

$$\tilde{V}_{r2}^{\tau} = [\dot{V}_{r2}^{\tau} < V_{PT}^{\max}] \cdot [\dot{V}_{r2}^{\tau}] : [V_{PT}^{\max}].$$

Требуемый расход сетевой воды $\dot{V}_{r2}^{\tau}$ в подогреватель ГВС верхней ступени является функцией расхода сетевой воды на систему отопления. В случае автоматического поддержания температуры воды на нужды ГВС при известном $\tilde{V}_o$ можно найти $\dot{V}_{r2}^{\tau}$ методом последовательных приближений при условии сохранения расчетного значения t_1 по методикам, представленным в [5] или [6].

Уравнения типа (2) принимают вид

$$\sum V_{j-1} \mp (\tilde{V}_o + \tilde{V}_{r2}^{\tau}) = 0.$$

При наличии РПД на абонентском вводе уравнения типа (2) для данной схемы останутся неизменными, а уравнения типа (1) примут вид

$$\sum_c S_{i-1} V_{i-1} |V_{i-1}| \pm \pm [S_o \tilde{V}_o^2 + S_{РПД} (\tilde{V}_o + \tilde{V}_{r2}^{\tau})^2] - \sum_c H_i = 0.$$

Сопротивление РПД в данном случае может быть определено как

$$S_{РПД} = [\dot{S}_{AB} > (S_{РПД}^{\min} + S_o + S_{r1})] \cdot [S_{РПД}^{\min}] : [\dot{S}_{AB} - (S_o + S_{r1})].$$

Зная расходы сетевой воды, можно определить температуру обратной сетевой воды:

$$\tau_2 = \frac{(\tau_{2ГВС} \cdot \tilde{V}_r^{\tau} + \tau_{02} \cdot \tilde{V}_o) - Q_{ГВС}}{\tilde{V}_r^{\tau} + \tilde{V}_o},$$

где $\tau_{2ГВС}$ — температура сетевой воды после верхней ступени ГВС, °C; $Q_{ГВС}$ — тепловая нагрузка нижней ступени подогревателя ГВС.

Разработка моделей функционирования потребителей тепловой энергии, оборудованных сложными САР, проводилась в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батухтин, А.Г. Методы повышения эффективности функционирования современных систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии [Текст] / А.Г. Батухтин, М.С. Басс, С.Г. Батухтин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.— 2009. № 2.— С. 199–202.
2. Батухтин, А.Г. Применение оптимизационных моделей функционирования систем теплоснабжения для снижения себестоимости тепловой энергии и увеличения располагаемой мощности станции [Текст] / А.Г. Батухтин, В.В. Маккавеев // Промышленная энергетика. 2010. № 2.— С. 7–8.
3. Батухтин, А.Г. Влияние протяженности тепловых сетей на режимы отпуска теплоты от ТЭЦ с учетом функционирования потребителей [Текст] / А.Г. Батухтин, О.Е. Куприянов // Промышленная энергетика.— 2005. № 5.— С. 39–41.
4. Иванов, С.А. Методика расчета параметров потребителя при качественно-количественном регулировании в открытых системах централизованного теплоснабжения [Текст] / С.А. Иванов, А.Г. Батухтин, В.В. Маккавеев // Промышленная энергетика.— 2008. № 4.— С. 32–34.
5. Маккавеев, В.В. Математическая модель ряда абонентских вводов закрытых систем теплоснабжения [Текст] / В.В. Маккавеев, А.Г. Батухтин // Научно-технические ведомости СПбГТУ.— 2009. № 3.— С. 200–207.
6. Батухтин, А.Г. Оптимизация отпуска теплоты от ТЭЦ на основе математического моделирования с учетом функционирования различных типов потребителей [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.Г. Батухтин / ВСГТ.— Улан-Удэ, 2005.— 16 с.

