

**Г. И. БЫКОВЦЕВ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ МЕХАНИКА ДЕФОРМИРОВАНИЯ.
ВЛАДИВОСТОК**

(Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН)

Всего шесть с небольшим лет (1987 – 1994 гг.) проработал Геннадий Иванович Быковцев на Дальнем востоке. Но масштаб этой личности в современной механике деформирования таков, что развитие данной науки на Дальнем востоке естественно делится на период до приезда Г. И. Быковцева и последующий. В первый период развивались главным образом исследования, связанные с прочностью сооружений. В качестве теоретической основы судостроения развивалась теория упругих пластин и оболочек (проф.: Н. В. Барабанов, К. П. Горбачев, В. В. Пикуль), включая теорию мягких оболочек (проф.: Б. И. Друзь, Г. А. Лаврушин). Строительное производство и особенно гидротехническое строительство требовало от инженеров новых подходов в расчетах элементов конструкций при воздействии на них ледовых нагрузок (проф.: Н. Г. Храпатый, А. Т. Беккер), оползней (проф. П. А. Аббасов). Целый ряд интересных прикладных результатов был получен инженерами-технологами в оптимизации режимов литейного производства (проф.: Ри Хоссен, А. И. Евстигнеев), обработки металлов давлением и резанием (проф.: Ю. Г. Кабалдин, Б. Н. Марьин), в материаловедении (проф.: А. Д. Верхотуров, А. А. Попович). Такое перечисление можно было бы продолжить, но принципиален факт, состоящий в том, что по приезду Г. И. Быковцева, В. П. Мясникова, В. П. Коробейникова, Г. П. Черепанова, а вместе с ними целого ряда молодых ученых из европейской части России в 1987 году на Дальний восток в регионе начинает развиваться ряд новых направлений фундаментальной механики. Именно с 1987 года отсчитывают становление Дальневосточной школы фундаментальной и прикладной механики. Заслуга Г. И. Быковцева в этом первостепенна. Именно приехавшие с ним его ученики А. А. Буренин, В. В. Катрахов, А. И. Хромов защищают первые докторские диссертации, а В. А. Рычков, Ю. В. Фофанов, А. П. Наумкин – первые кандидатские диссертации во впервые организованном на Дальнем востоке диссертационном совете по защите докторских диссертаций по механике. Остановимся на некоторых направлениях в механике деформирования, развиваемых на Дальнем востоке, у истоков становления которых стоял Геннадий Иванович.

На разных конференциях по механике приходилось слышать, что Быковцев Г. И. является специалистом в динамике деформирования упругопластических материалов. Это не совсем верно; правильнее следовало бы сказать, что это направление было для Геннадия Ивановича одним из приоритетных, но только одним из... Вполне естественно, что данное направление начинает свое развитие на Дальнем востоке. Закономерностям распространения слабых волн в материалах, по-разному сопротивляющихся растяжению и сжатию, посвящается кандидатская диссертация А. П. Наумкина, особенностям распространения граничных возмущений по необратимо сжимаемым упругопластическим телам – кандидатская диссертация В. А. Рычкова. Примечательна в этой связи публикация [3],

которая появилась спустя два года после того, как Геннадий Иванович ушел из жизни. Совершенно понятно, что текст статьи написан без Геннадия Ивановича, но ее название оставлено в той редакции, как он его написал. Более важным является то обстоятельство, что основное фундаментальное содержание данной научной работы всецело базируется на идеях Геннадия Ивановича. Он был убежден, что распространение в деформируемом теле поверхностей диссипативных разрывов не должно сказываться на доказательстве теоремы единственности, а термодинамический принцип максимума Мизеса может быть переформулирован применительно к диссипативному процессу на поверхностях разрывов. Данная экстремальность процесса в переходном слое ударной волны заставляет считать неизменными главные направления тензора напряжений, что в свою очередь позволяет записать условие существования возможных диссипативных разрывов. Во время защиты кандидатской диссертации Е.А. Герасименко «Метод построения лучевых разложений решений краевых задач нелинейной динамической теории упругости» (2007 г.) официальный оппонент, чл.-корр. РАН М.А. Гузев специально подчеркнул определяющую роль профессора Быковцева Г.И. в том, что на Дальнем востоке имеется исследовательский коллектив, уникальный в своей квалификации в математическом аппарате рекуррентных условий совместности на движущихся поверхностях разрывов, без которого невозможно развитие нелинейной динамики деформирования и теории пластичности при гиперболичности определяющей системы уравнений. Всем известны добавления в монографиях [10, 12], вводящие в математический аппарат построения лучевых разложений решений за поверхностями разрывов. Они начинаются введением поверхностей разрывов, заданием их в параметрической форме

