топлива или электричества, и передаётся к объекту приложения энергии, т.е. нагреваемым материалам. Печь, как и всякое другое энергетическое устройство, можно и нужно характеризовать энергетически – мощностью, т.е. количеством энергии, потребляемой в единицу времени. Такая

характеристика является общей для всех печей вне зависимости от их технологического назначения; она позволяет сопоставлять и сравнивать самые разнообразные печи как между собой, так и с другими энергетическими установками. Тепловая мощность топливной печи M (Вт) показывает, какое количество тепла (Дж) выделяется в печи при полном горении топлива в единицу времени. Источник энергии – химическое тепло топлива – и объект приложения энергии – нагреваемые материалы – связаны между собой промежуточными звеньями: процессом горения топлива, т.е. выделением тепла, процессом внешней теплопередачи от газов (от печи) на поверхность нагреваемых материалов (кусков), процессом внутренней теплопередачи от поверхности кусков к их середине. Подвод топлива, воздуха, перемешивание их и удаление продуктов горения определяют ход процессов горения и внешней теплопередачи. Таким образом, механика газов является активным организатором теплотехнического процесса. Сообразно с этим можно выделить следующие основные звенья теплотехнического печного процесса: 1) движение газов; 2) горение топлива; 3) теплопередача внешняя; 4) теплопередача внутренняя.

Все эти звенья общей цепи, соединяющей источник энергии с объектом приложения её, равнозначны и должны быть равнопрочными. Ослабление любого звена тормозит весь печной процесс в целом. Каждое звено в цепи требует одинакового внимания к себе, и если оно окажется самым слабым в цепи, т.е. лимитирующим, – то переходит в роль «ведущего», определяющего общую скорость процесса и уровень производительности печи.

Самым слабым, а, следовательно, «ведущим» может быть любое звено. Поэтому ни одному из звеньев цепи нельзя отдавать какое-либо особое предпочтение и возводить его в ранг «главного». В зависимости от специфических особенностей той или иной конкретной печи любое промежуточное звено может отсутство-

вать. Например, если источник энергии в печи – электричество, то нет звена горения топлива и может не быть звеньев, связанных с механикой газов, так как нет необходимости в подаче топлива, воздуха и удалении продуктов горения. Если источник электроэнергии является внешним по отношению к нагреваемым изделиям, то в этом случае потребуются лишь участие внешней и внутренней теплопередачи. В печах, когда нагреваемые материалы имеют внутренние источники энергии, равномерно распределенные, (например, в печах с индукционным нагревом), то нет необходимости во внутреннем теплообмене и он может полностью отсутствовать или его роль сводится к минимуму. Возможная внешняя теплопередача в этих случаях (тепловые потери печи) играет отрицательную роль, а поэтому нежелательна. Подобная картина имеет место в конвертерах при продувке металла, когда источник энергии (окисление элементов) является внутренним. Поэтому наиболее общим содержанием понятия «печь» будет схема: «источник энергии» → «тепло» → «объект тепловой обработки (материалы)».

Производительность печи P (т/ч, т/сутки и т.д.) – главный показатель работы печи. Производительность печи в переводе на язык теплотехники представляет собой полезный результат работы тепла, подаваемого в печь в единицу времени (тепловой мощности) или иначе тепла, усвоенного технологическим процессом в единицу времени. Тепловую работу печи можно выразить в виде общего количества тепла, усвоенного за весь технологический процесс, если он проходит циклами, например: плавка мартеновской печи, садка слитков в нагревательных колодцах и пр. При непрерывной выдаче продукции из печи (например, методические печи) тепловую работу можно представить, как количество тепла, поглощенное технологическим процессом за час и выразить через производительность печи P , т/ч. В общем случае

удобнее и проще всего характеризовать тепловую работу количеством тепла, усвоенным технологическим процессом и приходящимся на 1 тонну (или кг) конечной продукции печи ΔI Дж/т или Δi Дж/кг; $\Delta I = 1000 \Delta i$.

ΔI Дж/т – удельный тепловой дефицит – характеризует собой объём предстоящей тепловой работы для производства 1 т готовой продукции – это количество тепла, которое нужно сообщить исходным материалам, чтобы превратить их в 1 т конечного продукта.

Чем больше ΔI , тем больше предстоящая работа, тем продолжительнее будет процесс, тем меньше производительность печи при заданной тепловой мощности. Например, чтобы нагреть холодный металл, – сталь, от 0°C до $t = 1250^\circ\text{C}$ для горячей механической обработки, одна тонна металла усвоит $\Delta I = 837 - 920$ тыс. кДж (200 – 220 тыс. ккал) тепла. Это и будет удельный тепловой дефицит при нагреве холодного металла. В мартеновской или дуговой сталеплавильной печи $\Delta I = 1,465 \cdot 10^6 - 1,884 \cdot 10^6$ кДж (350 – 450 тыс. ккал) на тонну жидкой стали. В доменной печи $\Delta I = 10,5 \cdot 10^6 - 12,6 \cdot 10^6$ кДж (2,5 – 3 млн. ккал) на тонну жидкого чугуна. Для уменьшения удельного объёма тепловой работы печи нужно стремиться к снижению удельного теплового дефицита ΔI путём посадки не холодных, а горячих слитков в нагревательные печи, заливкой жидкого чугуна в мартеновские печи, уменьшением количества шлака, обогащением железной руды. Тепловой дефицит покрывается рабочим теплом, оставляемым в рабочей камере при горении топлива. Основным источником получения тепла, как правило, служит тепловая мощность печи.

Часть тепла может подаваться из внутренних источников энергии (тепла), например, за счет окисления примесей металла и самого металла. В некоторых случаях этот вторичный источник те-

пла становится основным поставщиком тепла. Например, в конвертерном процессе при продувке металла воздухом или кислородом.

1. Тепловая мощность печи

1.1. Тепловая мощность холостого хода печи

Вновь построенная промышленная печь сначала медленно просушивается при температуре газов ~ 100 °С с целью удаления влаги из кирпичной кладки, затем печь разогревается по заранее разработанному графику до конечной «рабочей» температуры, определяемой технологией процесса либо условиями стойкости огнеупорных материалов. Печь, разогретая до рабочей температуры, аккумулировала кладкой определённое количество тепла и готова для ведения технологического процесса. На этом заканчивается период сушки и разогрева печи. Рабочая камера, где происходит технологический процесс, находясь при высокой температуре, имеет в соответствии с законами теплопередачи, неизбежные тепловые потери в окружающее внешнее пространство и в холодильники, установленные в рабочей камере для защиты ответственных элементов от разрушения при очень высоких температурах внутри рабочей камеры. Для покрытия этих тепловых потерь рабочей камеры $Q_{прк}$ (Вт) необходимо сжигать некоторое количество топлива.

Количество тепла, выделяемое при полном горении топлива в единицу времени, например, в секунду и расходуемое на покрытие тепловых потерь рабочей камеры, называется тепловой мощностью холостого хода печи – M_{xx} (Вт). Между тепловыми потерями $Q_{прк}$ и M_{xx} существует простая связь.

$$M_{xx} = \frac{\text{тепловые потери камеры}}{КИТ} = \frac{Q_{прк}}{\eta}, \text{ Вт.} \quad (1)$$

При обычной средней величине $KИТ \cong 0,5$ получается, что тепловая мощность холостого хода M_{xx} приблизительно вдвое больше тепловых потерь рабочей камеры $Q_{прк}$. В больших промышленных печах – мартеновских, доменных – мощность холостого хода достигает значительной величины и часто превышает $12 \cdot 10^6$ Вт, т.е. в этом случае необходимо сжигать в час более чем одну тонну мазута или полторы тонны хорошего каменного угля, чтобы покрывать тепловые потери рабочей камеры печи и таким образом поддерживать в ней рабочую температуру, диктуемую технологическим процессом. Тепловые потери рабочей камеры $Q_{прк}$ представляют собой сумму слагаемых

$$Q_{прк} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \text{ Вт.}$$

Q_1 – количество тепла, теряемое теплопроводностью через стенки рабочей камеры в единицу времени.

$$Q_1 = \frac{F(t_2 - t_6)}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_1}}, \text{ Вт,} \quad (2)$$

где F – наружная поверхность стен рабочей камеры, m^2 ; t_2 и t_6 – температуры газа внутри камеры и наружного воздуха.

В знаменателе стоят тепловые сопротивления на пути теплового потока.

Q_2 – количество тепла, теряемое излучением через открытые отверстия (окна) рабочей камеры за единицу времени.

$$Q_2 = F \cdot \Phi \cdot 5,67 \cdot \left(\frac{T_{печ}}{100} \right)^4 \tau', \text{ Вт,} \quad (3)$$

где F – площадь открытых отверстий рабочей камеры, m^2 ; τ' – относительная продолжительность, время открытого состояния окон в течение единицы времени; $E = 5,67 \left(\frac{T_{печ}}{100} \right)^4$ – плотность теплового потока излучения абсолютно черного тела, $Вт/m^2$, при температуре $T_{печ}$, К; $\Phi = f(\ell / d)$ – коэффициент диафрагмирования

отверстия; d – диаметр отверстия; ℓ – длина канала, через который теряется излучение, $\ell \approx$ толщина стенки печи.

Q_3 – количество тепла, теряемое рабочей камерой излучением через окна дымоотводов

$$Q_3 = F \cdot \varepsilon_{сист} \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{T_{печ}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ок}}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт}, \quad (4)$$

где F – площадь окон для отвода дыма из печной камеры; $T_{печ}$ и $T_{ок}$ – температура печи и дымоходов за окнами для отвода газов; $\varepsilon_{сист}$ – степень черноты системы теплообмена «печь – дымоотводящие каналы», которая может быть принята равной 1.

Q_4 – количество тепла, теряемое с водой охлаждения (холодильников) в рабочей камере, определяется по предыдущей формуле, где $T_{ок}$ – равна температуре поверхности холодильников; F – площадь поверхности холодильников, «смотрящих» в рабочую камеру, м^2 ; $\varepsilon_{сист} \approx 0,8$ – степень черноты поверхности холодильников.

Примечание: теплота газов, выбивающихся через рабочие окна наружу, не входит в тепловые потери камеры, а учитывается как тепло, отходящих из печи газов, отражаясь на величине $KИТ$.

1.2. Усвоенная и рабочая тепловые мощности печи

Если в печь, разогретую до рабочей температуры, посадить холодное тело (слитки, шихту), то сразу начнётся интенсивный теплообмен между печью и телом. Тепловой поток, получаемый телом, по законам теплопередачи будет qF_n (Вт). Таким образом, появляется новый потребитель тепла в печи в дополнение к тепловым потерям камеры; F_n (м^2) – поверхность нагрева тела, q ($\text{Вт}/\text{м}^2$) – плотность теплового потока излучения и конвекции от газов к телу – результат теплообмена между печью и телом. Количество тепла, получаемое в единицу времени нагреваемыми изделиями, находящимися в печи, называется усвоенной тепловой мощностью печи $M_{усв} = qF_n$, (Вт). Это тепло поглощается техноло-

гическим процессом за счет рабочего тепла, оставленного топливом в рабочей камере. Если не увеличивать подачу тепла в печь сверх мощности холостого хода печи, то в рабочей камере начнёт снижаться температура. Желая сохранить рабочую температуру печи на прежнем уровне, необходимо усилить приток тепла в печь, сжигать больше топлива, т.е. увеличить тепловую мощность печи.

Количество тепла, которое выделяется в печи в единицу времени при полном сжигании топлива сверх мощности холостого хода печи и расходуемое на нужды технологического процесса в соответствии с законами теплопередачи, называется рабочей тепловой мощностью печи.

$$M_{раб} = \frac{M_{усв}}{\eta} = \frac{qF_n}{\eta}, \text{ Вт} \quad M_{усв} = M_{раб} \cdot \eta. \quad (5)$$

Тепловые потоки qF_n (Вт) к нагреваемым изделиям могут по ходу технологического процесса изменяться как за счет изменения q , так и F_n , поэтому усвоенная тепловая мощность, а, следовательно, и рабочая тепловая мощность, может быть максимальной, минимальной и средней за процесс.

1.3. Общая тепловая мощность печи

Поскольку тепловые потери рабочей камеры в разогретой печи всегда имеют место, то при наличии технологического процесса тепловая мощность холостого хода и рабочая тепловая мощность складываются и таким образом получается общая тепловая мощность печи $M_{об}$ (Вт).

$$M_{об} = M_{хх} + M_{раб}, \text{ Вт} \quad (6)$$

Количество тепла, которое выделяется в рабочем пространстве печи за единицу времени при полном сжигании топлива, называется общей тепловой мощностью печи. Она может быть максимальной, минимальной и средней по всему технологическому процессу, в соответствии с законами теплопередачи. Вместо термина

«тепловая мощность», часто пользуются равнозначным термином «тепловая нагрузка». На рис. 1 показаны типичная температурная и тепловая диаграммы хода печного процесса в печах, работающих садками (циклами). Первая часть цикла τ_1 идёт при условии $M_{об} = \text{const}$. Вторая часть цикла τ_2 идёт при условии $t_{неч} = \text{const}$.

Диаграммы могут иметь и другой вид.