УДК 523.4

В.Ф. Космач

СПИН ЗЕМЛИ

В конце XIX века немецкий археолог Генрих Шлиман произвел раскопки в Греции и Малой Азии с целью открыть памятники материальной культуры эпохи Гомера. Раскопки Г. Шлимана,

хотя и не имели строгого научного характера и достаточно убедительных оснований [1], тем не менее дали огромный материал по истории древней Трои, Микен и острова Крит [2].



Последуем примеру Г. Шлимана и выполним анализ мифа австралийцев «Великая тряска и большая вода» [3], который изложим дословно:

«В те далекие времена, когда люди еще не жили племенами, пришли на землю великая тряска и большая вода. Задул самый сильный из ветров, пошел дым и полетела пыль с гор. Так было много дней и ночей и еще много дней и ночей.

А потом вдруг все затихло. Не было больше ветра, но пропал воздух. Стало очень трудно дышать, и умерло много людей.

Вдруг опять задул ветер, загредел гром, затряслась земля, и покатались по суше большие волны воды.

Остались живы только те люди, которые забрались высоко на утесы.

Ушла большая вода, и по земле запрыгали рыбы, такие, каких еще никто никогда не видел.

Спустились люди с высоких утесов и удивились.

Там, где были холмы, стали долины, а на месте прежних долин выросли холмы.

Солнце тоже начало делать все наоборот: раньше оно приходило с севера и уходило на юг, а после великой тряски и большой воды стало приходиться с востока и уходить на запад».

Из текста мифа следует:

1. Миф дошел до наших дней в результате передачи его содержания из поколения в поколение в течение тысяч лет, так как фразу «когда люди еще не жили племенами» не мог сказать очевидец событий, поскольку, естественно, не знал грядущую последовательность развития человеческого общества, в течение которой прошли тысячи лет от начала первобытнообщинного строя до образования племен.

2. Тот факт, что миф дошел до наших дней, говорит о грандиозности произошедшего события, имевшего планетарный (даже «Солнце тоже стало делать все наоборот...») масштаб. Последнее позволяет обоснованно связать события в Австралии с началом ледникового периода в северном полушарии Земли, который завершил эпоху плейстоцена в кайнозойской эре согласно абсолютной шкале геологического летоисчисления Земли [4]. Ледниковый период приблизительно 10000 лет назад стал началом новейшей эпохи кайнозойской эры, в которой человечество живет и в настоящее время.

Ледниковые периоды происходили неоднократно, например в кембрийской и пермской эпохах палеозойской эры [5].

3. Обращает на себя внимание скоротечность события, которое произошло в течение всего «многих дней и ночей». Последнее позволяет сделать обоснованный вывод, что событие произошло практически мгновенно, так как временной масштаб эволюционного развития геологической истории Земли составляет миллионы лет [4]. Такая «мгновенность» может быть связана с квантовой пространственной переориентацией спина нашей планеты, в результате которой до переориентации Солнце «приходило с севера и уходило на юг», а после «стало приходиться с востока и уходить на запад».

Для квантово-механических расчетов вероятности подобной переориентации необходимо найти спин Земли, который обозначим как S , и в дальнейшем будем строго следовать терминологии и результатам работы [6]. В настоящей работе собственные значения квадрата спина принимались равными $\bar{S}^2 = S(S+1)$, где S может быть либо целым числом (включая значение нуля), либо полуцелым. При заданном S компонента S_z может пробегать значения $S, S-1, \dots, -S$ — всего $2S+1$ значений, каждому из которых присвоим индекс i , равный соответственно $1, 2, \dots, 2S+1$. Будем полагать, что вектор $\vec{Z}$ проходит через центр Земли и совпадает по направлению с моментом ее орбитального движения ($\vec{L}$); направление вектора $\vec{Z}$ может быть обозначено физически значимым образом аксиальным вектором $\vec{L}$.

Величина $S_{zi}/(S(S+1))^{1/2}$ по своему физическому смыслу является косинусом квантового угла θ_i между векторами $\vec{S}$ и $\vec{Z}$ (см. табл.). Согласно астрономическим наблюдениям этот угол в настоящее время равен $\theta = 23^\circ 26' 38''$ [7].