$$x_i = x_i(y^1, y^2, t),$$

где x_i - прямоугольные декартовы координаты точек поверхности. Но иногда, как известно, предпочтительнее решать задачу в криволинейной системе координат. Как изменятся рекуррентные зависимости Г. И. Быковцева между разрывами производных функций на данных поверхностях в этом случае? Ответ на этот вопрос был дан совсем недавно именно Е. А. Герасименко [11]. Теперь теорию рекуррентных условий совместности разрывов на движущихся поверхностях, начало которой положил еще Адамар и фундаментально развили Т. Томас, Р. Хилл и Г. И. Быковцев, можно считать завершенной.

Другим направлением, о котором здесь в связи с Г. И. Быковцевым нельзя не упомянуть, является развитие теории больших упругопластических деформаций. Если полные деформации являются опытно измеряемыми, то их деление на необратимую и обратимую составляющие, которые невозможно измерить в экспериментах, в любой математической модели упругопластического деформирования неизбежно оказывается произволом исследователя, который конструирует данную математическую модель. В результате многочисленных обсуждений на семинарах в Институте автоматизации и процессов управления ДВО РАН было выработано мнение, что в этом случае следует поступать в согласии с формализмом неравновесной термодинамики. Если мы объявляем тензоры обратимых и необратимых деформаций в качестве параметров состояния, то обязаны сформулировать для них соответствующие уравнения изменения (переноса). Желательные для нас свойства данных составляющих полных деформаций возможно гипотетически заложить именно на этом этапе построения уравнений изменения. Разделение полных деформаций на составляющие явится следствием принятых уравнений переноса. Результатом таких обсуждений явились научные статьи [2; 6; 13]. Плодотворность такого под-

хода демонстрируется целым рядом публикаций [1; 4; 5] Дальневосточных механиков, посвященных решению в рамках данной математической модели конкретных краевых задач создаваемой на такой основе теории.

Из Куйбышева (Самары) во Владивосток Геннадий Иванович перенес свою увлеченность теорией ползучести, которой заразился в результате тесного общения и совместной работы с такими замечательными самарскими учеными, как В. И. Астафьев, В. И. Горелов, Ю. П. Самарин, В. П. Радченко. Совместная работа с Виктором Ивановичем Гореловым продолжалась и в то время, когда Г. И. Быковцев находился во Владивостоке; готовилась к защите докторская диссертация В. И. Горелова. Интересную диссертацию защитил Ю. В. Фофанов. В ней на основе обработки многочисленных экспериментальных результатов средствами специально созданного программного комплекса определялись аналитически уравнения связи « деформация ползучести или скорость деформации ползучести – напряжения » [14], в качестве аппроксимации экспериментальных зависимостей. В частности, в результате таких построений следуют известные законы ползучести. Известно, что ползучесть реальных конструкционных материалов может описываться только нелинейными теориями. Отсюда трудности в адекватном математическом аппарате. Замечательным в этой связи является предложение Геннадия Ивановича о моделировании консервативной составляющей деформирования с помощью потенциалов деформаций, зависящих от кусочно-линейных инвариантов напряжений [7; 9]. Таким способом оказалось возможным применить в теории неустановившейся ползучести хорошо разработанный математический аппарат теории идеальной пластичности [8]. К сожалению, закончить эту работу он не успел. Это был последний незаконченный текст, который остался на его рабочем столе. Заканчивать эту работу пришлось В. М. Ярушиной.

