

УДК 539.3

ТРИ ДИСКУССИИ ПО МЕХАНИКЕ

© 2007 Д.Д. Ивлев¹

В споре рождается истина. Это бодрое и энергичное утверждение открывает светлые перспективы. Истина нам нужна, как воздух, и, как видно, есть верный способ ее обрести. Но все, как всегда, не так просто.

Конечно, что-то в этом есть, в результате спора или, скажем так, дискуссии, что-то действительно появляется и рождается, но вот только не всегда истина, а если и что-то вроде истины, то сама эта истина может оказаться на заднем плане относительно последствий, вызванных самим фактом спора, ожесточением сторон и других, более веских и закрытых причин, так что принимать это бодрое и безапелляционное утверждение буквально не стоит.

В общем-то спор или дискуссия — это попытка поймать рыбу-истину в мутной воде разномнений. Почему мутной? Да если все чисто и прозрачно, то тогда и так все ясно. А если взмутить воду, то непонятно, что где и, естественно, по этому поводу возникают разногласия. В мутной воде не то что рыбу, бегемота можно не увидеть, и можно много дискутировать, где он находится и есть ли он вообще.

Мне довелось принять участие в трех "дискуссиях". С тех пор прошло уже достаточно много времени, и кое-что можно рассказать.

Первая из дискуссий, если ее можно так назвать, относится к работе [1–4] Касьяна Никитовича Шевченко, посвященной плоской задаче о действии сосредоточенной силы на упругопластическое полупространство. Результаты этой работы, естественно, считались замечательными, и я сам тоже так считал (изложение этой работы можно найти в кн. Соколовского, В.В. Теория пластичности / В.В. Соколовский. – М., Л.: Гостехтеоретиздат, 1950, 2-е издание; в третьем издании этой книги: (М.: Высш. шк., 1969), изложения этой работы, естественно, нет). В этой работе К.Н. Шевченко предполагает, что компоненты напряжения в упругой и пластической области совпадают с распределением напряжений в упругой задаче при тех же граничных условиях.

По известным компонентам напряжений определяются деформации, и далее показано, что условия совместности и сопряжения деформаций на упругопластической границе выполняются.

¹Дюис Данилович Ивлев (ivlev21@mail.ru), кафедра математического анализа Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева, 428000, Россия, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, 38.

Чтобы я сразу увидел, что решение К.Н. Шевченко неверное, — этого и в помине не было. Я восхищался этой задачей, раздумывал над ней и думал, какие результаты на этом пути можно получить еще. Потом почему-то я начал думать о трубе и обрадовался, когда обнаружил, что, следуя идеям [1–4], можно получить новое решение задачи об упругопластическом состоянии трубы под действием внутреннего давления с выполненными условиями сопряжения напряжений и деформаций на упругопластической границе. Но радость была недолгой, и я понял, что здесь что-то не так. Оставалось определить перемещения, и я обнаружил, что в полученном мной решении перемещения на упругопластической границе терпят разрыв. После этого, конечно, установить разрыв перемещений в решении К.Н. Шевченко не составило труда.

В то время я работал в Институте механики АН СССР на Ленинградском проспекте. К.Н. Шевченко тоже работал в этом институте. Я написал заметку в журнал, содержание которой быстро стало общим достоянием, заинтересовало и поляризовало окружающий мир.

В то время директором Института механики АН был Алексей Антонович Ильюшин. Я до сих пор не знаю, почему я занялся теорией пластичности, но то, что Алексей Антонович оказал при этом на меня большое влияние, — это несомненно.

Мне до сих пор непонятно, почему Алексей Антонович не вник в суть моих соображений, он мог пригласить меня, выслушать, во всем разобраться. Для такого ученого, как он, это не составило бы труда. Если бы Алексей Антонович понял, что результаты К.Н. Шевченко реанимировать невозможно, думаю "дискуссия" в Институте механики закончилась бы сама собой.

Вместо этого состоялся семинар, санкционированный дирекцией института, на который Алексей Антонович не пришел и на котором К.Н. Шевченко был категорически против моих доводов, слушать ничего не хотел, и, конечно, ничего путного из этой полемики выйти не могло и не вышло.