Поиск спина Земли на основании соотношения $\cos \theta = S_{zi}/(S(S+1))^{1/2}$ не является, строго говоря, однозначным. Однако по условию наилучшего совпадения теоретических значений ($\cos \theta_i$) с экспериментальным ($\cos \theta$) удалось установить, что в случае $S=54$ и $i=5$ ошибка совпадения — минимальная среди всех $S \leq 100$: $\cos \theta / \cos \theta_5 = 0,99998$ и $\theta / \theta_5 = 1,00012$. Этот минимум выражен четко, так как для углов θ_i ($i=4,6$) отношения $\cos \theta / \cos \theta_i$ и θ / θ_i равны соответственно 0,98 и 1,14; 1,02 и 0,90 (см. табл.).

Возможные квантовые значения величин S_{zi} и θ_i для Земли в случае $S = 54$.
Современному направлению вектора спина Земли соответствует $i = 5$

i	S_{zi}	$\cos\theta_i$	i	S_{zi}	$\cos\theta_i$	i	S_{zi}	$\cos\theta_i$
1	54	0,9908673	38	17	0,3119395	75	-20	-0,3669878
2	53	0,9725179	39	16	0,2935901	76	-21	-0,3853372
3	52	0,9541685	40	15	0,2752408	77	-22	-0,4036866
4	51	0,9358191	41	14	0,2568914	78	-23	-0,4220360
5	50	0,9174697	42	13	0,2385420	79	-24	-0,4403853
6	49	0,8991204	43	12	0,2201926	80	-25	-0,4587348
7	48	0,8807709	44	11	0,2018432	81	-26	-0,4770842
8	47	0,8624215	45	10	0,1834938	82	-27	-0,4954336
9	46	0,8440722	46	9	0,1651444	83	-28	-0,5137830
10	45	0,8257227	47	8	0,1467950	84	-29	-0,5321324
11	44	0,8073733	48	7	0,1284457	85	-30	-0,5504818
12	43	0,7890240	49	6	0,1100963	86	-31	-0,5688312
13	42	0,7706745	50	5	0,0917469	87	-32	-0,5871806
14	41	0,7523251	51	4	0,0733975	88	-33	-0,6055300
15	40	0,7339758	52	3	0,0550481	89	-34	-0,6238793
16	39	0,7156264	53	2	0,0366987	90	-35	-0,6422288
17	38	0,6972769	54	1	0,0183493	91	-36	-0,6605782
18	37	0,6789276	55	0	0,0000000	92	-37	-0,6789276
19	36	0,6605782	56	-1	-0,0183493	93	-38	-0,6972769
20	35	0,6422288	57	-2	-0,0366987	94	-39	-0,7156264
21	34	0,6238793	58	-3	-0,0550481	95	-40	-0,7339758
22	33	0,6055300	59	-4	-0,0733975	96	-41	-0,7523251
23	32	0,5871806	60	-5	-0,0917469	97	-42	-0,7706745
24	31	0,5688312	61	-6	-0,1100963	98	-43	-0,7890240
25	30	0,5504818	62	-7	-0,1284457	99	-44	-0,8073733
26	29	0,5321324	63	-8	-0,1467950	100	-45	-0,8257227
27	28	0,5137830	64	-9	-0,1651444	101	-46	-0,8440722
28	27	0,4954336	65	-10	-0,1834938	102	-47	-0,8624215
29	26	0,4770842	66	-11	-0,2018432	103	-48	-0,8807709
30	25	0,4587348	67	-12	-0,2201926	104	-49	-0,8991204
31	24	0,4403853	68	-13	-0,2385420	105	-50	-0,9174697
32	23	0,4220360	69	-14	-0,2568914	106	-51	-0,9358191
33	22	0,4036866	70	-15	-0,2752408	107	-52	-0,9541685
34	21	0,3853372	71	-16	-0,2935901	108	-53	-0,9725179
35	20	0,3669878	72	-17	-0,3119395	109	-54	-0,9908673
36	19	0,3486384	73	-18	-0,3302891			
37	18	0,3302891	74	-19	-0,3486384			