Своим первым ученикам во Владивостоке (К. Калинин, Н. Дегтярева), студентам базовой кафедры ДВГТУ в ИАПУ ДВО РАН он поставил все же задачи, связанные с жесткопластическим анализом. Впоследствии, после смерти Г.И. Быковцева, это направление вместе с А. И. Хромовым переместилось в г. Комсомольск-на-Амуре. Именно в Комсомольске-на-Амуре были воплощены идеи Геннадия Ивановича, связанные с уточненными постановками и новыми методами решения в задачах квазистатического деформирования жесткопластических тел. Определяющая заслуга в этом принадлежит профессору А. И. Хромову и его ученикам (Ю. Егорова, О. Козлова, А. Буханько, А. Лошманов, Я. Григорьев).

С сожалением приходится вспоминать и о несделанном из-за того, что вдруг не стало в 1994 г. движущей силы, которой являлся Геннадий Иванович. Не получила своего развития экспериментальная база научных исследований и наметившиеся инженерно-технические разработки. К 1994 г. в ИАПУ ДВО РАН усилиями М. Н. Осипова и А. И. Царева при непосредственном руководстве Г. И. Быковцева была создана экспериментальная лаборатория с лучшей на то время на Дальнем востоке оптоэлектронной установкой, которая работала в комплексе с разрывной машиной и компьютером. На этой установке были получены голограммы процессов разрушения элементов металлоконструкций, проводилась обработка многочисленных экспериментальных данных и формулирование на такой основе общетеоретических выводов. Теперь в ИАПУ ДВО РАН отсутствует и магнитоимпульсная установка, и оптический стол, и даже разрывная машина. На фотографиях лишь остался конверсионный АН-24, оборудованный воздушной подушкой и приспособляемый таким образом в качестве транспортного средства для труднодоступных районов Дальнего востока и Севера России. Эту работу по использованию отслу-

живших свой срок воздушных транспортных средств проводил в ИАПУ ДВО РАН при деятельной поддержке Геннадия Ивановича замечательный инженер, к.т.н. В. В. Игнатьев. Такие не получившие своего развития начинания заместителя директора ИАПУ ДВО РАН по науке можно было бы продолжать и продолжать.

Как-то за общим чаем молодой сотрудник лаборатории удивился: «Каким же интересным человеком должен был быть Геннадий Иванович, если Вы вспоминаете его практически на каждом семинаре и при каждом чаепитии?». Рассказать, что значило для меня каждодневное общение с Геннадием Ивановичем, как деловое, так и бытовое, конечно невозможно. В этой связи приведу лишь два случая. Год 1974, назначено время защиты моей кандидатской диссертации, но первый оппонент в назначенный срок не может приехать из-за болезни. В то время существовала практика назначения дополнительных оппонентов, но в Воронеже нет докторов наук по механике деформируемого твердого тела. Защита срывается. Сейчас-то я понимаю, сколь нагло я поступал в юности, но я звоню своему бывшему декану в г. Куйбышев и прошу приехать его и выступить дополнительным оппонентом по моей диссертации. И что же? Почертыхавшись, Геннадий Иванович назначает мне встречу в семь утра 26.03 в день защиты в г. Воронеже, выступит на Совете – так я стал кандидатом наук.