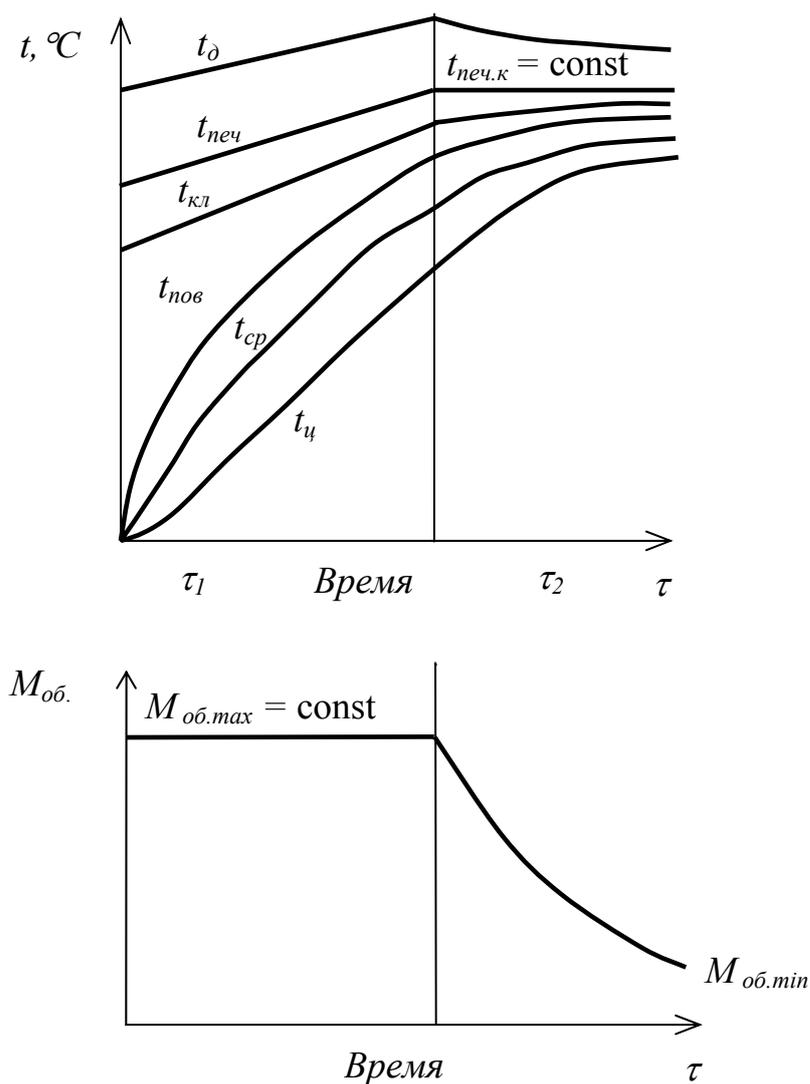


Рис. 1. Тепловая и температурная диаграммы комбинированного режима нагрева:

$$M_{об} = \text{const}; t_{неч} = \text{const}$$

2. Производительность печи

Печь характеризуется внутренними размерами рабочей камеры, в которой происходит технологический процесс: площадью пода камеры или объемом камеры, а также ёмкостью печи по массе садки, т.е. количеством загруженных материалов (например, металла). Производительность печи является важнейшим показателем работы печей. Абсолютная производительность печи показывает, сколько продукции выдаёт печь за единицу времени (кг/с, т/ч, т/сутки, т/месяц, т/год). Удельная производительность печи показывает, сколько продукции (т, кг) получается с единицы площади или единицы объёма рабочей камеры в единицу времени (кг/(м² ч); т/(м² сутки); т/(м³ сутки) и др.). Такие известные термины как «съём металла» и пр. выражают удельную производительность печи. Иногда, например, при выплавке чугуна в доменной печи пользуются показателем, обратным «съёму металла» – *КИПО* – коэффициент использования полезного объёма, который показывает отношение полезного объёма печи к суточной выплавке металла, м³/сут.т.

Производительность P печи по законам физики связана прямой зависимостью с мощностью источника энергии $M_{об}$, с коэффициентом использования тепла η в данной печи, зависит от объёма тепловой работы, т.е. от удельного теплового дефицита процесса ΔI , Дж/т. Чем больше ΔI , тем ниже производительность печи. Тепловые потери рабочей камеры $Q_{прк}$ (Вт) несомненно отрицательно влияют на производительность. Зависимость P от этих факторов в общем виде можно записать так:

$$P = f(M_{об}, \eta, \Delta I, Q_{прк}), \text{ т/ч.}$$

Конкретная связь представляется следующим образом.

Для печей, работающих циклами:

1. Количество тепла, выделившегося в рабочей камере печи за время цикла τ : $M_{об.ср} \cdot \tau$, Дж.

2. Количество тепла, оставшегося в рабочей камере печи за время цикла: $M_{об.ср} \cdot \tau \cdot \eta_{ср}$, Дж. Это тепло расходуется на покрытие теплового дефицита технологического процесса и тепловых потерь рабочей камеры.

3. Количество тепла, оставшегося в рабочей камере печи и идущего на нужды технологического процесса:

$$M_{об.ср} \cdot \eta_{ср} \cdot \tau - \sum Q_{прк.ср} \cdot \tau = E \cdot \Delta I.$$

Здесь $M_{об.ср}$ – средняя за цикл общая тепловая мощность печи; $\eta_{ср}$ – средний за цикл КИТ; $\sum Q_{прк.ср}$ – средние за цикл тепловые потери; E – емкость печи.

Тогда:

$$P_{ср} = \frac{E}{\tau} = \frac{M_{об.ср} \cdot \eta_{ср} - Q_{прк.ср}}{\Delta I} = \frac{M_{усв.ср}}{\Delta I} = \frac{q_{ср} F_{нср}}{\Delta I}, \text{ т/ч.} \quad (7)$$

$M_{об.ср} \cdot \eta_{ср}$ – представляет собой количество тепла, оставленное в рабочей камере в среднем за единицу времени сгоревшим топливом. Это рабочее тепло расходуется как на покрытие тепловых потерь камеры печи, так и на технологический процесс. Числитель в целом определяет среднюю усвоенную тепловую мощность печи, т.е. количество тепла, которое может быть передано за единицу времени технологическому процессу.

Для печей с непрерывной выдачей продукции в установившемся режиме работы $M_{об}$, η , $\sum Q_{прк}$ остаются во времени постоянными. Поэтому для таких печей формула для производительности принимает вид:

$$P = \frac{M_{об} \cdot \eta - \sum Q_{прк}}{\Delta I}. \quad (8)$$

Каждый из этих четырех факторов в формулах (7), (8) имеет свои конкретные возможности воздействия на производительность печи.

1. Тепловая мощность печи – $M_{об}$ может изменяться в очень широких пределах в зависимости от организации процессов сжигания топлива, удаления продуктов горения, теплопередачи и тепловосприятости нагреваемых материалов. Чем выше температура печи и больше поверхность нагрева материалов F_n , тем больше может быть усвоенная, рабочая и общая тепловая мощность печи, а, следовательно, и производительность. Огнеупорность кладки печи устанавливает предел возможного повышения температуры печи, определяющей интенсивность теплопередачи. Такой огнеупор, как термостойкий хромомгнезит, позволяет работать при температуре кирпичной кладки $t_{кл} \approx 1750$ °С. Основным способом передачи тепла в печах с высокой температурой является излучение, которое возрастает пропорционально разности четвёртых степеней абсолютных температур печи и нагреваемых материалов. Малейшее повышение температуры печи весьма сильно увеличивает тепловые потоки q (Вт/м²) на нагреваемые изделия, и тем способствует увеличению усвоенной тепловой мощности, производительности печи. Плотность теплового потока q от печи на холодное тело может достигать 800 – 1000 кВт/м².

Этот путь повышения производительности печей имеет огромные возможности, часто ещё неиспользованные в практике.

Если температура огнеупорной кладки не достигла своего предела в какой-либо период всего процесса, то такая печь имеет резервы в теплопередаче. Таким образом, тепловая мощность является самым сильным фактором воздействия на производительность печей, представляя собой величину первого ранга.

2. *КИТ* в практике чаще всего бывает $\eta \approx 0,5 - 0,6$. Путём организации высокого подогрева воздуха и топлива (газа), при-

меняя технический кислород и другие мероприятия, можно достигнуть значения $\eta \approx 0,7 - 0,9$, т.е. поднять его на 25 – 50 %, что соответственно скажется на производительности печи. Эффективность повышения *КИТ* особенно ощутима при наличии большой тепловой мощности. Если усвоенная тепловая мощность $M_{усв}$ печи была уже предельной, допускаемой огнеупорностью кирпичной кладки печи, то повышение *КИТ* в этом случае приведёт лишь к необходимости снижения общей тепловой мощности, т.е. к экономии топлива, не повлияв на производительность печи.

Недожог топлива в рабочей камере, когда длина факела больше длины рабочего пространства печи, является самым большим препятствием для хорошей работы печи, так как сильно снижает *КИТ*. Процессу сжигания топлива нужно уделять большое внимание. Хотя возможности повышения η в практике часто ещё значительны, но не столь велики, как у $M_{общ}$, а потому *КИТ* является величиной второго ранга в деле повышения производительности печей. Нужно больше уделять внимания вопросу регенерации тепла, конструкции регенераторов и рекуператоров для повышения η .

3. Удельный тепловой дефицит на тонну продукции ΔI (Дж/т) просто и ясно проявляет своё влияние на производительность печи. Всемерное уменьшение ΔI весьма желательно. Обогащение руд, удаление вредных примесей, уменьшение количества шлаков, использование обожженных флюсов и самоплавкого агломерата, чистого от песка и шлака скрапа, жидкого чугуна, посадка в печь горячих слитков, продувка жидкой ванны техническим кислородом ведут к уменьшению ΔI , к повышению производительности печей.

4. Чем больше тепловые потери рабочей камеры $Q_{прк}$ (Вт), тем больше тепловая мощность холостого хода печи, тем большая доля общей тепловой мощности расходуется непроизводительно.

Уменьшение тепловых потерь достигается путём хорошей теплоизоляции кирпичной кладки печи, умеренного применения водяного охлаждения и уплотнения рабочих окон. Тепло, уносимое водой охлаждения, составляет главную часть тепловых потерь многих печей, а потому холодильники должны иметь минимальные размеры, лишь абсолютно необходимые для сохранности элементов печи. Излишество в развитии холодильников оплачивается дорогой ценой.

5. В практике повышение производительности печи часто связывается с ёмкостью печи E (т, кг), с размерами площади пода F , m^2 или объёма печи V , m^3 , а также с другими конструктивными особенностями её. Между тем эти факторы прямо и ясно не входят в формулу для определения производительности печи. Ёмкость печи, как правило, связана с величиной поверхности нагрева материалов F_n , (m^2), которая пропорциональна площади пода печи или её объёму, занятому шихтой. Увеличение поверхности нагрева материалов F_n вместе с ростом ёмкости печи или даже при той же ёмкости может привести к росту усвоенной тепловой мощности $M_{усв} = q \cdot F_n$, (Вт), а, следовательно, и к росту общей тепловой мощности, которая уже входит в формулу для определения производительности печи. Таким образом, увеличение ёмкости, её объёма и площади пода косвенно способствуют увеличению поверхности нагрева материалов F_n , а это позволит пропорционально увеличить тепловую мощность, если этому не препятствуют резервы дымовой тяги и сожигательные устройства.

Конструктивные мероприятия по увеличению ёмкости печи приводят к значительному успеху только в том случае, если они сопровождаются и заканчиваются повышением тепловой мощности печи. К сожалению, в практике часто об этом забывают: увеличивают размеры кузова и грузоподъёмность машины, оставляя

без изменения мощность мотора, в результате чего скорость хода машины снижается. Значение ёмкости E (кг), поверхности нагрева F_n м² в вопросе повышения производительности печи можно увидеть в формуле скорости нагрева C_n , °С/ч. Чем больше скорость нагрева материалов C_n , тем меньше длительность нагрева τ , тем выше производительность печи $P = E/\tau$.

$$C_n = \frac{q \cdot F_n}{E \cdot c}, \text{ °С/ч,}$$

где $q \cdot F_n = M_{усв}$ – усвоенная тепловая мощность, а c – удельная теплоемкость. Ёмкость печи E сама по себе, вне связи с F_n , уменьшает скорость нагрева, т.е. замедляет ход процесса нагрева. Если с увеличением E параллельно растёт и F_n – поверхность нагрева, то скорость и длительность нагрева сохраняются, а производительность печи растёт. Следует при этом ясно сознавать, что в формуле для определения C_n олицетворением источника энергии, без которой не может быть работы, является плотность теплового потока q (Вт/м²) от печи к материалам. Увеличивая F_n , нужно позаботиться о сохранении величины q , т.е. необходимо увеличить тепловую мощность печи пропорционально F_n , т.е. мощность источника энергии. Если мощность источника энергии остаётся той же, $M_{об} = \text{const}$, то с увеличением F_n неизбежно снижается q и значительного эффекта получить не удаётся. В этом случае возможен некоторый прирост производительности за счёт небольшого улучшения использования тепла (*КИТ*) вследствие снижения температуры продуктов горения, уходящих из рабочей камеры печи, благодаря увеличению F_n . Следовательно, большая ёмкость печи E и большая поверхность нагрева F_n разрешают применение большой тепловой мощности печи, улучшают использование этой мощности путём повышения *КИТ*. Эффект будет тем выше, чем больше тепловая мощность печи. Таким образом, производительность печи зависит от конструкции её по-

стольку, поскольку эта конструкция способствует или препятствует увеличению тепловой мощности печи. Если конструкция позволяет полностью сжигать больше топлива, т.е. развивать большую тепловую мощность печи без вреда для кирпичной кладки печи и предусматривает при этом хорошее использование тепла (*КИТ*), полное сжигание топлива, то печь может показать высокую производительность.

3. Расход тепла на тонну продукции

Расход тепла на тонну продукции печи K (Дж/т) является вторым важным показателем работы печи, так как стоимость топлива составляет значительную часть общих расходов «по печному переделу», т.е. при производстве данной продукции. В общем виде удельный расход топлива можно представить так:

$$K = f(P, \eta, \Delta I, Q_{нрк}), \text{ Дж/т.}$$

Чтобы представить эту общую зависимость в виде формулы, необходимо общий средний расход тепла (топлива) на печь в единицу времени, т.е. $M_{об.ср}$ (Вт), разделить на производительность печи P . Если печь работает циклами (садками), примером чего могут служить мартеновские печи, нагревательные колодцы и др., то сначала нужно определить общий расход тепла на печь за весь цикл τ и разделить его на ёмкость печи E (т), принимая во внимание, что $E/\tau = P_{ср}$

$$K = \frac{M_{об.ср} \cdot \tau}{E} = \frac{M_{об.ср}}{P} = \frac{M_{раб.ср}}{P} + \frac{M_{хх.ср}}{P} = \frac{M_{усв.ср}}{\eta_{ср} \cdot P} + \frac{Q_{нрк.ср}}{\eta_{ср} \cdot P}.$$

Так как $M_{усв.ср} = q_{ср} \cdot F_n = P \cdot \Delta I = 1000 \cdot P \cdot \Delta i$, то

$$K = \frac{1000 \Delta i}{\eta_{ср}} + \frac{Q_{нрк.ср}}{\eta_{ср} P}, \text{ Дж/т.} \quad (9)$$

Эта формула будет справедлива и для печей с непрерывной выдачей продукции, если в ней опустить индекс «*ср*» при $Q_{прк}$, η и P .

Формула (9) показывает, что удельный расход тепла на тонну печной продукции состоит из двух слагаемых. В печи имеют место «прямые тепловые расходы» на технологический процесс $M_{раб}$ и «накладные расходы» на содержание печи в рабочем состоянии $M_{хх}$. Удельный прямой расход не зависит от производительности печи и всецело определяется трудностью работы, т.е. удельным тепловым дефицитом $\Delta I = 1000\Delta i$, Дж/т. Чем меньше ΔI , тем, естественно, меньше расход тепла на тонну продукции по прямым расходам. Возможности экономии топлива по этой статье на производство весьма велики. Подача горячих слитков из мартеновского цеха в прокатный, заливка жидкого чугуна в мартеновские печи, обогащение руд для получения металла, уменьшение количества шлака ведут к значительной экономии топлива.

