В. Короткин

ЧТО ЖЕ ВСЕ-ТАКИ ЭТО ТАКОЕ – ЗАДАЧА ГЕРЦА?

Не успел порадоваться букету комплиментов г-на Парубца в мой адрес, как появилась свежая весьма содержательная и предельно тактичная статья академика А.П.Попова «О бездоказательности…» [1], полная искреннего дружелюбия ко мне. Не ответить на неё было бы неблагодарностью с моей стороны. Поэтому прошу Редакцию разместить на сайте мое послание и обязательно **рядом** со статьей [1] акад. Попова.

Академика, похоже, настолько огорчает моё дремучее невежество, что он не удержался, нарушив собственное обещание [2] никогда больше не дискутировать со мной. Вот спорим мы с ним, спорим, оба заявляем о приверженности Герцу, а результаты и выводы у нас **противоположные.** Какая-то нестыковка получается. Придется мне опять немного «поаукать» (по меткому и интеллигентному выражению академика [2]). Итак…

1. Показанное акад. Поповым собственное решение [1] пространственной контактной задачи Герца о сжатии силой P тел, ограниченных поверхностями второго порядка с приведенными главными радиусами кривизны ρ_w и R (здесь и далее обозначения Попова), доставили мне истинное наслаждение. До таких простых и изящных решений еще никто не додумывался, даже гениальный Герц, не говоря уже о его последователях Н.М.Беляеве, А.И.Лурье, С.П.Тимошенко и прочих. Эти незадачливые горе-«упругисты» вот уже более ста лет морочат голову всему учёному миру, навязывая никому не нужные решения, отягощённые к тому же трудноперееносимыми эллиптическими интегралами (от которых академика, что вполне естественно, «бросает в пот» [1]), засоряя ими учебники и справочники. А вот акад. Попов совершил настоящий научный прорыв, получив простое и изящное решение. Недаром говорят, что всё гениальное – просто.

Должен, прежде всего, извиниться перед академиком. Из его прошлых материалов я не сразу понял (и потому незаслуженно критиковал), научную достоверность одного из основных полученных им соотношений:

$$\alpha = b_0 / b_k = \sqrt{\rho_w / R}, \tag{1}$$

где b_0, b_k - соответственно малая и большая полуоси контактного эллипса.

В споре с акад. Поповым я привел широко известную и принципиально отличную от (1) зависимость между коэффициентом α эллиптичности и отношением главных радиусов кривизны, выражаемую через полные эллиптические интегралы *K, F* [3]:

$$\rho_w / R = \frac{K - F}{F / \alpha^2 - K}. \tag{2}$$

Теперь я понимаю, что совершил непростительную ошибку, позаимствовав формулу (2) у А.И.Лурье [4, стр.321, ф-ла (6.5.6) и стр. 329-331] и ему подобных, которые по какому-то недоразумению полагают, что данная формула, вытекающая непосредственно из функций потенциала простого слоя, отражает решение пространственной контактной задачи Герца для поверхностей второго порядка с радиусами кривизны ρ_w и R. .

Но академик Попов меня вежливо поправил и, не опускаясь до анализа самой формулы (2) (зачем тратить драгоценное время?), справедливо ее заклеймил как эмпирическую, а затем доступно пояснил, что его соотношение (1) исходит из выведенной им функции контактных деформаций:

$$\left.\begin{aligned} W(x,y) &= \frac{b_0^2}{2\rho_w}\sqrt{1-\frac{x^2}{b_0^2}-\frac{y^2}{b_к^2}}\;; \\ W(x,y) &= \frac{b_к^2}{2R}\sqrt{1-\frac{x^2}{b_0^2}-\frac{y^2}{b_к^2}}\;. \end{aligned}\right\}, \tag{3}$$

на основании которой при $x = y = 0$ следует максимальная деформация $W_{\max}$, равная $b_0^2 / 2\rho_w$ либо $b_к^2 / 2R$ [1].