Какой резонанс вызвала эта полемика, можно судить по следующему: Николай Адрианович Талицких, редактировавший журнал, передал мне пожелание самого Михаила Алексеевича Лаврентьева, чтобы я добавил пример, из которого всем все стало бы ясно. Я и добавил пример с чистым изгибом стержня. Моя заметка [5] была напечатана. Стало ли после этого "всем все ясно", судить не мне.

Приблизительно через полгода в том же журнале появилось "Письмо в редакцию" [6] и ответ на мою заметку [7].

Вот тут возникает вопрос. Журнал — рецензируемый, рецензенты у журнала — квалифицированные. Разобраться в сути вопросов для специалистов не составляет труда. Тем более в моей заметке было четко сформулировано: *все дело в том, что прием К.Н. Шевченко основан на принципиально неверной идее: на игнорировании факта перераспределения напряжений* —

основного механического явления, происходящего при образовании областей пластических деформаций в статически неопределимых конструкциях. Я до сих пор не знаю, как сказать яснее.

А вообще говоря, нужно ли, чтобы *всем все стало ясно*? Хорошо сказано: правильный результат не нуждается в признании. В основе большинства наших убеждений лежат сведения, которые мы получаем из источников, заслуживающих, по нашему мнению, доверия. Конечно, очень досадно, если мы попадаем впросак, недаром говорят: *доверяй, но проверяй*. Рецензируемый журнал на то и рецензируемый, чтобы публиковать правильные результаты и не разводить "дискуссии".

В результате внутреннего рецензирования редакция без труда могла бы установить невозможность реабилитации результатов К.Н. Шевченко, не разжигать страстей, не публиковать заведомо неверные рассуждения [7] (все это напоминает что-то вроде заманивания в западню). Но был избран другой путь, публикациями [6, 7] интерес к "дискуссии" был подогрет и на роль третейского судьи был призван В.В. Новожилов.

В.В. Новожилов опубликовал свое заключение [8], в котором он написал, что пояснения К.Н. Шевченко [6] не меняют сути дела, что "в работах [1–4] имеется дефект, не предусмотренный заранее их автором, т.е. ошибка", "из вышесказанного видно, что я считаю критические замечания Д.Д. Ивлева правильными", а, собственно, ничего другого и быть не могло.

Раз дискуссия, значит дискуссия, я начал нести потери. У В.В. Новожилова в [8] есть фраза: "С контрвозражениями же К.Н. Шевченко я (в основной их части) согласиться не могу". Я спросил В.В. Новожилова: что значит "в основной части"? Значит, есть что-то, в чем К.Н. Шевченко прав, а я не прав. В.В. Новожилов ответил мне, буквально я передать не могу, но смысл ответа сводился к тому, что он хотел "подсластить пилюлю". Не знаю, как и что, но с тех пор прошло много лет, многие участники этих событий сошли со сцены, а "подслащенная пилюля" осталась. Мне кажется, что заниматься "подслащением пилюль" в научных работах ни при каких обстоятельствах не следует.

Что я могу сказать? Мной был опубликован совершенно правильный результат. Стоило ли его публиковать? Наверное, да. Моя публикация закрывала вопрос. Все дальнейшее — пример искусственно созданной "дискуссии", "мутной воды", созданной на чистом месте.

Перехожу ко второй дискуссии. А.А. Ильюшин выдвинул постулат изотропии, согласно которому связь между девиаторами напряжений и деформаций изотропна в пространстве девиаторов напряжений и деформаций. Очевидно, что положения постулата изотропии и требования изотропии материала отличны друг от друга. Условия пластичности, являющиеся комбинацией второго и третьего инвариантов девиатора напряжений, описывающие свойства изотропного материала, например, условие Треска, неизотропны в пространстве девиатора напряжений. На это я обратил внимание Л.И. Седова, это придало мощный импульс развернувшимся событи-

ям. Я опубликовал заметку [9]. На мой взгляд, ничего существенного в этой заметке, кроме высказанного мной выше замечания, нет. Тем временем В.С. Ленский опубликовал статью [10]. Вторую заметку [11] мне публиковать вообще не следовало бы. В дискуссию были "подброшены дровишки", и она разгорелась. Виктор Степанович опубликовал письмо в редакцию [12], в качестве третьей стороны вновь был призван В.В. Новожилов [13]. Естественно, он согласился с моим замечанием относительно неинвариантности выражений, содержащих третий инвариант, в пространстве девиаторов: "Нет основания считать постулат изотропии универсальным законом для пластических тел; изотропные тела в обычном физическом смысле могут обладать свойствами, противоречащими постулату изотропии".