Накладные тепловые расходы, постоянные во времени, $M_{хх}$ — распределяются на производительность печи P . При малой производительности печи статья накладных тепловых расходов часто превышает статью прямых расходов. Чем больше производительность печи, тем меньше накладные тепловые расходы, тем меньше удельный расход тепла на тонну печной продукции. Теоретическая кривая расхода топлива на тонну (9) имеет гиперболический характер и при $P \rightarrow \infty$ $K \rightarrow \frac{\Delta I}{\eta}$.

Повышение производительности печи является весьма сильным средством снижения удельного расхода тепла на тонну. Сокращение тепловых потерь $Q_{прк}$ и доведение их до минимума снижает удельный расход тепла. Всемерное повышение $KИТ$ резко снижает расход топлива. Теоретическим пределом снижения удельного расхода топлива при очень высокой производительности печи и хорошем использовании тепла, когда $\eta \rightarrow 1$, служит тепловой дефицит ΔI , Дж/т.

В действительности имеет место другая картина.

Для увеличения производительности P необходимо увеличивать температуру дымовых газов в печи, что будет приводить к снижению η , повышению тепловых потерь $Q_{прк}$ и увеличению K . Имеется область производительности печи, где удельный расход тепла будет минимальным.

Часто бывают случаи, когда сами нагреваемые материалы могут служить источником получения тепла, например, за счет сжигания (окисления) металла; выгорания примесей (S, P, C, Si и т.д.). В этих случаях необходимая помощь от топлива сокращается. Возможная экономия топлива по этой причине учитывается добавочным членом.

$$K = \frac{1000\Delta i}{\eta} + \frac{Q_{прк}}{\eta P} - \frac{Q_3\eta_p}{\eta}, \text{ Дж/т}, \quad (10)$$

где $Q_3 = \sum v Q_p$ Дж/т тепло выгорающих химических элементов (примесей), v (кг/т) и Q_p (Дж/кг) – масса и теплота сгорания выгорающих элементов; η_p – КИТ экзотермической химической реакции окисления примесей; $Q_3\eta_p$ – рабочее тепло на тонну продукции от химических реакций материалов (шихты). Если $Q_3\eta_p$ учтено при определении Δi , то третий член формулы отпадает.

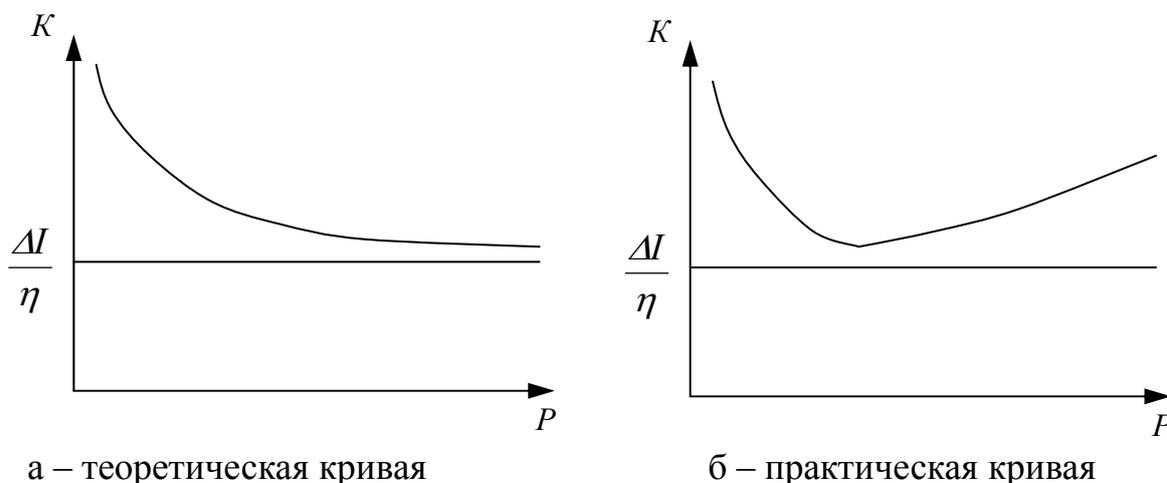


Рис. 2. Зависимость удельного расхода тепла от производительности

В производственных условиях удельный расход тепла определяют в условном топливе:

$$\frac{K}{29,3 \cdot 10^6}, \text{ кг.у.т/т,}$$

где $29,3 \cdot 10^6$ Дж/кг (7000 ккал/кг) – теплота сгорания условного топлива.

4. КПД печи

Все тепло, поглощенное технологическим процессом, идущим в печи, принято считать полезным. Отношение полезного тепла к общему, израсходованному в печи, называют коэффициентом полезного действия печи – *КПД*.

$$КПД = \frac{\text{полезное тепло}}{\text{общий расход тепла}}.$$

В печах с непрерывной выдачей продукции (методические печи и др.) полезное тепло будет представлено усвоенной тепловой мощностью $M_{усв} = q_{ср} F_n = P \Delta t = 1000 P \Delta i$, Вт. Тогда:

$$КПД = \frac{P \Delta t}{M_{об}} = \frac{M_{усв}}{M_{об}} = \frac{q_{ср} F_n}{M_{об}} = \frac{P \Delta t}{M_p + M_{xx}} = \frac{P \Delta t \cdot \eta}{M_{усв} + Q_{нрк}} = \frac{\eta}{1 + \frac{Q_{нрк}}{P \Delta t}}. \quad (11)$$

Если кроме горения топлива тепло получается из других источников, например, за счет окисления металла при его нагреве или окислении элементов шихты, то в знаменателе может стоять кроме общей тепловой мощности печи также и приход тепла от этих дополнительных источников. Поэтому можно определять *КПД* в двух вариантах: 1) по отношению к расходу тепла топлива и 2) к расходу тепла от всех источников. Ясно, что *КПД* по расходу топлива будет выше, чем *КПД* по общему расходу тепла от всех источников энергии, так как числитель *КПД* во всех случаях одинаковый, а знаменатель во втором случае больше.

Если печь работает циклами, то в числитель ставится тепло, усвоенное технологическим процессом за весь цикл, а в знаменателе – общий расход тепла за это время.

$$KПД = \frac{E\Delta I}{M_{об.ср} \cdot \tau} = \frac{P_{ср}\Delta I}{M_{об.ср}} = \frac{q_{ср}F_n}{M_{об.ср}} = \frac{\eta_{ср}}{1 + \frac{Q_{нрк.ср}}{P_{ср}\Delta I}}$$

Существуют различные точки зрения на то, что считать полезным теплом и ставить в числитель. Например, если печная продукция – пачка труб или листов – нагревается в какой-либо таре (короба, ящики), то следует ли считать, тепло поглощенное тарой, полезным? Нужно ли считать тепло, поглощенное шлаком при выплавке металла, полезным? Общепринято считать полезным всё тепло, поглощенное непосредственно технологическим процессом, и сопутствующими процессами, связанными с технологией.

В пределе, при высокой производительности печи, когда $P \rightarrow \infty$, значение $KПД$ стремится к величине $KИТ$ – η топлива. Следовательно, в обычной практике всегда $KПД < KИТ$.

5. Тепловой баланс печи

Суть теплового баланса печи состоит в сопоставлении статей прихода тепла в печь со статьями расхода. По закону сохранения энергии приход тепла должен быть равен расходу. Возможна некоторая неувязка в балансе (~1 %), обязанная неточности арифметических расчётов. В печах с непрерывной выдачей продукции тепловой баланс печи составляют за один час. В печах с циклической работой баланс относят к длительности цикла.

Приходные статьи:

1. Физическое тепло, внесенное материалами, загруженными в печь $\sum_{j=1}^m M_j C_{oj}^{t_H} \cdot t_{Hj} = Q_1$.

2. Тепло, выделенное окислением элементов шихты (материалов) $Q_2 = \sum_{i=1}^n v_i Q_{эi}$, где v_i и $Q_{эi}$ – масса и теплота сгорания элементов.

3. Физическое тепло, внесенное воздухом и топливом:

$$V_в C_o^{t_в} \cdot t_в + V_2 C_o^{t_2} \cdot t_2 = Q_3.$$

4. Тепло, выделенное при горении топлива: $B_m \cdot Q_H^p = Q_4$.

Расходные статьи:

1. Тепло, унесенное из печи продуктами технологического процесса – Q_5 :

а) с металлом $M_M C_o^{t_{KM}} \cdot t_{KM}$;

б) шлаком $M_{ш} C_o^{t_{ш}} \cdot t_{ш}$;

в) с газообразными выделениями из металла;

г) с тарой (короба) $M_m C_o^{t_m} \cdot t_m$.

2. Тепло эндотермических реакций технологического процесса – Q_6 .

3. Тепловые потери рабочей камеры – $\sum Q_{нрк} = Q_7$.

4. Тепло, унесенное продуктами горения топлива –

$$V_д C_o^{t_{д.yx}} \cdot t_{д.yx} = Q_8.$$

5. Q_9 – тепло, поглощаемое кирпичной кладкой рабочей камеры после загрузки материалов (аккумуляция) при циклической работе, когда при выдаче продукции из печи происходит охлаждение кладки камеры.

6. Вычитается сумма приходных статей из суммы расходных. Устанавливается неувязка в балансе, которая служит проверкой точности составленного баланса. Все статьи прихода и расхода выражаются как в единицах энергии (Дж), так и в процентах от суммы.

6. Замена в печи одного топлива другим

Переход от одного топлива к другому требует проверочного расчета: необходимо выяснить, может ли новое топливо создать в печи рабочую температуру и обеспечить существующую производительность и что надо сделать для этого. Если производительность печи – P (т/с), то тепло, усвоенное технологическим процессом за единицу времени, будет $P\Delta I = M_{усв}$, Вт, где ΔI (Дж/т) – удельный тепловой дефицит на тонну продукции. Если тепловые потери рабочей камеры были $Q_{прк}$ (Вт), то общее количество рабочего тепла, оставленное в печи первым топливом, будет $M_{усв} + Q_{прк} = P\Delta I + Q_{прк}$, Вт. При любом другом топливе желательно выполнить эту работу печи за единицу времени, т.е. сохранить производительность печи. При первом топливе, $KИТ$ которого η_1 , нужно развить общую тепловую мощность печи $M_{об1}$.

$$M_{об1} = \frac{M_{усв} + Q_{прк}}{\eta_1} = \frac{P\Delta I + Q_{прк}}{\eta_1}. \quad (12)$$

При втором топливе

$$M_{об2} = \frac{M_{усв} + Q_{прк}}{\eta_2} = \frac{P\Delta I + Q_{прк}}{\eta_2}. \quad (13)$$

Так как рабочее тепло, оставленное в печи тем и другим топливом, должно быть одинаковым, то $P\Delta I + Q_{прк} = \text{const}$. Таким образом, если известна общая тепловая мощность печи и $KИТ$ –

$M_{об1} \cdot \eta_1$, для первого топлива, то необходимая тепловая мощность печи для второго топлива определяется просто:

$$M_{об2} = \frac{M_{об1} \cdot \eta_1}{\eta_2} = \frac{B_1 Q_H^p \cdot \eta_1}{\eta_2} = B_2 \cdot Q_H^p, \quad (14)$$

где $M_{об1} \cdot \eta_1$ (Вт) – рабочее тепло, оставленное в печи первым топливом; Q_H^p – теплота сгорания первого топлива, Дж/м³, Дж/кг; B_1 – часовой расход первого топлива м³/с, кг/с; Q_H^p , B_2 – то же самое для второго топлива.

Следует особо отметить, что при переходе от одного топлива к другому меняется не только теплота сгорания топлива Q_H^p , но также условия горения и теплопередачи, т.е. характеристика факела, который может удлиняться или укорачиваться, делаться прозрачным или светящимся, изменяется состав продуктов горения (% CO₂, H₂O), а, следовательно, и степень их черноты – $\varepsilon_{газ}$. Всё это вызовет изменение конечной температуры продуктов горения, покидающих рабочее пространство в печи, т.е. $t_{д1} \neq t_{д2}$. Это обстоятельство отразится на величине КИТ – η_2 , а через него и на общей тепловой мощности $M_{об2}$.

Если мы хотим сохранить значение конечной температуры дыма $t_{д1} = t_{д2} = \text{const}$, то вследствие изменения степени черноты газов ($\varepsilon_{газ}$) изменится интенсивность теплопередачи к нагреваемым материалам ($qF_H = M_{усв}$), т.е. изменится производительность печи $M_{усв2} = q_2 F_H = P_2 \Delta I$.

При замене одного топлива другим можно поставить более сложное требование: а) сохранить производительность печи без изменения: $P = \text{const}$; б) сохранить $t_{д} = \text{const}$. Чтобы выполнить оба эти условия, появится необходимость изменить поверхность нагрева материалов F_H , изменить ёмкость печи E . Это значит, что печь подлежит реконструкции. Не следует забывать, что смена

топлива вызывает также изменение аэродинамики печи, вследствие изменения расхода газа, воздуха и выхода продуктов горения. Таким образом, потребуется изменить диаметр (калибр) горелок или их количество, а также величину дымовой тяги, способной удалять из печи по системе дымоходов новое количество дыма ($V_{\partial 2}$) при изменившихся температурных условиях $t_{\partial 2}$. Детальный расчёт процесса нагрева материалов в печи при новых условиях теплопередачи и определение новой конечной температуры дыма $t_{\partial 2}$ производится в конкретных условиях той или иной печи на базе теории теплопередачи, что детально рассматривается в соответствующей части дисциплины «Теплотехника».

Если теплота сгорания одного топлива и состав продуктов горения несущественно отличаются от другого топлива, то можно без заметной погрешности принимать, что $t_{\partial 1} = t_{\partial 2}$. Подсчитав η_2 , легко определить $M_{об2}$ и т.д.

Если одно топливо отличается от другого значительно, как по составу, так и по теплоте сгорания, например, при переходе от работы на доменном газе на работу с природным газом, то требуется проделать все ранее указанные перерасчёты.

О КРИТИКЕ И САМОКРИТИКЕ

(полушуточная новелла)

Вместо предисловия

Эта новелла написана в результате размышления в часы досуга и посвящается молодому поколению учёных людей: – студентам, инженерам, аспирантам и ассистентам.

Здесь изложены лишь некоторые самые общие и совершенно отвлечённые соображения. Автор убедительно просит каждого читателя не принимать эти соображения целиком на свой счёт: они касаются всех вообще, каждого в какой-то частности и никого в особенности; сам автор не подлежит исключению из этого общего положения. Автор извиняется за краткость изложения столь сложной и большой темы, так как не собирается представлять эту новеллу в качестве диссертации. Ещё Козьма Прутков сказал, что «защита диссертации – есть торжественное и смиренное коленопреклонение диссертанта перед общественностью со скрытой просьбой о повышении зарплаты» (см. том 1, стр. 9).