Необходимо отметить, что для каждого из значений $S = 54 + 109k$ ($k = 1, 2, \dots, 10$) и $S_{zi} = S - i$, где $i = 4 + 9k$, достигается практически такая же точность совпадений $\cos \theta_i$ и $\cos \theta$, θ_i и θ , как и в случае $S = 54$ и $i = 5$. Найденная закономерность означает, что $S = 54$ является базовым значением, так как в случае $S = 54$ величина $2S + 1 = 109$ и, следовательно, все $S = 54 + 109k$ — это лишь периодические повторения базового $S = 54$ с изменением начального значения S_{zi} ($i = 1$) на величину периода, равную 109.

На основании принципа наименьшего действия — фундаментального в физике элементарных частиц [8] — в настоящей работе был сделан выбор $S = 54$.

Полученный результат позволяет сделать следующие обоснованные выводы: во-первых, микрочастицы [9], из которых образовались планеты Солнечной системы, имели, вероятно, целочисленное значение спина и были поляризованы в результате спин-орбитального взаимодействия при движении в гравитационном потенциале Солнца; во-вторых, в настоящей работе впервые найдено значение спина Земли на основе нерелятивистской квантовой механики [6] и физики элементарных частиц [8]. Поляризация микрочастиц означает, что к тем величинам, которые определили начальные условия образования планет и вошли в квантовую память планет [9], следует добавить еще одну компоненту этой памяти — поляризацию микрочастиц.

Именно эффект квантовой памяти поляризации микрочастиц служит физической основой возникновения спина Земли.

Рассмотрим этот, пока непривычный, эффект подробнее.

Из равенства гравитационных ($|\vec{F}_g|$) и центростремительных ($|\vec{F}_c|$) сил легко найти радиус r круговой гелиоцентрической орбиты движения микрочастиц с орбитальной скоростью (V):

$$mm_0 \frac{G}{r^2} = m \frac{V^2}{r}, \quad (1)$$

где m , m_0 — массы соответственно микрочастицы [9] и Солнца; G — гравитационная постоянная.

Соотношение (1) не зависит от m и, следовательно, планета с массой m_j (j — индекс планеты) будет двигаться по той же орбите и с той же

скоростью, что и микрочастицы, из которых планета образовалась. Для микрочастиц радиус $r(n, l)$ является функцией главного (n) и орбитального (l) квантовых чисел [6]:

$$r(n, l) = A \frac{1}{2} [3n^2 - l(l+1)]. \quad (2)$$

Из равенства $r(n, l) = r(n_j, l_j)$ следует, что у планеты j и микрочастиц, вошедших в состав этой планеты, начальные главное и орбитальное квантовые числа будут одинаковы.

Из вышесказанного следует, что эффект квантовой памяти планет является эффектом запоминания начальных условий образования планет на стадии раздробленности планет на микрочастицы. На этой стадии каждая микрочастица была окружена себе подобными сферическисимметричным образом и, следовательно, орбиты движения микрочастиц были следствием взаимодействия двух тел (микрочастица — Солнце) [9].

В результате возникает и в дальнейшем постоянно действует «конфликт» между начальными (парными) условиями образования планет и последующими условиями их эволюции как участников системы многих тел. Этот «конфликт» приводит к возникновению значительных дополнительных сил между планетами, которые деструктивно влияют как на Солнечную систему планет в целом, так и на каждую планету в частности.