Далее появилась статья А.А. Ильюшина [14], в которой он изложил свое понимание постулата изотропии. В частности, он пишет: "Многочисленные опыты наших и зарубежных ученых с изотропными в исходном состоянии материалами при нормальных и высоких температурах, малых и больших временах деформирования показывают, что влияние третьего инварианта девиатора деформаций (напряжений) на механические свойства при малых деформациях является слабым, и это согласуется с теорией малых упругопластических деформаций. *Поэтому в распространенных формулировках постулата изотропии мы принимаем, что от третьих инвариантов тензоров $d\mathcal{E}_{ij}^n/d\mathcal{K}^n$ коэффициенты A_n в (1), а значит и S_n в (5), не зависят* (курсив мой. — Д.И.)", где (1) и (5) — запись связи между напряжениями и деформациями при выполнении постулата изотропии. Другими словами, мое замечание признается справедливым. В том же номере журнала редакция оставила последнее слово за В.В. Новожиловым [15], которому пришлось отвечать на достаточно резкие высказывания А.А. Ильюшина [14].

Что сказать обо всем этом? Постулат изотропии с самого начала имел право на существование и, по существу, изначально, по своей сути, служит средством классификации свойств материала, подобно, например, постулату Драккера. Из постулата Драккера следует ассоциированный закон течения, но можно предположить, что ассоциированный закон не выполняется. Постулат изотропии можно принимать, но можно и не заботиться о его выполнении. Кому как нравится. Последнее слово за расчетом и экспериментом.

Стоило ли мне публиковать замечание о том, что в формулировке постулата изотропии не учитывается влияние третьего инварианта? Наверное, да, оно верное и представляет определенный интерес. Но это замечание послужило поводом для искусственно раздутой дискуссии. Дала ли что-нибудь эта дискуссия полезного для науки? Лично я сомневаюсь. Для меня дискуссия снова обернулась издержками. Надо сказать, что я никогда не входил, если можно так выразиться, в "штаб" дискуссий. Дискуссионными правилами не такие умы. Я имел отношение к материалам, выходившим под моей фамилией, с другими материалами я, как и любой другой рядовой читатель, знакомился после их выхода в печать. В статье В.В. Новожилова

[13] неожиданно для себя я прочитал: "4. В работе Д.Д. Ивлева, посвященной доказательству гиперболичности уравнений, вытекающих из трансляционной теории течения, содержится ошибка (как это мне указал недавно А.А. Кузнецов). Суть ее состоит в том, что Д.Д. Ивлев рассматривает приращения деформаций только как функции от координат, не принимая во внимание зависимость деформаций от времени. Это приводит к неправильной постановке задачи, игнорирующей неголономный характер уравнений закона течения".

Никогда ни до, ни после я не читал об "ошибочности" своих доказательств по той простой причине, что ошибок в моих работах [16, 17] нет. Уравнения теории пластичности не зависят от времени. В отличие от теории идеальной пластичности в теории упрочняющегося пластического тела поверхность нагружения изменяется в процессе нагружения. Параметрами, определяющими изменение поверхности нагружения, могут быть сами компоненты пластических деформаций, как в теории трансляционного упрочнения, либо параметры, связанные с изменением деформированного состояния, например, параметр Одквиста и др. В работах [16, 17] я ограничился рассмотрением теории трансляционного упрочнения. Если рассматривать приращение параметров упрочнения, т.е. приращения пластических деформаций, малыми и в пределе пренебречь ими, то можно рассмотреть "мгновенное" деформирование, что и было сделано [16, 17]. Собственно, гиперболичность мгновенного состояния и объясняет наблюдаемые, мгновенно возникающие линии скольжения Людерса при пластическом деформировании упрочняющихся тел. В подобных нелинейных задачах возникает много особенностей, для упрочняющегося материала в зависимости между напряжениями и девиаторами напряжений входят деформации, и стационарных линий разрыва деформаций не существует, поэтому уравнения теории упрочняющегося пластического тела следует отнести к эллиптическому типу [18], но это не отменяет результатов [16, 17].