Новелла написана в ином духе, ради пользы общего дела и, безусловно, не для развлечения. Следовательно, автор не ожидает от выпуска новеллы в свет какой-либо личной материальной выгоды, даже напротив, убеждён лишь в обратном.

При изложении содержания сознательно использована самая острая и резкая форма, т.к. бесцветный язык и серые мысли, а также беззубая критика не привлекает внимание молодого человека и не оставляет никаких следов в его уме.

В новелле нашли место приёмы гиперболы, аналогий и парадоксов для занимательности, т.е. из тех же педагогических

соображений. Все упрёки и нападки будущих критиков за допущенные грехи автор заранее принимает с глубоким примирением.

Существуют на свете читатели и писатели, критики-ценители и творцы-созидатели. Как правило, читатель не бывает писателем, а критик-ценитель творцом-созидателем. Чаще всего творцы-созидатели не любят заниматься критикой и прибегают к ней лишь в порядке «дачи сдачи», т.е. в процессе самообороны. Это получается, конечно, не потому, что творцы не могут, не умеют развивать критику, а потому, что они предпочитают расходовать свои силы на создание своего нового, а не на перемалывание чужого, да ещё старого. Всё хорошее, здоровое и правильное не нуждается в лечебной критике: оно растёт и развивается. Неверное и плохое в науке также не заслуживает внимания созидателей и не стоит расхода творческих сил на критику, со временем оно умрёт и без содействия критики. Критики занимаются критикой не потому, что они не хотят быть творцами-созидателями, а лишь потому, что творческая работа не находится в соответствии с их внутренними возможностями. Тем не менее, критик-ценитель всё же воображает, что уж кому-кому, а ему – критику, несомненно, более понятно и ясно всё в том новом вопросе, который разработан творцом-созидателем. Он – критик – в течение нескольких часов, наспех прочитав работу творца-созидателя, уж, конечно, разобрался во всех деталях данного вопроса куда глубже и больше, понимает все, безусловно, значительно лучше, чем творец в собственном труде, на который он истратил, может быть, годы.

Критику не приходит в голову задать себе такой вопрос, а почему же всё-таки так получается, что всё чужое он понимает лучше самих авторов-творцов, а вот сам ничего своего собственного создать не может; неужели это какая-то случайность? Если бы всё же в благородном порыве самокритичности ценитель-критик задал себе этот вопрос, то надо надеяться, что он пришёл

бы объективно в таком ответу: *серьёзную ответственную критику нового в науке может делать лишь другой такой же создатель, по силе равный первому или даже его превосходящий*. Нельзя учить других тому, что сам не умеешь делать.

Таким образом мы подошли вплотную к самокритике. И вот в тот момент, когда какой-либо дурак поймёт, что он дурак – он скачкообразно переходит в категорию умных. Такое чудесное превращение дурака в умного вполне возможно, но случается нечасто, что логически вытекает из представлений о природе дурака: органическая неспособность осмыслить своё истинное состояние является принципиальной особенностью дурака.

Дурак, как правило, не способен понять, что он дурак; он искренне и глубоко убеждён в противоположном. Дурак всегда и больше всех доволен самим собой и своим умом. Всем должно быть понятно, что в нашем случае идёт речь не о дураке абсолютном, а лишь о дураке относительном. Не подлежит сомнению, что каждый человек может впадать в дурацкое состояние, и если он произносит фразу: «ну и дурак же я» – он немедленно очищается и тут же становится снова умным. Чем чаще человек произносит себе эту спасительную фразу в порядке самокритики, тем, следовательно, чаще он переходит из одного качественного состояния в другое – противоположное. Если человек очень часто оказывается в дурацком состоянии, то он, по-видимому, изрядный дурак, но каждый раз выходя, как Феникс из пепла, победителем, показывает, что он всё-таки умный человек. Вот этот УМНЫЙ ДУРАК, сочетая в себе два противоречивых качества, и служит наглядным примером диалектического единства противоположностей.

Если человек никогда не сказал себе упомянутых выше очистительных слов, то перед нами могут быть два предельных случая, у которых следствие одинаковое, но причины разные: или

это предельно ясный ум, не делающий ошибок, или беспросветный самовлюблённый, не способный к самокритике, дурак. Первое вполне возможно, но мало вероятно и случается редко, а потому чаще всего приходится предполагать второе.

Наблюдаются и другие случаи, когда некоторые, весьма солидные по положению, дураки задним числом проявляют удивительную ясность ума, могут с видом явного превосходства поучать других людей, развить незаурядную логику и критически здраво оценивать ход событий спустя лет десять-двадцать после того, как события произошли по инициативе того или иного творца-созидателя. Козьма Прутков поучал: «в будущее не заглядывай; вперёд не заглядывай, зри только назад и будешь непогрешимым» (см. том IX, стр. 99).

По-видимому, это есть наиболее лёгкий, простой, исторически проверенный, весьма надёжный способ казаться умным, оставаясь при этом дураком.

Что же такое самокритика?

Самокритика бывает публичная и тайная. Публичная самокритика – это самобичевание человека перед народом – обычно производится по принуждению в безвыходном положении. Другие случаи публичной самокритики без явных причин иногда встречаются и приравниваются к подвигу. Этот вид самокритики среди начальников бывает, как дождик в пустыне, исключительно редко, да и то лишь по пустяковым вопросам, ради моды времени, а не по внутренним побуждениям. Тайная самокритика, наоборот, весьма распространённое повседневное явление и служит средством совершенствования; используется обычно умными людьми, о чём говорилось выше.

Что такое критика?

Критика – это лечебное средство-лекарство. Критика способствует выявлению и устранению недостатков в обществе, в быту, в поведении человека, в его труде и творчестве.

По форме, содержанию и силе критика весьма разнообразна и зависит от того, откуда она происходит. Критика может появиться сбоку, сверху, снизу, т.е. критика может быть свободной, независимой или связанной по рукам и ногам.

Вот перед вами добродушная, мягкая, робкая критика, как слабый, тёплый, нежный южный ветерок; читатель сразу догадывается, что это критика *снизу*. У Козьмы Пруткова по этому вопросу сказано просто: «Критика в адрес начальства идёт очень туго – северный ветер не дует с юга» (см. т. VI, стр. 66). Теория предусматривает возможность иной – острой – критики снизу; иногда она встречается и в практике, в жизни по молодости лет, по наивности и житейской неопытности молодого человека или просто по глупости; не исключена возможность и проявления геройства в виде самопожертвования.

Начальник всегда найдёт подходящий случай расплатиться критикой за острую критику. Обстановка меняется внезапно; налетает свирепый шквал – всё сметает на своём пути; прекрасные плодовые деревья выворачиваются с корнём. Всем всё ясно – это критика *сверху*. Страшен порыв критики разгневанного начальника. В ином состоянии духа начальник не критикует; да и зачем ему нужна критика, если начальник может делать всё, что он хочет и так, как он хочет при помощи повседневного руководства, распоряжений и проверки исполнения.

Теория критики снизу и сверху, т.е. между людьми с материальной зависимостью друг от друга, носит отпечаток явного идеализма в материалистическом мировоззрении. Козьма Прут-

ков сформулировал это положение следующим образом: «От критики сверху и снизу мало проку – хороша лишь критика сбоку» (см. том III, стр. 33), т.е. со стороны совершенно независимых друг от друга людей.

О критиках

Критик-ценитель – это врач-целитель; критики, как и врачи, бывают разные: одни лечат, а другие калечат. Какой должна быть ответственная критика? Творец-созидатель, выступая с критикой в науке, по какому-либо большому принципиальному, но спорному вопросу, *берёт точную формулировку из подлинника трудов своего «противника»*. Чужим физико-математическим решениям противопоставляет свои собственные, показывает большую разницу в результатах, сопоставляет их с умно проведенным экспериментом, с передовой практикой и лишь тогда делает свои выводы.

Если же критик не может предложить новых решений и результаты его решения существенно не отличаются от результатов «противника», то он за критику не берётся, а оставляет вопрос открытым, может высказать лишь некоторые общие соображения или сомнения без каких-либо далеко идущих выводов. Словом, одно решение, неверное или неточное, по мнению критика, *отвергается лишь другим решением более совершенным*. При наличии равноценных решений по их результатам – оба они равноправны. Вот что такое ответственная серьёзная критика в науке. Надо проявлять особую осторожность при использовании «данных практики», «фактов». Необходимо помнить, что как теория, так и практика, может быть и передовой, прогрессивной и совершенно отсталой, консервативной. Хорошо проверена и дру-

гая важная истина: исходя из одних и тех же начальных данных практики и фактов, умный человек делает из них умные выводы, а у дурака всегда получаются противоположные – дурацкие выводы из тех же исходных позиций. Поэтому прежде чем знакомиться с какими-либо выводами, надо сначала правильно оценить того, кто их сделал.

Безответственный критик действует иначе. Поскольку он по своей посредственной природе сам не сможет сделать ничего нового, конкретного и значительного, то обычно любит выступать с критикой «в общем и целом».

Он не берёт точных выдержек из подлинника трудов автора, *а сочиняет сам какую-нибудь нелепость по своим убогим представлениям и приписывает их творцу-созидателю*, хотя в подлинных трудах автора нет ничего подобного. Установив таким образом наличие «несомненных ошибок» у творца-созидателя, критик-ценитель разбивает их «в пух и прах». Творец-созидатель «повергнут наземь». Критик торжествует. Надо ли говорить, что такая критика – просто шарлатанство, допускаемое по самовлюблённому невежеству критика. Часто к этому способу критики сознательно прибегают и критики-жулики; исходя из личных эгоистических корыстных побуждений, они часто желают очернить творца-созидателя любыми средствами.

Подобная «критика» в древние времена называлась просто клеветой. Она обычно достигает своей цели и особенно эффективна, если предварительно заткнуть рот творцу-созидателю, связав его по рукам и ногам.

Читателям бывает трудно самим разобраться в истине по первоисточникам из-за недостатка времени; а творец-то молчит..., не возражает!

Значит он согласен с критикой. На это и рассчитывают критики-жулики. Этот способ критики исторически давно испытан и

хорошо проверен. К нему часто прибегают «люди сильные мира сего».

Критикуемое нужно долго и тщательно изучать в подлиннике и пользоваться точными выдержками из трудов автора (со ссылкой на источник), а не предъявлять обвинений «вольным стилем» по собственной памяти и представлениям.

Таковы принципиальные основы ответственной критики. *Действительные ценности в науке стойко выдерживают испытание временем под ударом любой критики.* Время есть наилучший объективный критик-ценитель!

Автор ИДС.

Примечание архивариуса

Рукопись этой неопубликованной новеллы была случайно найдена в старых заброшенных архивах.

ИДС – несомненно, есть псевдоним неизвестного автора, который вероятно, согласно некоторым источникам, является каким-то отдалённым потомком знаменитого Козьмы Пруткова. ИДС – скорее всего условное сокращение и, по-видимому, в развёрнутом виде означает: «Идейно-Движущая Сила» – по аналогии с ЭДС в электротехнике.

МАТЕРИЯ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Семикин И.Д.

Некоторые общие представления и соображения

Материя, как объективно существующая реальность, едина по своей природе во всем мировом пространстве. Понятие о материи более широкое, чем понятие о веществе, которое, таким образом, является частным случаем состояния материи. Вещество – это сгустки материи, это пространство с большой концентрацией материи. Вещество может быть твердым, жидким, газообразным, плазмой, микрочастицей. Где заканчивается состояние материи в виде вещества и начинается другое состояние материи, например, в виде поля, граница между ними нуждается в уточнении. В связи с этим встает вопрос, что такое «вещество», какова должна быть формулировка физического понятия «вещества» и «материального поля».

Пространство и время – две неотъемлемые особенности существования материи. «Основные формы всякого бытия, – говорит Ф. Энгельс – суть *пространство и время*». Человеку трудно освободиться от исторически сложившихся понятий о пространстве и времени. Например, мы можем легко представить себе пространство, свободное от материи, от материальной среды – «пустое пространство», абсолютный вакуум. Мы можем представить себе течение времени в «пустом» пространстве без наличия материальных объектов или без движения материальных объектов в пространстве. Таким образом, мы можем представить себе «Материю», «Пространство», «Время», как *независимые* друг от друга параметры бытия. Такое представление, по-видимому, аб-

страктно и не соответствует реальной действительности. Нельзя отделить материю от пространства, как и пространство от материи. Это не реально. Проще говоря, не может быть материи вне пространства также, по-видимому, не существует и «пустого» пространства без материи. Эти понятия неотделимы друг от друга. Мы вынуждены (по привычке) пользоваться старыми привычными нам представлениями, хотя они порой не соответствуют действительности, т.е. истине. В свете представлений о природе в целом все мировое пространство материально, оно занято небесными телами крупными и мелкими, пронизано густой сетью летящих фотонов и другими микрочастицами материи – электромагнитным полем. Материя рассеяна в пространстве неравномерно; можно говорить о концентрации материи в отдельных точках (участках) пространства – о сгустках материи, о крупных материальных объектах – о звездах, планетах и других небесных телах, условно противопоставляя их остальной материи. Всякий «конкретный материальный объект» (тело) *неизбежно* окружен другой материей – материальной средой, «материальным полем», которое распространено непрерывно по всему мировому пространству. Все материальные объекты от самых больших (звезд) до самых малых связаны между собой, взаимодействуют друг с другом через материальное поле. Влияние материальных объектов друг на друга проявляется повсюду: в виде всемирного тяготения, обмена энергией, в виде электромагнитного излучения и пр. Это взаимное влияние друг на друга совершенно неустранимо. Оно может быть лишь несколько ослаблено или усилено в зависимости от условий контакта материальных объектов друг с другом, т.е. от расстояний и концентраций материи. Например, вблизи крупных материальных объектов гравитационное тяготение будет более значительным. Оно изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния между телами. Механизм прояв-

ления гравитационных сил пока еще недостаточно понят и ясен. Электромагнитное облучение вблизи больших тел с высокой температурой более интенсивное. Следовательно, все материальные объекты (тела), как крупные, так и самые мелкие находятся во взаимосвязи, взаимодействии и взаимозависимости. Не может быть и речи об изолированности того или иного материального объекта. Об этом можно говорить лишь *условно-относительно*. Состояние того или иного материального объекта, его существование, поведение *сильнее всего зависит от ближайшего окружения, от прилегающей к нему материальной среды*, т.е. от условий существования данного материального объекта, от состояния близлежащих материальных объектов и близкой среды в целом. Несомненно, проявляется влияние и далеко отстоящих материальных объектов, но оно ослаблено. Например, влияние Солнца на условия существования планет нашей солнечной системы весьма велико, хотя и различно для всех планет, а влияние других звезд, столь же больших, как и Солнце, уже не заметно из-за дальности их, но оно существует. Эти рассуждения справедливы не только в отношении крупных материальных объектов мира, но они верны и в отношении тел более мелких масштабов, например, касаются условий жизни на земле, условий жизни человека в обществе, о влиянии людей друг на друга и т.д. Люди привыкли жить в ограниченном пространстве, ограниченное время, где все имеет начало и конец, т.е. цикл, циклы повторяются, постепенно изменяясь по содержанию, но жизнь (бытие) продолжается. Поэтому человеку трудно вообразить и представить себе, что общее мировое пространство бесконечно велико, повсеместно занято материей, т.е. количество материи также бесконечно велико, что эта материя исчезнуть не может, не может превратиться в «ничто» — в нуль, а, следовательно, материя не может быть создана из «ничего» — из нуля. Таким образом, существ-

вание материи может быть только вечным, т.е. время также бесконечно. Ни времени, ни материальному пространству не может быть начала, нет и не может быть конца. Материя, пространство и время – взаимосвязанные параметры бытия. Человеку труднее всего представить себе отсутствие начала бытия, что оно всегда было, есть и будет. Люди привыкли жить в окружении, где следствия и причины жестко связаны между собой. Отсутствие *первопричины* возникновения и существования материального мира недоступно пониманию, еще труднее себе представить, что материальное пространство бесконечно велико, не имеет границ ни линейных, ни временных. Необходимо принимать как факт, что материальный Мир (бытие) – бесконечный по объему (пространство без границ) существует, был вечно в прошлом и будет существовать вечно в будущем. Материя и органически связанные с ней пространство и время не уничтожаемы, а, следовательно, и не создаваемы.