После этих пояснений мне очень захотелось самому попробовать вывести формулы академика (такая уж у меня вредная привычка), и я в меру своих скромных способностей попытался это сделать. Для этого я применил нетривиальный прием – вместо **общей задачи Герца** о сжатии тел, ограниченных поверхностями второго порядка с кривизнами $1/\rho_w$ и $1/R$**,** я стал решать **частную задачу** о сжатии силой P двух сфер (шаров) с кривизной $1/\rho_w$ и той же силой двух шаров с кривизной $1/R$.. Это дало мне блестящую возможность переписать из справочника (см., например, [5], стр. 392, табл. 1) готовое решение для радиусов r_1 и r_2 соответствующих контактных круговых площадок (при $E_1 = E_2 = E$, $\nu = 0.3$):

$$r_1 = 1.109\sqrt[3]{P\cdot\rho_w / E} \quad \text{и} \quad r_2 = 1.109\sqrt[3]{P\cdot R / E}\,. \tag{4}$$

Там же [5] я почерпнул известную формулу для сближения двух шаров:

$$W_{1\max} = 1.231\sqrt[3]{(P/E)^2/\rho_w} \quad \text{и} \quad W_{2\max} = 1.231\sqrt[3]{(P/E)^2/R}\,. \tag{5}$$

Выразив силу P из (4) и подставив в (5), я с чувством глубокого удовлетворения получил сближения в виде

$$W_{1\max} = r_1^2/\rho_w \quad \text{и} \quad W_{2\max} = r_2^2/R\,. \tag{6}$$

(Замечу, что в том же справочнике [5] скромно приютились все необходимые зависимости из задачи Герца, включая формулу (2), содержащие эллиптические интегралы. Но мы, пардон, отвлеклись).

Легко и весело продвигаясь дальше в своих исследованиях, я неожиданно запнулся, обнаружив, что радиусы r_1 и r_2 контактных кругов (4) каким-то непостижимым для меня образом академик превратил в полуоси b_0 и b_k контактного эллипса. Да, дружище (печально подумал я про себя), плохо же ты стал соображать! Но любопытство гнало вперед. После тяжелого многочасового раздумья меня вдруг осенило - видимо, подумал я, двумя кругами радиусов $r_1 = b_0$ и $r_2 = b_k$ академик смело **заменил** контактный эллипс с полуосями b_0, b_k так, чтобы малый круг оказался вписанным в этот эллипс, а больший – описанным около него. Великолепный и неведомый ранее ход, знаменующий настоящий прорыв в науке! **Из частных решений для сфер получилось, как следствие, общее решение для поверхностей второго порядка, соответствующее задаче Герца.** (А я-то, по своей наивности, привык думать, что, наоборот, из общего решения получают частные). Как, оказывается, всё просто (!), но никому из старых ортодоксальных «корифеев» такое даже в голову не пришло! (Не могу в связи с этим не порадоваться, что в нашей дискуссии участвуют теперь уже два специалиста, совершивших переворот в науке. Не всякая дискуссия может похвастаться подобным уровнем!).

С трудом переведя дух, я почувствовал, что вот-вот свершится главное, и предчувствие меня не обмануло. Акад. Попов записал равенство [1]

$$W_{1\max} = W_{2\max}, \tag{7}$$

из которого и вытекает изящное соотношение (1), получив которое он торжественно провозгласил: «что и требовалось доказать» [1], поставив победную точку.

Не буду стесняться своей необразованности (или скудоумия?) и скажу, что в этом месте я окончательно зашёл в тупик – ну никак не мог понять, каким образом при одной и той же силе P, но при разных радиусах ($\rho_w \neq R$), академику **удалось удовлетворить равенство (7),** учитывая, что контактные перемещения должны определяться по (5)? А может, подумал я, равенство (7) описывает одновременное сжатие одной и той же поверхности разными силами P_1 и P_2? Ах, да…совсем забыл про новый прием академика – **из частного решения (для сферы) получать общее решение (для поверхностей второго порядка, как у Герца), а не наоборот!** Тогда все выкладки и формулы из [1, 2] становятся понятными. Но не покидала предательская мысль - причем здесь Герц? Эх…век живи – век учись. Запутавшись, осталось утешить себя информацией [1] о скором выходе в свет основополагающей работы акад. Попова «Контактная прочность зубчатых механизмов», которую я буду с нетерпением ждать и в которой, уверен, будут разъяснены подобным мне неучам все вопросы. И уж тогда появится возможность всем прочнистам во всеоружии и дружно применять классическую (теперь это можно смело сказать) теорию академика Попова с большим эффектом (чуть не ляпнул «эффектом кривизны»). А как было бы здорово, если бы академик, отбросив присущую ему скромность, предложил свою новую книгу в качестве учебника по теории упругости для университетов взамен книжек таких никому не интересных фигур, как Н.М.Беляев, А.И.Лурье, С.П.Тимошенко и им подобных, не говоря уже о безнадёжно устаревшем Герце.