Еще до поступления в аспирантуру я наблюдал эксперименты по растяжению плоских образцов с отверстиями и выточками. Кажется, из алюминиевых сплавов. При растяжении металл потрескивал, и было видно, как мгновенно проскакивали линии скольжения. Казалось, что идет не непрерывное деформирование, а идут какие-то толчки, происходит какой-то скачкообразный, квантованный неоднородный процесс упрочнения, предел текучести изменяется скачками. Известно, что линии скольжения, характеристики следуют из уравнений теории идеальной пластичности, а по теории сколь угодно малое упрочнение меняет картину, и линий скольжения, характеристик быть не должно. Но идеально пластических материалов не бывает, а линии Людерса — это физический факт, и они реально наблюдаются для материалов с упрочнением. Не ведет ли мгновенно себя металл как идеально пластический, а затем происходит скачкообразное изменение предела текучести, и материал, перескочив на другой уровень предела те-

кучести, мгновенно вновь ведет себя как идеально пластический? Я думал об этом, и меня это интересует до сих пор.

В то же время на тех же испытательных машинах вел свои эксперименты Г.И. Барыков. Он растягивал плоские образцы с симметричными выточками, материалом, кажется, у него была мягкая сталь. Вблизи концентратора напряжений, в конце выточки, там, где радиус кривизны минимален, возникала пластическая зона, и пик растягивающих напряжений смещался внутрь пластины. Геннадий Иванович "ловил" зарождение трещины, которая должна была возникать в месте максимального растягивающего напряжения, на границе пластической зоны, т.е. внутри образца. Сразу приспособиться ему не удавалось, любые перекосы в закреплении и другие производственные моменты выводили зарождение трещины на край образца, но затем он с этим справился, весь процесс фиксировал на скоростной киносъемке, и, действительно, было видно, что трещина зарождается там, где ей и положено. Все ясно, чисто, честно, понятно, ничего не скажешь. Вернемся к дискуссии.

Фраза В.В. Новожилова: "Это приводит к неправильной постановке задачи, игнорирующей неголономный характер уравнений закона течения", — не соответствует действительности. Неголономный характер используемых мною уравнений сохраняется вполне аналогично тому, как это имеет место в теории идеальной пластичности.

Я спросил В.В. Новожилова: зачем он написал замечание, уводящее в общем-то читателя от центральной линии дискуссии. Что я должен после всего этого делать, затевать новую дискуссию? Он ответил мне в том духе, что пусть все видят, что он занимает объективную позицию, что он способен критиковать как тех, так и других. Не мне судить о цене этой объективности.

Должен сказать, редакция журнала поставила оппонирующие стороны в неравное положение: письмо В.С. Ленского [12] и тут же следом в том же номере журнала на следующей странице ответ В.В. Новожилова [13]. Статья А.А. Ильюшина [14] и в том же номере журнала на следующей странице следом ответ В.В. Новожилова [15], словом, что-то вроде игры в одни ворота. Мне кажется, что согласие на подобную роль, любезно предоставленную редакцией журнала, не вполне вяжется со стремлением занимать объективную позицию.

Перехожу к третьей "дискуссии". В середине прошлого века теория квазихрупкого разрушения получила значительное развитие, прежде всего в трудах Ирвина. Был установлен факт: асимптотическое распределение вблизи кончика трещины имеет одну и ту же интегрируемую особенность, и все, что характеризует геометрию трещины и нагружение, сводится к одному параметру, изменяющемуся линейно в зависимости от изменения нагрузки. Этот параметр получил название коэффициента интенсивности напряжений. Это фундаментальный результат, дальнейшее — его развитие. Очевидно, что при этом остается одна возможность определить крите-

рий распространения трещины: достижение коэффициентом интенсивности напряжений некоторого предельного значения, определяемого экспериментально, — новой физической константой материала. Вот и все, другого в рамках принятых предположений не дано. И все рассуждения о "клювике" в конце трещины имеют в лучшем случае вторичный интерес. О чем дискутировать? Надо просто уяснить этот факт — фундаментальный результат Ирвина и принять его к сведению со всеми вытекающими следствиями.