Автор не видит никаких противоречий в названии работы «Спин Земли». В работе [6] указывается, что спин присущ не только элементарным частицам, но и составной частице «ведущей себя в том или ином рассматриваемом круге явлений как элементарная (например, атомное ядро)». На атомное ядро как на квантовую составную частицу прямо указывают и результаты работы [11]. Тяжелое атомное ядро состоит примерно из 250 нуклонов, взаимодействующих между собой путем обмена виртуальными пионами. Каждый из нуклонов и пионов состоит из трех кварков и кварк-антикварковой пары соответственно. Кварки взаимодействуют между собой посредством обмена глюонами. В результате даже такого упрощенного рассмотрения можно сделать вывод, что атомное ядро представляет собой настолько сложную квантовую составную частицу, по сравнению с которой внут-

реннее устройство Земли (ядро, мантия, кора) и внешняя составная часть Земли — Луна — кажутся, на первый взгляд, элементарно простыми. Для атомных ядер существование подобных внешних составных частей в виде нуклонов, не вошедших, например, в дважды магический остов ядра, — общепризнанное и экспериментально подтвержденное явление.

В ядерной физике спин ядра тождественен полному моменту составной квантовой частицы, который есть сумма спинов и орбитальных моментов нуклонов, входящих в состав ядра, с учетом коллективных степеней свободы ядра — его вращения как квантового ротатора и квантовых колебаний его поверхности [6, 11].

Земля (подобно атомному ядру) тоже по сути составная частица, причем, во-первых, она уже в момент рождения обладала квантовыми характеристиками благодаря эффекту квантовой памяти [9] и, во-вторых, спин Земли следует трактовать как ее полный момент, обладающий всеми свойствами квантово-механических моментов. Сравнительно большие размеры, масса, спин, радиус орбиты планеты — не принципиально значимые обстоятельства, а лишь следствие того, что гравитационное взаимодействие относится к наиболее слабым среди других фундаментальных взаимодействий. Таким образом, результаты настоящей работы и работы [9] просто расширили понятие квантовой составной частицы до планетарных масштабов в случае гравитационного взаимодействия, не нарушив при этом принципов построения квантовой механики [6].

В общем случае на Земле возможны квантовые процессы, вынужденные действием как сил «конфликта», так и другими значимыми процессами гравитационного характера. Рассмотрим их.

1. Квантовый переход Земли с одного уровня, связанного с ее орбитальным движением, на другой подобный уровень. Оператором возмущения такого перехода может служить вышеупомянутый «конфликт», под действием которого орбита Земли в настоящее время стала эллиптической с пока еще небольшим эксцентриситетом (0,017) [10].

Возможно, что подобный квантовый переход уже произошел в истории Земли приблизительно 550 миллионов лет назад в начале палеозойской эры. В начале этой эры началось быстрое расселение по Земле организмов с твердым скелетом, не встречавшихся в предыдущие эпохи [7]. По-

добная вспышка жизни возможна при быстром увеличении количества солнечной энергии, поступающей на Землю. Следовательно, возможно, произошел квантовый переход Земли на современную орбиту ($r(2,0)=1$ а.е.) с более удаленной от Солнца орбиты (например, $r(3,0)=2,26$ а.е. [9]). Следует отметить, что подобные квантовые переходы — настолько маловероятные события, что их можно пока не рассматривать среди других событий планетарного масштаба, которые могут произойти в течение ближайших десяти (ста) тысяч лет. Таковыми событиями могут быть переходы между компонентами мультиплетного уровня, возникающими в результате спин-орбитального взаимодействия рассель-саундеровского типа, спин-спинового взаимодействия и « jj связи» [6], а также в других случаях, о чем будет речь далее.

2. Земля является квантовым ротатором вследствие неравномерного распределения вещества с разной плотностью и массой внутри нее и на поверхности мантии, а также наличия внешней составной части — Луны.