Материя обладает двумя фундаментальными и как бы противоречивыми свойствами, находящимися в диалектическом единстве противоположностей:

- а) *подвижностью* и связанной с ней *активностью* и
- б) *инертностью* и связанной с ней *консервативностью*.

Полюсность, парность, периодичность (цикличность), по-видимому, являются специфической особенностью существования материи. Эти особенности бросаются в глаза повсюду.

а) *Движение* – неотъемлемое свойство материи, ее основная сущность. Нет материи без движения, вне движения. Покой, состояние покоя, как представление об отсутствии движения, не совместимо с понятием о материи. Материя находится в вечном движении. Движение материи в целом не уничтожаемо, как сама материя. Могут изменяться лишь виды движения. Один вид дви-

жения может переходить в другой по определенным законам эквивалентности.

б) *Инертность* – консервативное свойство материи, способность материального объекта сопротивляться изменению уровня своего движения при воздействии на него окружающей среды, внешней для данного объекта. При отсутствии воздействия окружающей среды, т.е. когда данный материальный объект совершенно изолирован (о чем можно говорить лишь условно, абстрактно), естественно, отпадает всякая причина для изменения уровня имеющегося движения у данного конкретного объекта (тела). Поэтому часто говорят об инертности, как о способности материальных объектов сохранять свое состояние, т.е. имеющийся уровень движения (скорость). Такая формулировка закона об инерции менее логична – она идеалистична, метафизична. Поскольку воздействие окружающей материальной среды неустранимо и неизбежно, то о *сохранении неизменного состояния* материальных объектов не может быть и речи. Правильнее говорить об инерции как о *способности* материальных объектов *сопротивляться* изменению своего состояния при неизбежном воздействии на них окружающей среды (хотя бы наличием электромагнитного излучения). *Меру инерции* объекта можно выявить лишь *при попытках изменить уровень движения* данного материального объекта (или системы объектов).

О движении

Движение материи – это изменение состояния материи (объекта, тела) во времени и положения в пространстве, имеет качественно различные формы. Существует много различных форм движения от самых простых до исключительно сложных, включающих комплекс различных движений: механическое дви-

жение (поступательное, вращательное, колебательное), тепловое движение, электромагнитное, химическое, биологическое и др. Биологическое движение, как наиболее сложное, имеет качественные различия: растения, животные и мыслящее существо – человек. Это, по-видимому, вершина организованности материи в солнечном окружении, когда материальный объект осознает себя, как часть общей материи, способен противопоставлять себя остальной материи, понимать, изучать ее закономерности, сознательно пользоваться этими закономерностями в своих целях, может целеустремленно влиять на окружающие объекты, творчески управлять ими, подчинять себе материальную природу, направляя ее развитие в заданном, или желательном направлении.

Характеристика движения

Каждая форма движения характеризуется уровнем этого движения: интенсивностью его и напряженностью – *потенциалом* движения. В каждой форме движения материи, несомненно, есть свой специфический показатель интенсивности данного движения. В некоторых весьма сложных формах движения этот показатель может быть пока еще не вскрыт и не понят человеком, еще не поддается измерению, например, в биологии. В области механического движения, как наиболее простого и понятного, показателем будет скорость линейного перемещения, угловая скорость при вращательном движении вокруг оси вращения, частота периодического процесса при колебательном движении и т.д.

В тепловом движении интенсивность молекулярного движения связана с температурой тела. Чем выше температура (T) тела, тем интенсивнее тепловое движение. Тут же нужно отметить, что температура не является специфической принадлежностью толь-

ко теплового движения. Температура, по-видимому, является более общим, более универсальным потенциалом, характеризующим *уровень различных форм движения материи*. Излучение, как проявление электромагнитной формы движения материи в атомах, развитие ядерных процессов также связано с температурой. Состояние материи в виде твердого, жидкого, газообразного вещества, в виде плазмы или микрочастиц также зависит от температуры. Химические и биологические процессы нельзя рассматривать в отрыве от температуры. Очевидно, что температура является более *широким, универсальным параметром*, характеризующим состояние материи, мерой ее *активности, возбужденности*. Тепловое движение молекул есть лишь некоторое частное проявление состояния материи (вещества), определяемого его температурой. Следовательно, температура есть мера *активности* материи, и является мерой уровня подвижности материи при самых различных формах движения. Повышение температуры вещества сопровождается увеличением скорости движения молекул. По величине кинетической энергии молекул можно судить о величине температуры данного вещества и наоборот. Так была создана шкала температур. Можно сблизить математическое описание теплового (хаотического) движения с механическим (направленным) движением. Ясно, что эти различные формы движения близки друг к другу и у них есть много общего: скорость движения, как направленного, так и хаотического измеряется одинаково – (м/сек). Это легко проследить на конкретных примерах. Адиабатическое истечение газа (через отверстие сопла) показывает пример перехода теплового (хаотического) движения в направленное (механическое) движение. Скорость истечения газа (механическое движение) нарастает, а скорость хаотического (теплового) движения уменьшается, т.е. температура

истекающего газа снижается. На базе изменения кинетической энергии можно строить шкалу температур.

Понятие о температуре, о ее шкале можно было бы вывести не из теплового (хаотического) движения (т.е. из кинетической энергии молекул), а из электромагнитного излучения, которое также является функцией температуры и сопутствует тепловому движению. По величине электромагнитного излучения также можно судить о температуре вещества и, таким образом, на совершенно новой основе – по изменению количества излучаемой (электромагнитной) энергии создать совсем иную (электромагнитную) шкалу температур – этому универсальному показателю, характеризующему активность материи. Вполне возможно, что эта новая (электромагнитная) шкала температур, выведенная на базе излучения (электромагнитного процесса), коренным образом изменила бы математическое описание как процесса излучения (его «закона»), так и теплового процесса.

В электрическом движении потенциалом является, по видимому, напряжение поля – вольтаж. Подлежит изучению, что же может служить мерой напряженности того или иного движения материи, так как многое остается еще не выясненным, особенно в области сложных движений (биологическом, мыслительном и др.)

При взаимодействии с окружающей средой материальные объекты обладают способностью менять уровень и форму движения, переходить от одной формы движения к качественно иным формам, от более простых к более сложным и наоборот. Все зависит от обстановки, от условий существования конкретных материальных объектов, т.е. от среды, от условий перехода из одного состояния к другому.

Переход от одной формы движения к качественно другой происходит, вероятно, скачкообразно (революционно) после накопления какого-то предельного количества движения. При этих переходах строго соблюдаются определенные закономерности, сохраняются вполне конкретные соотношения между различными формами движения, например, соблюдаются эквиваленты механической энергии и тепловой и т.п., т.е. соблюдается закон сохранения материи (энергии и массы).

Таким образом, *подвижность* материи приводит к *изменчивости* состояния материи вследствие взаимосвязи, взаимодействия материальных объектов, взаимного влияния друг на друга, воздействия всей окружающей среды на материальные объекты. Например, механическое движение твердых тел при ударе друг о друга переходит в тепловое, поднимается температура вещества, изменяется электромагнитное движение, усиливается излучение. Возможен и обратный переход, когда хаотическое (тепловое) движение газов переходит в направленное (механическое) струйное движение – в кинетическую энергию газового потока, что имеет место при истечении газов из сосуда через отверстие сопла. В этих взаимных превращениях могут участвовать одновременно несколько различных форм движения

Об инертности материи

Как уже говорилось, инертность, как неотъемлемое свойство материи, выражается в ее способности сопротивляться изменениям того или иного уровня движения материи под воздействием окружающей среды на данный объект (тело), т.е. внешней силы по отношению к данному объекту (телу). Каждой форме движения соответствует своя специфическая инертность – спо-

способность сопротивляться изменению (например, повышению) уровня именно этой формы движения. Сколько существует форм движения, столько же есть и видов инертности. Некоторые частные случаи проявления инерционных свойств материи нам хорошо известны и понятны, а некоторые проявления инертности материи покажутся совершенно неожиданными.

Сначала рассмотрим случаи наиболее простые, ясные, хорошо известные, привычные. Чтобы изменить скорость механического движения тела, например, остановить его, надо преодолеть некоторое сопротивление, оказываемое этим телом. Чтобы увеличить скорость движения данного тела на единицу скорости (например, на 1 м/сек), т.е. создать ускорение движению, надо сообщить этому телу со стороны дополнительное, вполне определенное (конкретное) количество движения, по величине которого можно судить о величине инертности этого тела. Опыт показывает, что инертность тела в механическом движении зависит от *количества вещества* в этом теле; инертность *пропорциональна* количеству вещества в теле, т.е. величине его массы. Часто инертность тела отождествляется с его массой, что не всегда можно делать. Возможны случаи, когда количество вещества в теле, т.е. его масса (M_o) остается прежней, а способность тела сопротивляться дальнейшему повышению скорости движения нарастает по мере приближения скорости движения тела к скорости света. Таким образом, инертность тела M_u будет больше его массы M_o , т.е. $M_u > M_o$. Поэтому нельзя количество вещества в теле, его массу – M_o отождествлять с механической инертностью этого тела M_u , хотя в области малых скоростей механического движения M_u и M_o численно практически равны друг другу. Различие между количеством вещества в теле (его массой) и инертностью этого тела особенно ясно в тепловом движении.

Зависимость инертности материи от уровня движения

В развитии природы, в ее превращениях отмечена еще одна важная особенность – закономерность: чем выше уровень какого-либо движения материи, тем больше проявляется сопротивляемость (инертность) материи к дальнейшему увеличению именно этого движения, т.е. больше инертность материальных объектов. Таким образом, мера инертности возрастает с повышением уровня движения.

Например, инертность механического движения тела ($M_{и}$) не может оставаться постоянной по мере увеличения скорости движения. Инертность постепенно увеличивается, она нарастает. При приближении скорости механического перемещения в пространстве к скорости распространения света сопротивляемость дальнейшему повышению (увеличению) скорости, т.е. ускорению, нарастает весьма интенсивно. Когда абсолютная скорость движения объекта достигнет скорости света c ($c = 300.000$ км/сек), то дальнейшее повышение скорости, по видимому, не представляется возможным по *фундаментальным свойствам* материи и *сопротивляемость материи увеличению скорости* выше скорости света достигает бесконечности. Никакие внешние силы уже не смогут заставить материальный объект двигаться со скоростью большей, чем скорость распространения света. Объяснение этому явлению надо искать в особенностях материи, в ее первичных фундаментальных свойствах.

Из физики известно, что

$$M_u = M_o \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2}}.$$

Если скорость движения материального объекта $W \approx c$ – скорости света, то $M_u = M_o \cdot \infty = \infty$, где M_o трактуется как масса «покоя». Такой термин нужно считать неудачным. Ясно, что «покой», как полное отсутствие движения, несовместим с понятием о материи, которую нельзя представить без движения, лишенную движения, вне движения. Нельзя освободить материю от движения, так как сущность материи неотъемлемо связана с движением. Движение есть первое фундаментальное свойство материи: где нет движения, там нет и материи. Все материальные объекты, как и материя вообще, находятся в мировом пространстве в вечном движении, оно не уничтожаемое – оно может только переходить из одной формы движения в другую. Логичнее считать, что M_o – это количество вещества в данном материальном объекте, тогда выражение

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2}}$$

представляет собой коэффициент пропорциональности между инерционным свойством механического движения материального объекта M_u (инертность объекта) и его массой M_o (количеством вещества в объекте). Если $W \ll c$, когда $\left(\frac{W}{c}\right)^2 \rightarrow 0$, то коэффициент

удельной инерции $m_u = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2}} \cong 1$ и инертность данного

тела M_u численно равна его массе M_o ($M_u \cong M_o$), но если $W \cong c$,

$\left(\frac{W}{c}\right)^2 \rightarrow 1$, то $m_u = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2}} = \infty$ и $M_u = M_o \cdot \infty = \infty$.

Нельзя в этом случае говорить, что масса (т.е. количество вещества) данного материального объекта равна бесконечности,

можно лишь сказать, что инертность M_u данного материального объекта с массой M_o – стремится к бесконечности, а масса M_o , как мера количества вещества в данном материальном объекте, остается M_o – вполне определенная конечная величина. M_u является аналогом удельной теплоемкости C_T , m_u – коэффициент емкости количества движения в 1 кг вещества.

В механике макротел, которые находятся в движении в пространстве со скоростью $W \ll c$, не происходит существенных ошибок (погрешностей), если механическую инертность тела M_u принимать равной массе тела M_o , но в мире микрочастиц в области огромных скоростей движения, соизмеримых с предельной скоростью света c необходимо отличать механическую инертность объекта M_u от его массы (количества вещества) M_o , что находит свое отражение в микромеханике.

Количество движения в теле I_w может быть определено следующим образом.

В дифференциальном виде:

$$dI_w = M_o m_u dW = M_o \frac{dW}{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2}}. \quad (1)$$

Интегрируя в пределах от 0 до W , получим:

$$I_w = I \Big|_0^W = M_o c \arcsin \frac{W}{c}. \quad (2)$$

Если $\frac{W}{c} = 0$, то $I_o = 0$.