2. Немного о линии зацепления.

Каюсь, Павлова не читал. (Непросто в наше время достать ведомственное издание другой страны). Но духом не падал и по совету акад. Попова посмотрел Ф.Л.Литвина [6]. А ведь оплошал уважаемый Литвин – взял да и придумал несуществующую **линию зацепления в передачах Новикова** и, мало того, даже высосал из пальца её **уравнение** (см. [6], формула 71.15 на стр. 354).

Потом случайно заглянул в ГОСТ [7] и (о ужас!) там тоже обнаружил исчезнувшую линию зацепления (видно, не успели ее оттуда изъять). О самом М.Л.Новикове даже говорить не хочется – ну что, согласитесь, взять с человека, который за всю свою напрасно прожитую жизнь ничего путного не придумал, кроме сплошь неконкурентных передач, введя редукторный мир в заблуждение и преступно затормозив развитие редукторостроения, нанеся тем самым непоправимый урон не только своей Родине, но и, страшно подумать (!), всему миру. Теперь и ребенку ясно, что М.Л.Новиков нарушил главную заповедь, к соблюдению которой страстно призывал один из участников дискуссии С.Л. Иванов: «Раньше думай о Родине, а потом о себе!».

3.Акад. Попов предлагает присылаемые статьи отправлять на научное рецензирование. А кому, подумайте сами, это нужно? Ведь всякое, прости господи, недоразумение из-за этого может случиться. По-моему, академик при всей своей проницательности недостаточно продумал данное предложение. Вот я, например, по своей дремучести, выходил с таким предложением (Редакция не даст соврать) по поводу рецензирования статей Журавлёва, посвящённых одному из принципиальных вопросов нашей дискуссии - открытию им «эффектов кривизны» в традиционных эвольвентных передачах. При этом предлагал в качестве рецензента кафедру «Детали машин» Балтийского техуниверситета, участвующую в дискуссии и являющуюся соавтором ГОСТа на расчет эвольвентных передач. Ну и чем это закончилось? Получил естественный отказ от Редакции. И поделом – нечего лезть с глупыми советами. Зато поимел отличную компенсацию – за это время мои более чем скромные работы по переписыванию чужих формул, даже не относящиеся к теме дискуссии, успел, не пожалев сил и времени, квалифицированно и с большим тактом отрецензировать сам академик Попов, чем существенно помог мне в выборе дальнейших перспективных научных направлений. Большое ему за это спасибо – когда бы я удостоился такого высокого внимания?.

Между прочим (замечу в скобках), акад. Попову никто не мешает отдать свои собственные разработки на какую-нибудь авторитетную кафедру теории упругости, которая, не сомневаюсь, даст восторженный отзыв и выбросит, наконец, из учебных планов устаревшие пособия названных выше продолжателей теории Герца, имеющих весьма сомнительную репутацию.

Заканчиваю. Неприлично так долго утомлять занятых людей своей безграмотной болтовнёй, пора и честь знать. Кроме того, время уж близится к ночи, пойду дальше осваивать классику акад. Попова, а то что-нибудь важное не пойму, и потом будет мучительно стыдно.

Заранее извиняюсь, если кого ненароком обидел. За сим остаюсь

В.Короткин, март, 2008г.

Литература.

1. Попов А.П. О бедоказательности «доказательств» применительно к контактной прочности зубчатых передач. - Сайт www.reduktor-news.ru журнала «Редукторы и приводы».

2. Попов А.П. Мой комментарий – это первый и последний отклик на громкое ауканье г-на В.И.Короткина. - Сайт www.reduktor-news.ru журнала «Редукторы и приводы».
3. Короткин В.И. О реальных передачах Новикова, эвольвентных передачах с точечным контактом и новом «классическом решении» контактных задач. – Сайт www.reduktor–news.ru журнала «Редукторы и приводы».
4. Лурье А.И. Теория упругости. М.: «Наука». 1970. 940с.
5. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник в трёх томах под общей редакцией И.А.Биргера и Я.Г.Пановко. Том 2. М.: Машиностроение. 1968. 466с.
6. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. М.: «Наука». 1968. 584с.
7. ГОСТ 16530-70. Передачи зубчатые. Термины, определения и обозначения.Изд-во стандартов. М.: 1971. 70с.