Эту неравномерность определяют в основном две причины:

плотность вещества в центре Земли приблизительно равна $12,2 \text{ г/см}^3$, а ядро Земли отделено на глубине 2900 км от лежащих выше слоев резким (около 4 г/см^3) скачком плотности [4, 10]. Магнитное поле Земли — результат динамо-эффекта, в основе которого лежит процесс самовозбуждения поля вследствие конвективных движений проводящего жидкого вещества в ее ядре [12]. Линия, соединяющая магнитные полюса, наклонена относительно географической оси на $11,5^\circ$ и смещена от центра Земли на 1150 км в сторону Тихого океана [4]. Такое смещение симметризируют все континенты (кроме Австралии), расположенные на противоположной смещению поверхности Земли;

кора континентов в 3–10 раз толще коры океанов. Толщина коры континентов различна: на платформах она равна 30–40 км, а в зонах высоких гор Памира и Гималаев достигает 70–80 км. Кора океанов по сравнению с корой континентов — тонкая, ее толщина не превышает 4–8 км. Кора континентов и океанов как бы плавает в более тяжелой мантии, при этом под континентами поверхность мантии имеет впадины, а под океанами — огромные выступы [4, 10].



В первом приближении Землю можно рассматривать как квантовый волчок (ротатор) в виде сплюснутого эллипсоида вращения [10]. Это позволяет сделать предварительное заключение, что глобальные изменения на Земле возможны в результате:

динамо-эффекта, который приводит к возможности самообращения магнитной оси, т. е. изменению полюсов магнитного поля Земли [12];

квантовых переходов с одного уровня на другой собственных значений энергии, например симметрического ротатора [6], что приведет к пространственной переориентации полного момента ротатора (спина квантовой составной частицы — Земли). В процессе анализа такой переориентации необходимо учитывать, что она может вызвать изменение полюсов магнитного поля Земли, но с запаздыванием, которое по грубым оценкам составляет 10–15 тысяч лет. Возможно и обратное: изменение полюсов магнитного поля Земли под действием динамо-эффекта вызовет со временем пространственную переориентацию спина нашей планеты.

3. Квантовые колебания поверхности ядра, мантии Земли и ее коры, плавающей на поверхности мантии. По отношению к длительно действующим силам (например, силы Солнца, «конфликта», ротатора) Земля ведет себя как жидкое тело, а по отношению к кратковременным воздействиям земной шар является вязкоупругим телом с периодом релаксации $\tau \approx 10^{10}$ с [4, 10].

Квантовые колебания и вращение Земли приводят к «своеобразному взаимодействию между ними» [6], которое может быть причиной возбуждения на уровне с большей энергией квантовых колебаний ядра, мантии и коры Земли. Это может вызвать длительное потепление климата нашей планеты, если такое возбуждение не при-

ведет к значительной активизации вулканических процессов. В настоящее время дестабилизация климата уже наблюдается на Земле, ее последствия имеют неожиданный характер и приносят большой урон экономике различных стран. Колебания коры постоянно наблюдаются в виде землетрясений разной интенсивности, измеряемой в баллах от одного до двенадцати [10], которые классифицируют землетрясения соответственно от «незаметного» до «сильной катастрофы». Такая катастрофа носит относительно локальный характер, и поэтому человечество помнит такие катастрофы максимум несколько десятков лет. Если произойдут квантовые переходы, указанные в пунктах 1, 2 и 3, со значительным изменением $S_z (\geq 10)$, тогда планетарный масштаб события человечество будет помнить тысячи лет [3], так как после таких квантовых переходов только период релаксации земного шара составляет около 300 лет [4, 10].

4. Квантовые прецессия и нутация оси вращения Земли также могут быть причиной периодических изменений климата.

В заключение необходимо отметить, что результаты настоящей работы и работы [9] достаточны для квантово-механического анализа геологической истории Земли и предсказаний на его основе путей дальнейшего развития человечества на нашей планете.

Автор выражает большую благодарность заведующему кафедрой «Экспериментальная ядерная физика» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета доктору физ.-мат. наук профессору Я.А. Бердникову за объективное отношение к настоящей работе и конструктивные замечания.