Если $\frac{W}{c} = 1$, то $I_c = I_{max} = M_o c \frac{\pi}{2} = 1,57 M_o c$.

Формуле (2) можно придать следующий вид:

$$I_w = M_o W \frac{\arcsin \frac{W}{c}}{\frac{W}{c}} \quad (3)$$

Если $W \ll c$, формула (3) переходит в обычную:

$$I_w = M_o W, \quad (4)$$

т.к. $\lim_{\frac{W}{c} \rightarrow 0} \frac{\arcsin \frac{W}{c}}{\frac{W}{c}} = 1$, при $\frac{W}{c} \rightarrow 0$ (по правилу Лопиталя).

Инертность материи при тепловом движении

При тепловом движении также проявляется инертность материи – это способность данного материального объекта сопротивляться повышению уровня теплового движения, косвенным показателем которого служит температура.

Чтобы повысить температуру тела на 1°C , нужно сообщить этому телу какое-то количество теплового движения, т.е. тепла (калорий). Это количество тепла называется «теплоемкостью» тела. Теплоемкость является мерой инертности теплового движения. Следовательно, теплоемкость в тепловом движении является аналогом инертности в механическом движении. Механическая инертность пропорциональна массе тела. То же самое имеет место в тепловом движении: общая теплоемкость тела $C_{об}$ пропорциональна массе тела M_o и удельному коэффициенту теплоемкости, т.е. $C_{об} = M_o C$. Общая теплоемкость тела – $C_{об}$ представляет его тепловое инерционное свойство, которое должно возрастать с повышением уровня движения. Если теплосодержание в теле, т.е. количество теплового движения $I_m = M_o C_o^T T$ ккал, то

$$\frac{\partial I_T}{\partial T} = \frac{\partial (M_o C_o^T T)}{\partial T} = M_o C_T = C_{об} - \text{общая теплоемкость.}$$

По аналогии с механическим движением теплоемкость, как мера инерции теплового движения, в соответствии с общими за-

кономерностями материального мира должна возрастать с повышением температуры, т.е. сопротивляемость тела повышению температуры должна увеличиваться $C = f(T)$, что отвечает действительности – опыту. Следовательно, при особо высокой температуре, когда тепловое движение (скорость движения молекул м/сек) начнет приближаться к скорости света, то дальнейшее повышение температуры не может быть достижимо, она, теплоемкость, стремится к бесконечности. Таким образом, по-видимому, существует какая-то предельная, максимально возможная в природе температура, приближение к которой связано с увеличением тепловой инерции (т.е. теплоемкости) до бесконечности, т.е. *достижение более высоких температур в природе не удастся.*

Какова эта *максимально* возможная температура в природе, остается пока не выясненным. Если коэффициент механической емкости (инертности) тела, зависящий от скорости движения, установлен и равен $m_u = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2}}$, то коэффициент тепловой емкости

$$m_u = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2}}$$

зависит от температуры более сложно, поскольку температура, как универсальный показатель активности материи, сложно связан со многими другими формами движения в материальных объектах. Вопрос о теплоемкости более подробно рассматривается в курсах физики. Известно, что теплоемкость тел при приближении температуры к абсолютному нулю стремится к какому-то минимуму и растет с увеличением T , достоверная зависимость C от T в области очень высоких температур нуждается в изучении.

Инертность материи в химических процессах сформулирована, по-видимому, законом Ле-Шателье. Обратимые химические реакции находятся в подвижном равновесии. При воздействии внешних сил на систему, находящуюся в равновесии, система сопротивляется и стремится сохранить свое начальное состояние.

Например, прибавление в систему реагентов какого-либо реагирующего вещества извне сдвигает реакции в сторону, ведущую к увеличению образования таких веществ, которые стремятся израсходовать добавленное вещество и тем затормозить повышение его концентрации, имевшей место в начальном состоянии системы реагентов. Подобное явление происходит, когда изменяется внешнее давление, под которым находится система химических реагирующих друг с другом элементов (веществ). Реакции пойдут в таком направлении, чтобы помешать изменению давления в системе. Начнут образовываться такие химические продукты реакции, которые сопровождаются уменьшением объемов, если внешнее давление повышалось, или увеличением объемов, если внешнее давление уменьшилось. Словом, система на всякое внешнее воздействие отвечает таким образом, чтобы помешать, затормозить изменение начального состояния системы. Мера способности сопротивляться воздействию внешних сил – служит показателем инертности данной системы.

В процессах электродвижения материи – также существует свой показатель напряженности – его потенциал (по-видимому, это вольтаж), а также проявляется своя инертность, в виде электроемкости.

Следует проследить и изучить проявление инертности (т.е. емкости) и напряженности движения и в других формах движения.

Инерция в биологии

Подвижность живой материи проявляется в способности изменяться, развиваться, совершенствоваться под воздействием окружающей среды, т.е. условий существования. Способность приспособляться к меняющимся, к новым условиям жизни, есть

следствие подвижности живой материи, ее изменчивости. *Консервативное* свойство живой материи, её способность сохранять достигнутый биологический уровень, свои биологические особенности проявляется в виде *наследственности*, что логично и естественно при периодическом (циклическом) способе существования живой материи. Наследственность – это биологическое свойство живой материи сохранять и продолжать в своих потомках особенности своих родителей, т.е. достигнутый предками уровень биологического движения (развития). *Наследственность, как консервативное свойство*, с одной стороны способствует сохранению и закреплению новых приобретенных свойств живого организма в своих потомках, а с другой, всячески препятствует новым изменениям свойств живого организма. Но поскольку воздействие окружающей среды неустранимо и неизбежно, что постепенно меняет условия жизни, то неизбежно происходят и изменения в живой материи, в организме – «мутации». Если же изменения в живой материи (в организме) произошли все-таки по той или иной причине и были получены какие-то *новые принципиальные особенности организма, новые качества*, то наследственность подхватывает их, помогает закрепить их, передать потомкам, т.е. способствует сохранению их в дальнейшем. В данном случае *инертность – консервативность играет положительную (прогрессивную) роль* в развитии живой материи: с одной стороны, биологическая инертность (наследственность) позволяет сохранить достигнутый биологический уровень, а с другой стороны, мешает, сопротивляется новым дальнейшим изменениям организма. По-видимому, чем выше достигнутый биологический уровень жизни, тем труднее дальнейший подъем уровня биологического развития. Как измерить уровень достигнутого биологического развития, его потенциал – напряженность, а также, в чем состоит «емкость» биологического дви-

жения как, мера инертности живой материи, остается пока не ясным и подлежит изучению.

Таким образом, понятие об инертности материи является более обширным, более общим, чем понятие о механической инерции, о теплоемкости, об электроемкости, о наследственности или какой-либо другой *частной емкости* того или иного движения. Инертность надо рассматривать как фундаментальное свойство материи во всех формах ее движения. Мерой инертности материального объекта является емкость количества движения в данной его форме (качестве), такое его количество, которое нужно (требуется) сообщить данному материальному объекту, вложить в него со стороны (извне), чтобы изменить (например, повысить) уровень этого движения (его потенциала) на единицу этого потенциала, как меры напряженности данного движения.

Вопросы о напряженности того или иного движения (потенциала его) и об инертности в данной форме движения (его емкости) пока недостаточно изучены и далеко еще не ясны в различных формах движения материи.

Энергия

Сочетание двух фундаментальных свойств материи: «емкости движения» и «уровня (потенциала) движения» – определяет содержание понятия «энергия». Например, в механическом движении, наиболее изученном, *кинетическая энергия* E представляется произведением «количества движения» I на «уровень (потенциал) движения» – W :

$$E = f(I \cdot W) = f(M_o \cdot W \cdot W),$$

а в дифференциальном виде:

$$dE = d(M_o \cdot W \cdot W) = 2M_o \cdot W dW.$$

В области теплового движения количество тепловой энергии выражается содержанием тепла в теле – «теплосодержанием тела»:

$$I = M_o \cdot C_o^T \cdot T,$$

или в дифференциальной форме

$$dI = M_o \cdot C_T dT,$$

где C_T – истинная удельная теплоемкость, теплоемкость при данной температуре T . Следовательно, энергия – это мера уровня (потенциала) и емкости движения материи. При взаимодействии тела с окружающей средой, например, при ударе двух тел, происходит переход энергии от большего потенциала к меньшему. При таком обмене энергией между телами массы (количества вещества) остаются без изменения, а происходит лишь переход уровня движения, т.е. имеет место изменение потенциала движения.

В соответствии с формой движения материи, имеет место и соответствующий «свой» способ (форма) перехода (передачи) энергии. Энергия, как неотъемлемое свойство, принадлежность материи, по своему существу, едина в природе, как и материя в целом, но существуют различные способы ее передачи (перехода) от одних материальных объектов к другим в зависимости от формы движения материи. Каждой форме движения соответствует свой специфический способ передачи энергии, например, механический способ передачи энергии – в виде работы, тепловой – в виде тепла, электромагнитной – в виде фотонов и т.д.

При переходе энергии от одних материальных объектов к другим, могут присутствовать и участвовать одновременно различные способы (формы) передачи, сопровождая друг друга. Одна форма движения в процессе перехода от одного материального объекта к другому вызовет в другом теле ту же или иную форму движения. Например, излучение (фотоны), как электромагнитная форма движения, при переходе к другому телу, вызовет в нем

преимущественно тепловое движение (повышение температуры) и лишь в меньшей мере электромагнитное, отвечающее изменению температуры тела и т.д. Таким образом, в такой трактовке совсем не говорится о видах энергии, о них можно не говорить, их нет. Энергия, как неотъемлемая принадлежность материи, едина, но только существуют разные способы ее проявления и передачи.

С не меньшим успехом можно встать и на другую точку зрения, т.е. признать, что в природе существуют различные виды энергии, которые могут переходить друг в друга по строгим эквивалентам. Вид энергии отвечает *форме* движения материи: механическая энергия, химическая, тепловая, электромагнитная, ядерная, гравитационная и т.д. При этом должны быть выбраны соответствующие единицы для измерения того или иного вида энергии. Также необходимо установить эквиваленты при переходе одного вида энергии в другой. Обе точки зрения одинаково правомочны. Поэтому вопрос о том, существует ли *тепловая* энергия, как *вид* энергии, или это только *способ* передачи энергии, нам кажется, в какой-то мере, праздным и при правильном понимании по существу, ничего изменить не может.

Такой же вопрос можно поставить не только о тепловом движении, но и о механическом, электромагнитном и др. Например, говоря об излучении (электромагнитное движение), мы, почему-то, измеряем ее в тепловых единицах – калориях. Вероятно, это делается так потому, что электромагнитное излучение в момент его поглощения превращается, в основном, в тепловое движение. Исторически так сложилось, что люди *привыкли* понимать различные проявления единой энергии, как отдельные *виды* энергии, поэтому нет практического смысла отходить от этих установившихся понятий, глубоко внедрившихся в науку и технику. При философском подходе к вопросу об энергии получается бо-

более стройное представление, если считать, что энергия есть проявление фундаментального свойства материи, единой в природе. Поэтому получается более универсальное описание свойств материи, если исходить из *единой меры* (единицы измерения) энергии и различать лишь разные ее проявления, способы (виды) передачи (перехода) энергии от одних материальных объектов к другим.

Говоря об энергии, как о проявлении фундаментальных свойств материи, естественно возникает вопрос о ее концентрации в единице объема пространства или в единице материи. Совершенно понятно, что количество энергии должно быть пропорционально количеству материи. Что же принять за единицу измерения количества материи?

Как уже говорилось в самом начале, понятие о материи более широкое, чем понятие о веществе. Вещество – это пространство с большой концентрацией материи, это сгусток материи. Количество вещества представляется его *массой* – M_0 (кг). За единицу измерения массы (количества вещества) принято количество вещества, содержащегося в литре пространства, занятого дистиллированной водой с температурой $0\text{ }^\circ\text{C}$ при нормальном давлении (1 ата). Позднее эта единица массы была несколько изменена, но это не имеет принципиального значения.

Оперируя понятием массы, можно ставить теперь вопрос, каким удельным количеством энергии располагает 1 кг вещества(массы) или тело в целом с массой M_0 (кг). Возникает целый ряд попутных вопросов: о каком виде энергии идет речь, механической, химической, внутриядерной или *общей, суммарной* энергии; что это за вещество, какой его химсостав, какова температура T , давление P , скорость механического перемещения W м/сек? Последний вопрос выглядит особенно коварным. О какой скорости перемещения W идет речь, об относительной или

абсолютной? Все наши представления о скорости и об измерении ее, обычно связаны с какой-либо точкой пространства, условно принятой за неподвижную. Между тем материальное тело, занимающее любую точку пространства, находится в движении и, следовательно, все перемещения одного тела фиксируются как относительные. По-видимому, не имеется ни теоретической, ни практической возможности определения абсолютной скорости линейного движения W какого-либо материального тела. Линейное механическое перемещение тела возможно рассматривать, как вращательное вокруг какого-то центра (точки) с тем или иным радиусом вращения, например, равным бесконечности.

Как установлено, абсолютная максимальная скорость движения материальных объектов по фундаментальным свойствам материального пространства, может достигать скорости распространения света $c = 300.000$ км/сек. Всякое приближение к этому пределу вызывает в материальном объекте огромное нарастающее сопротивление, увеличение удельной механической емкости (аналога теплоемкости) m_u :

$$m_u = f(W/c) = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2}}.$$

Кинетическая энергия материального объекта может быть определена следующим образом.

В дифференциальном виде:

$$dE_w = I_w dW = M_o c \cdot \arcsin \frac{W}{c} dW. \quad (5)$$

Здесь вместо I_w подставлено его значение $= M_o c \cdot \arcsin \frac{W}{c}$.

Интегрируя в пределах от 0 до W , получим:

$$E_W = E|_0^W = M_o c^2 \left[\frac{W}{c} \arcsin \frac{W}{c} + \sqrt{1 - \left(\frac{W}{c}\right)^2} - 1 \right]. \quad (6)$$

Если $\frac{W}{c} = 0$, то $E_0 = 0$.

Если $\frac{W}{c} = 1$, то $E_C = M_0 c^2 \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) = 0,57 M_0 c^2$.

Формуле (6) можно придать такой вид:

$$E_W = \frac{M_0 W^2}{2} \cdot 2 \left[\frac{\arcsin \frac{W}{c}}{\frac{W}{c}} + \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c} \right)^2} - 1}{\left(\frac{W}{c} \right)^2} \right]. \quad (7)$$

Если $W \ll c$, формула (7) переходит в обычную:

$$E_W = \frac{M_0 W^2}{2}. \quad (8)$$

т.к. $\lim 2 \left[\frac{\arcsin \frac{W}{c}}{\frac{W}{c}} + \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{W}{c} \right)^2} - 1}{\left(\frac{W}{c} \right)^2} \right] = 1$, при $\frac{W}{c} \rightarrow 0$ (по правилу Лопиталя).