Год 1969. Молодой доктор наук Г. И. Быковцев читает четвертому курсу матмеха специальности «механика» курс теории пластичности. Июнь – экзамен. И Воронеж, и Куйбышев, и Владивосток знают, насколько добрым был Геннадий Иванович на экзаменах. А тут экзамен сдает его группа, которую он знает с первого курса. Готовлюсь и жду свою пятерку. Но тут дополнительный вопрос: «Как различается сетка линий скольжения в решениях Прандтля и Хилла?». Честно признаюсь, что не читал, так как эта лекция была прочитана между первым и девятым мая, когда я устроил себе дополнительные каникулы. Вижу, как Геннадий Иванович ходит по аудитории, заводя себя, попутно объясняя мне, как это интересно – неединственность в решении. Наконец, чуть ли не единственный в группе, я получаю удовлетворительно. Март 1970 г. Вызывают в деканат и зам. декана сообщает мне о решении оставить меня в аспирантуре ВГУ и спрашивает моего согласия. В то время рекомендацию в аспирантуру вполне можно было рассматривать как подарок судьбы. Мне совестно было говорить сокурсникам об этом, так как я не считал себя исключительно достойным такой милости. Вот и предварительное распределение. Декан Г. И. Быковцев листает мои документы, наталкивается на злополучную тройку и восклицает: «Какая может быть аспирантура с тройкой по пластичности!». Мне предлагается выбрать место распределения. Как же я удивился, что спустя три дня на основном распределении в кабинете ректора ВГУ при моем появлении там сообщается, что общественность факультета ходатайствует о моем оставлении в аспирантуре ВГУ. Безусловно, Геннадий Иванович и не собирался пересматривать ранее принятое решение и данную тройку полагал недоразумением. Но помучиться заставил... Об этой тройке Геннадий Иванович рассказывал даже студентам во Владивостоке. Говорил, что ваш заведующий кафедрой после этой тройки не написал ни одной научной статьи по пластичности. Теперь я мог бы доложить, что такие статьи я написал, причем первые из них являются совместными с Геннадием Ивановичем, пусть и после его совершенно безвременного ухода.

Мне удивительно везло с учителями. И в школе, и в университете и в процессе послеуниверситетского образования. К примеру, до сих пор удивляюсь оригинальности научного мышления моего научного руководителя профессора Александра Даниловича Чернышова, другого подобного мышления не встретил за всю свою деятельность на на-

учном поприще. Геннадий Иванович Быковцев же отличался искрометным умением мгновенно понять, осмыслить, оценить и потом уже принять или отвергнуть любую идею, любой проект. Он умел радоваться научным успехам, и своим, и коллег. Именно радоваться... Не удивительно, что именно за Геннадием Ивановичем на Дальний восток России переехала большая группа его учеников и соратников: А. И. Хромов, Ю. В. Фофанов, В. А. Рычков, М. Н. Осипов, А. Г. Быковцев, В. В. Игнатъев, А. П. Наумкин, А. В. Наумов из Самары, В. В. Катрахов, А. А. Буренин, С. М. Ситник, Н. И. Лободин, А. И. Сазонов из Воронежа, В. И. Одинокоев из Екатеринбурга. Не знаю другого ученого, способного так перемещать целые коллективы за собой. Решение о переезде для каждого из нас было совсем не простым. «Бросают и уезжают на самый Дальний восток те, у кого здесь не складывается, но у тебя кафедра, перспективы, договора, наша полная поддержка. Не понимаю...», – говорил мне тогдашний ректор ВИСИ, проф. А. М. Болдырев. Но ехали мы не за комфортом, не за степенями и званиями (их получение было predetermined естественным ходом событий и нашей работой), ехали мы для того, чтобы быть рядом с Геннадием Ивановичем. Такой вот удивительной притягательной силой он обладал. Он буквально заражал окружающих своей увлеченностью и они, в том случае, когда способны принять подобные бактерии, тотчас же становились его единомышленниками. Статья [3], там длинная цепочка преобразований, время к полуночи, а мы не можем получить прогнозируемое. Убегаю на последний автобус. Вхожу домой и слышу: «Позвони Геннадию Ивановичу, просил.» «Как же мы не догадались, надо поступать так и так... Все получается. До утра.» Таким и только таким знал я его в совместной работе. Но если он был в чем то убежден сдвинуть его с такого убеждения было ой как не просто. Однажды для этой цели мне пришлось написать и отпечатать текст в 20-30 страниц и слезно упросить его прочитать. Не хотел ни читать, ни слушать. «К чему читать эту белиберду, когда я не раз об этом думал и это не так». Уговорил, прочитал и утром возвращая текст, смущенно: «Молодец...» Как же следует благодарить судьбу за эти шесть лет счастливых наполненных смыслом и каждодневным комфортным, увлеченным общением с обожаемым, но таким доступным Учителем моих шесть лет. Это я начало 90-х называю счастливыми и благодарю судьбу.