Статья поступила в редакцию 17.01.2011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кун, Н.А. Легенды и мифы древней Греции [Текст] / Н.А. Кун. — М.: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1957. — 463 с.
2. Энциклопедический словарь. Том 3 [Текст] / Под ред. Б.А. Введенского. — М.: Государственное научное издательство «Большая советская энциклопедия», 1955. — 744 с.
3. Сказки народов мира [Текст]: Переводы. — М.: Правда, 1987. — 640 с.
4. Таблицы физических величин [Текст]: Справочник / Под ред. академика И.К. Кикоина. — М.: Атомиздат, 1976. — 1006 с.
5. Энциклопедический словарь. Том 2 [Текст] / Под ред. Б.А. Введенского. — М.: Государственное научное издательство «Большая советская энциклопедия», 1955. — 719 с.
6. Ландау, Л.Д. Квантовая механика. Нерелятивистская теория [Текст] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. — М.: Физматгиз, 1963. — 704 с.

7. Советский энциклопедический справочник [Текст] / Под ред. А.М. Прохорова.— М.: Советская энциклопедия, 1989.— 1632 с.

8. Окунь, Л.Б. Физика элементарных частиц [Текст] / Л.Б. Окунь.— М.: Наука, 1988.— 272 с.

9. Космач, В.Ф. Квантовость орбит планет Солнечной системы [Текст] / В.Ф. Космач // Научно-технические ведомости СПбГПУ.— 2010. № 4.— С. 341—345.

10. Бабичев, А.П. Физические величины [Текст]:

Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский [и др.].— М.: Энергоатомиздат, 1991.— 1232 с.

11. Ландау, Л.Д. Лекции по теории атомного ядра [Текст] / Л.Д. Ландау, Я.А. Смородинский.— М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955.— 140 с.

12. Физический энциклопедический словарь [Текст] / Под ред. А.М. Прохорова.— М.: Советская энциклопедия, 1984.— 944 с.

УДК 620.178.746.22; 669.001.5

*Н.Г. Колбасников, О.Г. Зотов, А.А. Лукьянов,
Д.Ф. Соколов, Р.Р. Адигамо*

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ

Постановка задачи. Предыдущие публикации авторов по исследованию зависимостей ударной вязкости [1—3] были направлены на поиски взаимосвязей этой характеристики с параметрами структуры и механическими свойствами металлов. Однако общеизвестно, что кроме исследованных факторов (содержание второй фазы, прочность второй фазы, полосчатость, температура испытания) на ударную вязкость оказывают влияние и другие характеристики — химический состав, механические свойства, размер зерна. Для создания математической модели ударной вязкости выполним анализ влияния предела текучести, размера зерна и химического состава металла.

Влияние предела текучести

Влияние предела текучести на значение ударной вязкости может иметь несколько аспектов, в частности:

влияние через изменение соотношения фаз — увеличение содержания углерода и соответственно перлита — вызывает повышение предела текучести σ_T и приводит к изменению (снижению) ударной вязкости, что исследовано нами в [3];

влияние через изменение размера зерна второй фазы, которое мы рассмотрели в работе [3], где показали, что уменьшение размера зерна приводит к повышению ударной вязкости, осо-

бенно в случае ориентации зерна вдоль направления прокатки.

влияние предела текучести, обусловленное изменением степени легированности металла. Отметим, что изменение предела текучести при легировании может быть обусловлено как твердорастворным упрочнением (например, Si, Mn), так и за счет изменения морфологии карбидной (нитридной) фазы;

твердорастворное упрочнение за счет элементов, не участвующих в карбидо- и нитридообразовании, изменяют свойства основной фазы — феррита — и, как следствие, его реологическое уравнение в структурно-неоднородном теле;

упрочнение за счет дополнительного выделения карбидов и изменения морфологии цементита в перлите отражается на его механических свойствах — σ_T , σ_B , δ . Вклад в упрочнение за счет влияния карбидов (карбонитридов) ниобия и ванадия — основных микролегирующих элементов — можно рассчитать для горячекатаного металла при помощи компьютерных программ, например Hot Strip Mill Model (HSMM).

Влияние предела текучести на ударную вязкость однофазного однородного материала нами было учтено (см. [2]). По графику (рис. 1) видно, что с учетом изменения во время деформации коэффициента аппроксимации от β до β_1 зависи-