Надо сказать, что я с большим почтением относился к работам, которые проводились у нас по теории распространения трещин. Но, когда я уяснил суть дела, меня поразило, что этот факт (результат Ирвина) в нашей среде умалчивается. Меня удивило, что журнал "Механика. ИЛ. Сборник переводов" — журнал, который по определению должен своевременно публиковать статьи ведущих зарубежных механиков, не опубликовал ни одной статьи Ирвина, да и вообще статей по теории трещин, которые могли бы пролить свет на истинное состояние дел в механике квазихрупкого разрушения. Постепенно уяснил состояние дел в механике квазихрупкого разрушения и Л.И.Седов. Последовал мощнейший импульс к немедленному обсуждению сложившегося положения.

Мне довелось написать первый обзор в нашей литературе по теории трещин [19]. По мере знакомства с зарубежной литературой по механике квазихрупкого разрушения меня поражало то неведение, которое было в нашей механике по этим вопросам. Впервые я так остро ощутил провинциализм нашей механики. Так ли это на самом деле или нет, это другой вопрос, я здесь говорю о тогдашних моих ощущениях, не более. Надо сказать, что механика квазихрупкого разрушения у нас быстро получила развитие. Я знаю, что наши механики внесли исключительный вклад в механику разрушения, это прежде всего Г.П. Черепанов, а также многие другие ученые, имена которых я здесь перечислять не буду.

Чтобы "мутное" положение дел стало ясным, надо было дожидаться опубликования обзора нескольких других статей, опубликовать переводы статей Ирвина и др. в печати, доступной широкой публике. И этого было бы вполне достаточно. Вода сама бы стала чистой и прозрачной. Мой обзор уже был в печати, но, к сожалению, была проявлена масса эмоций и нетерпения, прошедшая в МГУ "дискуссия" по механике квазихрупкого разрушения до выхода обзора и статей изначально ничего позитивного дать не могла. "Хотели как лучше, получилось как всегда"². Но вот вопрос: хотели ли лучше?

Прав Ю.Н. Радаев, когда написал: *"Через сорок лет после этой дискуссии стало очевидным, что она нанесла значительный ущерб российской науке"* [20].

²У Марк Твена эта фраза звучит так: "Хотели как лучше, получилось как всегда хуже".

Итак, пора подводить итоги. Я не знаю, выработало ли наше научное сообщество иммунитет к подобным дискуссиям. Не уверен. Наверное, что-либо подобное когда-нибудь может повториться. О чем-то вроде этого не так давно я даже услышал. Так что все может быть. Все возвращается на круги своя.

Безусловно, между нынешним и тем Д.Д. Ивлевым есть разница. Нынешний обратил бы внимание того, тогдашнего, на ряд обстоятельств, на которые тот, тогдашний, не обращал внимания. Молодость при всех своих преимуществах имеет и свои недостатки.

Как-то в разговоре с А.Ю. Ишлинским я затронул тему дискуссий. Александр Юльевич быстро ответил мне: "Вам не о чем сожалеть".

На меня сильное впечатление оказала статья Анри Рухадзе и Александра Самохина "*Субъективные заметки о научной этике*", опубликованная в Независимой газете от 17.02.99 г. Очень поучительная статья, наводящая на размышления. В заключение авторы пишут: "В истории науки имеется немало драматических и даже трагических примеров соперничества, неприязни, элементарной необъективности Поэтому, если бы предмет научных исследований был столь же доступен для массового восприятия, как музыка, то легенда о Моцарте и Сальери *просто затерялась бы* (курсив мой. — Д.И.) среди ее научных аналогов, в которых гениальность и злодейство причудливо сочетались в одних и тех же персонажах". Не думаю, что в описанных мной случаях драматизм ситуации был поднят на такую высоту, но все же, все же, все же ...