питалю).

Трудно себе представить материю в виде вещества (тела), несущегося со скоростью света. По-видимому, еще задолго до достижения предельной скорости вещества начинают происходить какие-то внутренние процессы, уводящие вещество в другие состояния материи. По-видимому, со скоростью света, могут двигаться лишь частицы материи, принадлежащие к микромиру (микрочастицы). Предельную скорость движения $c = 300000$ км/сек могут иметь лишь мельчайшие частицы – *фотоны* – это первичные частицы материи.

При вычислении полного запаса механической энергии (линейного движения) тела с массой M_0 ничего не говорилось о химическом составе этого тела, о его температуре, которая может быть самой различной. Между тем, это может изменить содержание энергии в самом широком ее смысле. По-видимому, материя,

вернее вещество, имеет несколько видов энергии: механическая, тепловая, внутриатомная (электромагнитная), внутриядерная (вероятно, гравитационная). Мы привыкли воспринимать действие энергии в ее, так сказать, «развязанном» – активном виде. Это механический удар, но мы не ощущаем (не воспринимаем) ядерную энергию. Она «связана», *компактно упакована внутри ядер*, но она есть, существует, притом в огромном количестве. Как установлено, при образовании ядер меняется масса, имеет место, так называемый, «дефект массы», при этом выделяется огромное количество «ощущаемой» энергии в виде мощного электромагнитного излучения и, по-видимому, каких-то других микрочастиц.

Конец 50-х – начало 60-х годов.

СЕМИКИН И.Д. – ОСНОВАТЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ПЕЧЕЙ

Абраменков Ю.Я.

Прошло 110 лет со дня рождения (3 декабря 1898 г.) одного из основателей металлургической теплотехники, как науки, крупного учёного СЕМИКИНА ИОСИФА ДАНИЛОВИЧА. Теперь по прошествии более 35 лет со дня его смерти, когда ушли из жизни сверстники Семикина И.Д. (как друзья, так недруги) можно оценить масштабы этого человека по оставшемуся научному наследию и документам.

Редко о ком при жизни говорят с уважением и пиететом без упоминания степеней, званий и должностей. А вот когда речь шла о профессоре Семикине И.Д., как в кругах научных работников, так и практиков – производственников, говорили просто: «Семикин сказал...», «Семикин считает...» и т.п. В течение своей напряжённой и непростой жизни Иосиф Данилович никогда не занимал значительных административных или хозяйственных должностей, да и не стремился к этому, но его имя и мнение со страхом воспринимала недобросовестная чиновничья братия высоких государственных рангов, потому что этот человек в науке и деле был образцом принципиальности и бесстрашным в открытом отстаивании своих взглядов. В то же время его взгляды, высказывания, идеи, преданность истине и работе воодушевляли других искателей научной истины на научный и инженерный поиск. Около него никогда не было людей равнодушных, настолько было сильным его влияние. Его идеи и научные разработки всегда были новыми, часто неожиданными, и в то же время многие из них быстро внедрялись в науку и практику. И всё это не было

каким-либо подарком природы, и основывалось не только на таланте, но и на огромной трудоспособности.

Судьба так позаботилась о творческом росте И.Д. Семикина, что ко времени его входа в «печную» элиту, он в полной мере, на уровне лучших профессионалов сложился как производственник-практик, проектант и теоретик. Уместно отметить, что очень надёжной базой ему служили отличные знания, полученные им в гимназии, которую он окончил в 1918 году с золотой медалью, и Томском технологическом институте (ныне Томский политехнический институт), который он также окончил с отличием (без единой четвёрки). И, несмотря на отсутствие производственного опыта у И.Д. Семикина до поступления на работу в Надеждинский металлургический завод в 1923 г. после окончания института, он, как свидетельствовали современники, с успехом работал на всех должностях своего производственного роста, начиная с десятника (бригадира) до зам. начальника мартеновского цеха по производству. Это говорит о том, что при серьёзном творческом отношении к учёбе освоение практических приёмов в любой работе происходит достаточно быстро и в короткие сроки. Сам Иосиф Данилович всегда с благодарностью вспоминал своих требовательных учителей, особенно на зачётах и экзаменах, потому что считал экзамен очень эффективным средством обучения, а не просто контроля.

В период работы в Надеждинском заводе с 1923 по 1929 г.г. инж. Семикин И.Д. не только созрел как великолепный практик, но и с успехом применял свои теоретические знания в области гидравлики, сопромата и, особенно, термодинамики для описания тепловой работы печей. Опубликованные им в этот период две обширные работы [1, 2], как теперь ясно, стали базовыми в современных знаниях о тепловой работе печей. Особенно это относится ко [2], в которой тогдашний 32-летний инж. Семикин

впервые в мировой литературе дал замкнутую схему расчёта печи на основе законов теплопередачи и термодинамики, решив внутреннюю задачу (нагрев шихты), и введя, независимо от Н.Е. Скаредова, понятия о тепловых мощностях печи. Причём примечательно, что эта схема расчёта впервые увязала внешнюю и внутреннюю задачи теплопередачи в рабочем пространстве печи. Отметим, что идеи, изложенные в [2], не были сразу поняты даже научными работниками, о чём говорит дискуссия, возникшая по вопросу расчёта печей на страницах уральских журналов между доц. Глинковым М.А. и инж. Семикиным И.Д. [3, 4, 5]. В начале 20-х годов XX ст. недостаточность и научная необоснованность «гидравлической» теории печей В.Е. Грум-Гржимайло была ясна в теплотехнических кругах [6], однако критика её была беззубой в связи с тем, что критике подвергались только те положения, которые явно были ненаучными (например, падение температуры газов), но главный вопрос о производительности печей и способах их расчёта критике не подвергался. Работа же [2] была абсолютно новым явлением в печной технике того времени и давала ответы на главные вышеуказанные вопросы. В истории науки и техники не часто бывает, чтобы авторы больших идей и изобретений дождались бы их внедрения в жизнь или смогли бы сами их осуществить. В случае И.Д. Семикина судьба была милостива, ему удалось уже в 1931 – 32 гг. частично реализовать свои идеи о печи как тепловой машине при проектировании мартеновских цехов в Магнитогорском металлургическом заводе (ММЗ) и фирме Мак-Ки (г. Кливленд, США), где он принимал проект как представитель СССР и вместе с тем участвовал в проектировании.

Приглашение И.Д. Семикина в Магнитогорский завод было инициировано Воробьёвым, бывшим начальником мартеновского цеха Надеждинского завода. Полностью же реализовать идеи, из-

ложенные в [2], и опыт индустриального проектирования мартеновских цехов ММЗ И.Д. Семикину удалось в Днепропетровске в металлургическом заводе им. Коминтерна, директор которого Варшавский И.М. предоставил Иосифу Даниловичу возможность построить новые мартеновские печи, отвечающие его взглядам на них, под видом капитального ремонта первого разряда. Эти 100-тонные печи, проработав рекордно без сбоев с 1936 по 1941 гг., показывали результаты работы, не превзойдённые до сих пор в мировой практике, хотя работали без использования технического кислорода. Длительность плавки на печах составляла 4,5 – 5 часов. С этим замечательным успехом, можно сказать, родилась Днепропетровская школа печной теплотехники. В эти годы (1934 – 1936 гг.) И.Д. Семикин работал в Днепропетровском металлургическом институте (ДМИ) (ныне Национальная металлургическая академия Украины) заведующим кафедрой промышленных печей, для организации которой он был приглашён директором ДМИ Цыплаковым Н.П. по инициативе доц. Казанцева И.Г. Талант Семикина И.Д., его энергия, широкий кругозор объединили вокруг него на созданной им кафедре талантливых, ищущих молодых людей, имена которых впоследствии стали широко известными и уважаемыми (Дёмин Г.И., Топерверх Н.И., Грошев М.В., Станкевич К.О., Шабли М.Д., Тайц Н.Ю., Ульянов И.Ф.). Эта школа исповедовала взгляды на работу печей, кардинально отличающиеся от взглядов сторонников «гидравлической» теории печей, на основе которой тогда велись расчёты и проектирование печей организациями, бывшими опорой наркомата тяжёлой индустрии, куда относилась и металлургия. Ошеломляющий успех на практике теоретических положений, выдвинутых Семикиным И.Д., которые оформились как «энергетическая теория» печей, неизбежно должен был привести к столкновению этих взглядов, что и произошло, так как СССР

был решительно заинтересован в значительном приращении производства стали. Тогдашний нарком тяжёлой индустрии С.К. Орджоникидзе, убедившись воочию в успехах коминтерновцев, организовывал открытые дискуссии сначала мартеновцев, а потом и печников, с целью выработки согласованных мнений специалистов на вопросы расчёта и проектирования печей. В этих открытых дискуссиях всегда одерживала верх Днепропетровская школа теплотехники. По всем главным вопросам теории и расчётов печей, а также практики их работы доклады делал Семикин, так как, будучи творцом новых энергетических взглядов на работу печей, глубже всех их чувствовал. К новому направлению примкнули многие учёные и производственники – противники и критики гидравлической теории печей, в частности проф. Доброхотов Н.Н., который, будучи давним её, не очень успешным, критиком формально возглавил новое течение, как старший по званию. Как вспоминал Иосиф Данилович, дискуссии были жаркими, дело доходило до рукопашной, однако Орджоникидзе, практически всегда присутствовавший на них, только подливал масла в огонь, поскольку считал, что при разгорячённых эмоциях люди высказывают все, в чём действительно уверены, и если большинство в этом убеждено так и нужно действовать. Необходимо отметить, что со стороны сторонников гидравлической теории печей никаких доказательств на строгой физико-математической основе правильности их взглядов не было. Однако сопротивление их новым веяниям продолжалось в том, что проекты (а значит и строительство печей) выполнялись «Стальпроектом» (как головной организацией наркомата по проектированию печей) на основе устаревших представлений гидравлической теории печей, как будто не было решений совещаний печников-теплотехников, и это вызывало ещё большее ожесточение в борьбе школ. Укажем, что при жизни С.К. Орджоникидзе никто из

сторонников этих школ не был подвергнут каким-либо преследованиям или репрессиям. Соппротивление сторонников гидравлической теории объяснимо – они теряли заказы, должности, влияние, однако и теперь непринятие ими абсолютно ясных положений энергетической теории печей вызывает недоумение. В 1937 г. в СССР началась волна репрессий во всех слоях общества, пострадавшие были и среди спорящих. Мы ранее не писали об этом, считая, что это уже не имеет значения для нынешних поколений, поскольку действующие лица тех лет уже ушли из жизни, а значение имеют только их действительные достижения в науке и практике, основывающиеся на их трудах и документах. Однако нашлись люди, которых интересует именно эта сторона событий тех лет [7]. Бывший директор «Стальпроекта» А. Перимов, не обращаясь к научному наследию проф. Семикина И.Д., поставил знак равенства между энергетической теорией печей и «лысенковщиной» и без всяких документальных источников свалил на него вину за репрессии сотрудников «Стальпроекта» в 1937 – 1940 гг., «забыв» привести полностью предложение из речи наркома чёрной металлургии Тевосяна И.Г. на XVIII партконференции ВКП(б), приравненной к съезду, по поводу «разоблачения» энергетической теории печей, которое заканчивалось словами «пора покончить с этой «семикинщиной»». А каждый бывший советский человек хорошо знает, что бывало с тем, о котором так «вспомнили» на съезде. Иосифа Даниловича, можно сказать, спасла война, во время которой его талант очень пригодился, так как благодаря ему удалось повысить производительность мартеновских печей ММЗ на 20 – 30 %. И.Д. Семикин был эвакуирован во время войны в Магнитогорск; по его прибытии к нему приехал директор ММЗ Носов Г.К. с просьбой заняться мартеновскими печами завода. А в предвоенные годы нападок на Семикина Носов Г.К. выступал с осуждением энергетической теории и утвер-

ждал, что в ваннах, рассчитанных по Семикину, невозможно варить качественную сталь [13], однако варил во время войны и после неё и весьма успешно в реконструированных по Семикину печах. Думается, что такая деятельность Иосифа Даниловича, в значительной степени, спасла головы И.Г. Тевосяна и Г.К. Носова от сталинской тяжёлой руки, поставившей перед ними задачу повышения производства стали на 20 – 30 %. Возможно этим объясняется тот факт, что с 1942 г. прекратились открытые нападки на И.Д. Семикина со стороны руководства наркомчермета. Кстати, приход Тевосяна И.Г. на должность наркома также совпал с репрессиями против работников старого аппарата С.К. Орджоникидзе. Так был репрессирован и объявлен «врагом народа» начальник ГУМП Бутенко Н., другие сотрудники этого управления также подверглись гонениям. В связи с этим напомним, что Тевосян в своей речи сказал «Эта теория нанесла огромный ущерб сталеплавильному делу и была разоблачена Наркомчерметом...». Скажем несколько по поводу приказа № 200 по Наркомчермету, который обязывал заводы повышать удельную тепловую нагрузку существующих мартеновских печей, поскольку его осудил как Тевосян, так и теперь Перимов А.А. [7]. В начале 30-х годов тепловая нагрузка на 1 м² площади пода подавляющего числа мартеновских печей СССР составляла около 0,25·10⁶ ккал/м²час; согласно же приказу № 200 она должна была возрасти до (0,4 – 0,5)·10⁶ ккал/м²час, что и было осуществлено на многих заводах. После отмены приказа № 200, как вредного для сталеварения, работа в этом направлении была остановлена, однако никто из тех, кто выполнил приказ, почему-то не возвратился к прежней норме, да и Наркомчермет почему-то на этом не настаивал. Да это и понятно, особенно сейчас, когда указанная повышенная тепловая нагрузка является обыкновенной (рядовой), т.е. Семикин И.Д. был прав! За что же его осуждать? Резюмируя, можно сказать,

что, несмотря на короткий срок действия приказа № 200 (~ 1,5 года) он принёс огромную пользу стране, особенно накануне войны, так как производство стали значительно возросло и связано это с именем И.Д. Семикина.