г. Владивосток

Поступила: 19 декабря 2007 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Буренин, А. А.* Вискозиметрическое течение упруговязкопластического материала между жесткими коаксиальными цилиндрическими поверхностями / А. А. Буренин, Л. В. Ковтанюк, А. С. Устинова // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2007. – № 1. – С. 18 – 25.
2. *Буренин, А. А.* Об одной простой модели для упругопластической среды при конечных деформациях / А. А. Буренин, Г. И. Быковцев, Л. В. Ковтанюк. // Докл. акад. наук. – 1996. – Т. 347. – № 2. – С. 199 – 201.
3. *Буренин, А. А.* Поверхности разрывов скоростей в динамике необратимо сжимаемых сред / А. А. Буренин, Г. И. Быковцев, В. А. Рычков // Проблемы механики сплошной среды. Сборник к 60-летию В.П. Мясникова. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН. 1996. – С. 116 – 127.
4. *Буренин, А. А.* Продавливание упруговязкопластического материала между жесткими коаксиальными цилиндрическими поверхностями / А. А. Буренин, Л. В. Ковтанюк, А. Л. Мазелис // ПММ. – Т. 70. – Вып. 3. – С. 481 – 489.

5. *Буренин, А. А.* Формирование одномерного поля остаточных напряжений в окрестности цилиндрического дефекта сплошности упругопластической среды / А. А. Буренин, Л. В. Ковтанюк, М. В. Полоник // ПММ. – 2003. – Т. 67. – Вып. 2. – С. 316 – 325.
6. *Быковцев, Г. И.* Конечные деформации упругопластических сред / Г. И. Быковцев, А. В. Шитиков // ДАН СССР. – 1990. – Т. 311. – № 1. – С. 59 – 62.
7. *Быковцев, Г. И.* Кусочно-линейные потенциалы в нелинейной механике / Г. И. Быковцев, Н. Г. Быковцева // ДАН. – 1994. – Т. 335. – № 3. – С. 310 – 312.
8. *Быковцев, Г. И.* Об особенностях модели неустановившейся ползучести, основанной на использовании кусочно-линейных потенциалов / Г. И. Быковцев, В. М. Ярушина // В сб: Проблемы механики сплошных сред и элементов конструкций к 60-летию со дня рожд. проф. Г. И. Быковцева. – Владивосток: Дальнаука. – 1998. – С. 9 – 26.
9. *Быковцев, Г. И.* Общие свойства уравнений теории упругости при кусочно-линейных потенциалах / Г. И. Быковцев // ПММ. – 1996. – Т. 60. – № 3. – С. 505 – 515.
10. *Быковцев, Г. И.* Теория пластичности / Г. И. Быковцев, Д. Д. Ивлев. Владивосток: Дальнаука, 1998. – 528 с.
11. *Герасименко, Е. А.* Геометрические и кинематические ограничения на разрывы функций на движущихся поверхностях / Е. А. Герасименко, В. Е. Рагозина // Дальневосточный математический журнал. – Владивосток: Дальнаука. – 2004. – Т. 5. – № 1. – С. 100 – 109.
12. *Ивлев, Д. Д.* Теория упрочняющегося пластического тела / Д. Д. Ивлев, Г. И. Быковцев. – М.: Наука, 1971. – 232 с.
13. *Мясников, В. П.* Уравнения движения упругопластических материалов при больших деформациях / В. П. Мясников // Вестник ДВО РАН. – 1996. – № 4. – С. 8 – 13.
14. *Фофанов, Ю. В.* Построение аппроксимаций экспериментальных данных для ползучести металлов / Ю. В. Фофанов // В сб.: Прикладные задачи механики деформируемых сред. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН. – 1991. – С. 59 – 66.