Литература

- [1] Шевченко, К.Н. Упругопластическое состояние под сосредоточенной силой, приложенной к полуплоскости / К. Н. Шевченко // ДАН СССР. — 1948. — Т. 6. — №1.
- [2] Шевченко, К.Н. Сосредоточенная сила, приложенная к полуплоскости (упругопластическая задача) / К.Н. Шевченко // ПММ. — 1948. — Т. 12. — Вып. 4.
- [3] Шевченко, К.Н. Плоская упругопластическая деформация цилиндра, нагруженного уравновешенной системой двух сосредоточенных сил / К.Н. Шевченко // ПММ. — 1952. — Т. 16. — Вып. 1.
- [4] Шевченко, К.Н. Упругопластическая деформация плоскости, вызванная действием сосредоточенной силы / К.Н. Шевченко // ДАН СССР. — 1957. — Т. 115. — Вып. 3.
- [5] Ивлев, Д.Д. О некоторых работах К.Н. Шевченко по теории пластичности / Д.Д. Ивлев // Изв. АН СССР. — ОТН. — 1958. — №2. — С. 159–162.
- [6] Шевченко, К.Н. Письмо в редакцию / К.Н. Шевченко // Изв. АН СССР. ОТН. — 1958. — №9. — С. 151.

- [7] Шевченко, К.Н. К вопросу о методе решения некоторых упруго-пластических задач / К.Н.Шевченко // Изв. АН СССР. ОТН. – 1958. – №9. – С. 153–155.
- [8] Новожилов, В.В. О работах К.Н.Шевченко и критике их Д. Д. Ивлевым / В.В.Новожилов // Изв. АН СССР. – ОТН. – Механика и машиностроение. – 1960. – №1. – С. 189–190.
- [9] Ивлев, Д.Д. О постулате изотропии в теории пластичности / Д.Д.Ивлев // Изв. АН СССР. – ОТН. – Механика и машиностроение. – 1960. – №2. – С. 125–127.
- [10] Ленский, В.С. Некоторые новые данные о пластичности металлов при сложном нагружении / В.С.Ленский // Изв. АН СССР. ОТН. Механика и машиностроение. – 1960. – №5.
- [11] Ивлев, Д.Д. О работе В.С.Ленского "Некоторые новые данные о пластичности металлов при сложном нагружении" / Д.Д.Ивлев // Изв. АН СССР. – ОТН. – Механика и машиностроение. – 1960. – №6. – С. 179–181.
- [12] Ленский, В.С. Об ошибочных замечках Д. Д. Ивлева / В.С.Ленский // Изв. АН СССР. – ОТН. – Механика и машиностроение. – 1961. – №3. – С. 174–175.
- [13] Новожилов, В.В. Об одном направлении в теории пластичности (замечания по поводу полемики Д.Д.Ивлева с В.С.Ленским) / В.В.Новожилов // Изв. АН СССР. – ОТН. – Механика и машиностроение. – 1961. – №3. – С. 176–181.
- [14] Ильюшин, А.А. Еще о постулате изотропии / А.А.Ильюшин // Изв. АН СССР. – ОТН. – 1962. – №1. – С. 201–204.
- [15] Новожилов, В.В. И еще о постулате изотропии / В.В.Новожилов // Изв. АН СССР. – ОТН. – Механика и машиностроение. – 1962. – №1. – С. 205–208.
- [16] Ивлев, Д.Д. О свойствах соотношений закона анизотропного упрочнения пластического материала / Д.Д.Ивлев // ПММ. – 1960. – Т. XXIV. – Вып. 1.
- [17] Ивлев, Д.Д. К теории плоской деформации упрочняющегося пластического материала / Д.Д.Ивлев // ПММ. – 1960. – Т. XXIV. – Вып. 4.
- [18] Ивлев, Д.Д. Теория упрочняющегося пластического тела / Д.Д.Ивлев, Г.И.Быковцев. – М.: Наука, 1971.
- [19] Ивлев, Д.Д. О теории трещин квазихрупкого разрушения / Д.Д.Ивлев // ПМТФ. – 1967. – №6.
- [20] Радаев, Ю.Н. К 75-летию Д.Д.Ивлева / Ю.Н.Радаев // Вестник Самарского госуниверситета. Естественная серия. – 2005. – №5(39). – С. 12.

Поступила в редакцию 22/III/2007;
в окончательном варианте — 22/III/2007.