Однако вернёмся к документам научного наследия профессора И.Д. Семикина (это научное звание было присвоено ему в начале 1937 года). Внимание его во второй половине 30-х годов XX столетия было в значительной степени обращено на углублённое теоретическое обоснование многих положений его работы [2] и тепловой работы других видов печей. Поскольку внутренняя задача (нагрев металла) для нагревательных печей не имела полноценного инженерного решения, его внимание было обращено на этот предмет, в результате чего родилась работа [8], отличающаяся инженерной простотой, физической и математической точностью. В связи с [8] придётся сказать несколько о реакции представителей «гидравлической» теории [9]. Расчёт нагрева металла, предложенный в [8], показался им неправильным и ненаучным, в результате чего в журнале *Металлург* № 9 за 1938 г. появилась критическая статья В.П. Линчевского. В ней автор практически расписался в непонимании физической, да и математической сущности не только критикуемой им работы, но и решений уравнения Фурье, что было предметно доказано И.Д. Семикиным в [10], но и это не самое главное. Главное в том, что один из грамотнейших представителей «гидравлической» школы не понял – он имеет дело со знаковой работой, в которой появилась неизвестная в литературе новая модель процесса теплопроводности, постулирующая конечную скорость распространения теплоты, которая позволяет рассчитывать нагрев тела при переменных теплофизических свойствах материала и условиях нагрева.

Впоследствии эта модель процесса теплопроводности использовалась многими учёными и последователями (Гольд-

фарб Э.М., Вейник А.И., Свинолобов Н.П., Капустин Е.А. и др.). Кстати, академик Лыков А.В. гораздо позже, уже в послевоенные годы, также принял модель о конечной скорости распространения теплоты через время релаксации [12]. В этот же период к 1940 г. Семикин И.Д. довёл до логического завершения систему показателей тепловой работы печей, не имевшей аналогов в мировой расчётной практике, базирующуюся на понятиях тепловая мощность и коэффициент использования топлива [11], которая является отличительной чертой Днепропетровской теплотехнической школы. Новые взгляды на тепловую работу печей и способы их расчёта И.Д. Семикину с сотрудниками удалось провести и в цветную металлургию в конце 40-ых годов [11]. На основе этих новых подходов были реконструированы огромные медеплавильные отражательные печи в Красноуральском медеплавильном заводе, которые в результате дали удвоенную производительность. Это был новый яркий успех энергетической теории печей. Кстати пуск реконструированных печей происходил как раз в дни работы XVIII партконференции ВКП(б).

Борьба за новые взгляды отнимала много сил и времени, так что начатые работы по турбулентным струям и факелу, регенеративному теплообмену и конструкциям регенераторов, механике печных газов, теплообмену излучением, расчётам горелок и форсунок и др. оставались неопубликованными и незавершёнными вплоть до начала войны 1941 – 45 гг. Во время войны эти важные проблемы также пришлось отложить, так как были неотложные работы по повышению производительности мартеновских печей. Кроме того, Иосиф Данилович, будучи профессором Магнитогорского горно-металлургического института, занимался организацией кафедры промышленных печей по образцу днепропетровской, проводил учебную работу. К вышеупомянутым научным и производственным проблемам он возвратился уже после войны в

Днепропетровске, где он стал снова работать в ДМИ на созданной им кафедре в должности профессора вплоть до ухода из жизни в 1971 году.

Во время войны несостоятельность гидравлической теории особенно ярко выявилась, так как она не в состоянии была показать пути повышения производительности печей, что было так важно во время войны, и её сторонники фактически прекратили борьбу – «гидравлическая» теория печей перешла в анналы истории. Однако горечь поражения, как человеческий фактор, оставалась, поэтому негласное притеснение Семикина И.Д. со стороны наркомчермета продолжалось. Например, ему отказывали в публикации статей в научно-производственных журналах наркомчермета на основании отсутствия интереса к темам статей, пока в 1952 г. он нашёл выход, «пригрозив» редакции журнала «Сталь» отослать статью в соответствующий журнал какой-либо социалистической страны, раз она не представляет интереса для «Стали». Речь шла о знаковой работе «Нагревание шихты в процессе завалки в мартеновской печи». Статья была напечатана в двухнедельный срок. В этой статье впервые в мировой литературе был теоретически рассмотрен режим работы печей при постоянной общей тепловой мощности, наиболее распространённый на практике, и дана схема расчёта этого режима. Кроме того, в ней содержался ряд новых моделей и решений, которые широко используются теплотехниками в практике расчётов и теоретического анализа, например аналитическое выражение для коэффициента массивности и др.

Снижение накала борьбы школ имело положительное значение – Иосиф Данилович мог отдавать большую часть времени науке и ученикам, к тому же в 1953 г. Тевосян И.Г. был переведен с поста министра чёрной металлургии на дипломатическую работу, а создание совнархозов вообще сняло давление МЧМ СССР.

В этот период проф. Семикин И.Д. дал ряд новых решений задач теории и практики печной теплотехники, не решённых до него в мировой литературе, причём решение их целенаправленно проводилось на базе энергетической теории печей.

Так им впервые в мировой литературе был дан анализ тепловых процессов при продувке жидкого металла воздухом и кислородом и основы методики расчета этого процесса (1953 г.) [14], причём до сих пор это решение наиболее изящное и простое из известных. В 1955 г. он создал плодотворную инженерную модель турбулентного факела [15], которую использовали для построения более сложных моделей другие известные исследователи (Аверин С.И., Казанцев Е.И., Королёв А.И. и др.), в 1954 – 56 гг. совместно с Гольдфарбом Э.М. дал теоретические решения и методики расчета регенераторов, причём для доменных кауперов (регенераторы с большими периодами переключения) впервые в мировой литературе [16]; эта последняя методика была единственной в практике расчётов и анализа работы воздухонагревателей вплоть до середины 60-х годов XX ст. и сейчас ей чаще всего отдают предпочтение; в 1953 – 54 гг. совместно с учениками разработал конструкцию шлакоустойчивого регенератора с форстеритовой решёткой. Когда в металлургию пришёл большой природный газ, он вместе с учениками (Аверин С.И., Свинолов Н.П., Радченко И.И.) разрабатывает рациональные способы использования природного газа в металлургических печах [17].

Мобилизует коллектив родной кафедры (1955 – 57 гг.) написание книги «Расчёты нагревательных печей» (изд. 1958 г.), которая была длительное время единственным в СССР практическим пособием по расчётам металлургических печей, так как содержала большой теоретический раздел по всем главным составляющим тепловой работы любых печей на основе их энергетики. Эта книга была и остаётся явлением в мировой литературе. В

этой книге И.Д. Семикин сам написал более половины всего материала и оказал идейное влияние на содержание разделов, написанных другими авторами.

В начале 60-х годов XX ст. и до ухода из жизни он отдавал много времени и сил созданию и внедрению в жизнь предложенной им прямоточной сталеплавильной печи-конвертера с подогревом воздуха в кауперах, объединявшей в себе достоинства мартеновской печи и конвертера [18, 19].

Министерством чёрной металлургии УССР было принято решение о строительстве такой печи в мартеновском цехе № 2 ДМК им. Дзержинского, УкрГипрометом был выполнен рабочий проект этой печи, а Белгородский котельный завод выполнил проект высокотемпературного котла для неё, однако МЧМ СССР в лице зам. министра Борисова запретило строительство такой печи под выдуманными предлогами. Теперь можно только сожалеть о том, что такой перспективный агрегат, предложенный всеми сталеплавильщиками СССР, как говорил И.Д. Семикин, остался на бумаге.

В 60-е – 70 гг. проф. Семикин вместе с учениками (Румянцев В.Д., Аверин С.И. и др.) предложил целый класс печей для подготовки лома чёрных металлов перед использованием в плавильных агрегатах. Некоторые из этих конструкций успешно работают в производстве.

В 1964 г. вместе с учениками И.Д. Семикин так написал прекрасный учебник по сжиганию и использованию топлива (изд. 1965 г.), что он не устаревает со временем [20].

Приведенный перечень основных достижений проф. И.Д. Семикина только за послевоенные годы составил бы честь любому учёному, а комплекс всего, что сделано им в течение жизни, безусловно, ставит его в ряд великих людей современности, как бы о нём ни судили неграмотные люди и недоброжелатели.

Теперь, когда прошло немало лет с тех пор как отшумели «печные» споры и борьба, когда ушли из жизни главные действующие лица этой борьбы, когда их действительные позиции и побуждающие мотивы видны из документов тех лет, можно обоснованно сказать: проф. Семикин И.Д. – единственный основатель энергетической теории печей, которая нигде не ошибалась в описании их тепловой работы.

В последние годы жизни Иосиф Данилович уделял много времени внедрению концепций энергетической теории печей при описании тепловой работы доменных печей, где проводниками его идей стали Бородулин А.В., Сламчинская Т.И., Семикин Е.И.

Характеристика деятельности Иосифа Даниловича Семикина будет очень неполной, если не сказать, как много времени он отдавал учебному процессу как декан, создавая оригинальные учебные планы, стремясь поднять уровень образования металлургов до высот университетского теоретического мышления. Например, автор этих строк в 1958 – 60 годах XX ст. изучал математику 6 семестров, прослушав, в дополнение к обычному курсу, теорию функций комплексного переменного, преобразование Лапласа и операционное исчисление, уравнения матфизики. Семикина можно было видеть на кафедре весь день (это не преувеличение) до 9 – 10 часов вечера и всегда за работой, консультациями и спорами. Особенно из посетителей он любил производителей. Несмотря на занятость, Иосиф Данилович находил время для размышлений над общими проблемами жизни, причём предлагал очень оригинальные и практичные способы их решения. К столетию со дня его рождения была опубликована его работа «Материя и её основные свойства», ожидают публикации другие, например «О критике и самокритике».

С течением времени становится всё меньше людей, лично знавших Иосифа Даниловича Семикина, поэтому необходимо со-

бирать воспоминания о нём – бескомпромиссном и великом труженнике науки, скромном и человечном.

Литература

1. Семикин И.Д. Форма ванны мартеновский печей // Уральский техник. – 1926. – № 1. – С. 45 – 68.
2. Семикин И.Д. Тепловая работа мартеновских печей // Metallurg. – 1930. – № 4 – 5. – С. 581 – 616.
3. Глинков М.А. Ответ инж. Семикину И.Д. // Уральская металлургия. – 1934. – № 4 – 5. – С. 24 – 26.
4. Семикин И.Д. К вопросу о расчёте мартеновских печей // Уральская металлургия. – 1932. – № 4 – 5. – С. 21 – 24.
5. Семикин И.Д. По вопросу о расчёте мартеновских печей (ответ доц. Глинкову М.А.) // Уральская металлургия. – 1935. – № 2. – С. 27 – 30.
6. Доброхотов Н.Н. Критика гидравлической теории печей // Уральский техник. – 1927. – № 11 – 12. – С. 3 – 21.
7. Перимов А.А. Продолжение дела (Главы из готовящейся к выходу в Москве книги об институте Стальпроект) // Вестник УрОРАН. – № 4 (6)/2003. – С. 102 – 110.
8. Семикин И.Д. Теоретические основы расчёта нагревательных печей и колодцев // Сталь. – 1937. – № 12. – С. 29 – 42.
9. Линчевский В.П. О применении основного уравнения теплопроводности в расчетах нагревательных печей и колодцев // Metallurg. – 1938. – № 9. – С. 67 – 81.
10. Семикин И.Д. О расчёте процесса нагрева слитков // Сталь. – 1939. – № 4 – 5. – С. 36 – 42.
11. Семикин И.Д., Шабли М.Д. Тепловая работа отражательных печей // Цветные металлы. – 1939. – № 3. – С. 71 – 85.
12. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.

13. Носов Г. Выводы из практики работы Кузнецких и Магнитогорских печей // Чёрная металлургия. – № 16 (5767). – 6.02.1941 г.

14. Семикин И.Д. Анализ тепловых процессов при продувке металла воздухом и кислородом // Научные труды Днепропетровского металлургического института. – Вып. XXX. Производство стали. – Харьков – М.: Металлургиздат, 1953. – С. 11 – 25.

15. Семикин И.Д. Закономерности факельного процесса сжигания газа // Научные труды Днепропетровского металлургического института. – Вып. XXXIII. ДТВУ. – Киев, 1955. – С. 83 – 103.

16. Семикин И.Д., Гольдфарб Э.М. Регенерация тепла в доменных воздухонагревателях // Сталь. – 1954. – № 9. – С. 789 – 796.

17. Использование природного газа в металлургических печах // Научно-технический сборник по газовой технике. – Вып. № 1. – М.: ГОСИНТИ, 1960. – 77 с.

18. Семикин И.Д. Конструкция и работа мартеновских печей на природном газе // Сб. Применение высококалорийного газа в мартеновском производстве. Материалы н/т конференции по реконструкции мартеновских печей, технологии плавки при работе на холодном высококалорийном газе. 1962. Донецк. – М.: Металлургия, 1964. – С. 156 – 170.

19. Семикин И.Д. Новая конструкция прямоточной сталеплавильной печи с нагревом воздуха в кауперах // Вопросы рационального использования топливно-энергетических ресурсов. (Донецко-Приднепровский экономический район). – К.: Наукова думка, 1964. – С. 179 – 184.

20. Семикин И.Д., Аверин С.И., Радченко И.И. Топливо и топливное хозяйство металлургических заводов. – М.: Металлургия, 1965. – 392 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Губинский В.И.</i> Слово редактора.	5
<i>Семикин И.Д.</i> Общие основы тепловой работы печей. . .	11
<i>И.Д.С.</i> О критике и самокритике.	36
<i>Семикин И.Д.</i> Материя и ее основные свойства.	44
<i>Абраменков Ю.Я.</i> Семикин И.Д. – основатель энергетической теории печей.	68
.	

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**110 РОКІВ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ
ЙОСИПА ДАНИЛОВИЧА СЕМИКІНА**

Збірник статей

Російською мовою

Під редакцією В.Й. Губинського

Здано на складання 2.07.08. Підписано до друку 30.07.08.

Формат 84x108/32 Папір офсетний.

Умовн. друк. арк. 5,2. Тираж 300 прим. Зам. № .

Видавництво і друкарня «Нова ідеологія».

49044, м. Дніпропетровськ, вул. Гоголя, 15-а.

Свідоцтво ДК № 191 від 20.09.2000 р.

110 років від дня народження Йосипа Даниловича Семикіна: Збірник статей / Під ред. В.Й. Губинського. – Дніпропетровськ: «Нова ідеологія», 2008. – 84 с.

ISBN 978-966-8050-51-0

До збірника увійшли роботи професора Йосипа Даниловича Семикіна, які не було опубліковано при житті автора: «Загальні основи теплової роботи печей», «Про критику й самокритику», «Матерія і її основні властивості», а також стаття одного з його учнів професора Абраменкова Ю.Я. «Семикін Й.Д. – засновник енергетичної теорії печей», що містить реферативну інформацію про найбільш важливі роботи Йосипа Даниловича.

Матеріали збірника розраховані на широке коло читачів і будуть корисні фахівцям в області теплотехніки й енергетики, молодим вченим, студентам енергетичних і металургійних спеціальностей.

УДК 669+620.9

ББК 31.3-391