

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич



ЗАКОНОМЕРНОСТИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ
ЛАТУНИ Л63 ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ ПО ЛОМАННЫМ И
ГЛАДКИМ ТРАЕКТОРИЯМ ПОСТОЯННОЙ КРИВИЗНЫ

1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела»

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук,
доцент В.И.Гультьев

Тверь, 2024 г.

Оглавление

Введение.....	4
ГЛАВА 1. Исторический обзор становления теории пластичности.....	11
1.1 Теория пластичности в первой половине XX века	11
1.2 Теория процессов упруго-пластического деформирования.	19
ГЛАВА 2. Развитие теории пластичности.....	25
2.1 Основные положения теории пластичности.....	25
2.2 Основные соотношения теории упругопластических процессов для плоских траекторий.....	25
2.3 Частные варианты теории процессов.....	50
2.4 Постулат изотропии в линейном координатном векторном пространстве	54
2.5 Математическое моделирование процессов пластического деформирования.	57
2.6 Численный метод решения основных уравнений задачи Коши.....	59
2.7 Вычисление компонент векторов напряжений и деформаций.	59
2.8 Определение угла сближения θ	61
2.9 Локальное сглаживание экспериментальных данных для компонент деформаций ϵ_{ij} и компонент напряжения σ_{ij}	61
ГЛАВА 3. Автоматизированный испытательный комплекс СН-ЭВМ, средства измерения, образцы, материалы	63
3.1 Общая часть.....	63
3.2 Описание экспериментального испытательного комплекса СН-ЭВМ.	65
3.3 Механическая установка (СН) комплекса СН-ЭВМ.....	66
3.4 Захватные приспособления и датчики измерения деформаций и усилий.....	68
3.5 Образцы для испытания.....	70
3.6 Функционирование комплекса под управлением ЭВМ	74
3.7 Химический анализ образцов.....	76
ГЛАВА 4. Экспериментальные исследования	79

4.1	Испытание латуни Л63 при простом нагружении по типу центрального веера.	79
4.2	Испытание латуни Л63 по типу смещенного веера двузвенных ломаных траекторий с точкой излома $\Delta l=2\%$	82
4.3	Испытание латуни Л63 по типу смещенного веера двузвенных ломаных траекторий с точкой излома $\Delta l=3\%$	88
4.4	Испытание латуни Л63 по типу гладких плоских траекторий постоянной кривизны	93
4.4.1	Веер окружностей	93
4.4.2	Веер окружностей 45°	100
4.4.3	Восемь полуокружностей.....	105
4.4.4	Смещенная скручивающаяся спираль.....	110
4.4.5	Смещенный веер окружностей 45°	114
4.4.6	Траектория деформирования ин и ян.....	118
	Результаты и выводы	124
	Список литературы:	126
	Приложение 1	140
	Приложение 2	141
	Приложение 3	142

Введение

Главная задача механики деформируемого твердого тела – исследовать закономерности упруго-пластического деформирования и прочности материалов, а также механических свойств материалов при простом и сложном нагружениях.

От строительных материалов всегда зависела прочность конструкций, их жизнеспособность и безопасность. Для строительства и машиностроения актуальным вопросом является повышение уровня нагрузок на строения и механизмы, в следствии чего образуются упруго-пластические деформации. Критически важным представляется определение предельного состояния конструкций, так как от этого зависит срок службы и безопасность их использования.

В двадцатом веке сделан ряд ключевых открытий и достижений в этой области: изобретены композитные материалы, созданы высокопрочные стали, бетоны и т.д.которые разрабатывались с помощью актуальных в то время технологических решений и современных на тот момент материалов. С их помощью быстро развивалась авиационная, космическая, строительная и другие промышленности, новые усовершенствованные материалы улучшили прочностные свойства строительных конструкций, зданий и сооружений. При строительстве летательных аппаратов, а именно ракет, самолетов, а также космических кораблей применялись и применяются сегодня пластины и оболочки, изучение свойств которых уже тогда интересовало ученых и привело к углублению знаний об упруго-пластическом деформировании материалов при сложном нагружении и деформировании. Но и в настоящее время вопрос не теряет актуальности и рассматривается в научных работах.

В данной диссертационной работе проведены экспериментальные исследования закономерностей упругопластического деформирования при сложном нагружении. В лаборатории кафедры «Сопротивление материалов, теория упругости и пластичности» Тверского государственного технического

университета были проведены эксперименты, выполненные с помощью комплекса СН-ЭВМ в лаборатории кафедры «Сопротивление материалов, теория упругости и пластичности». В диссертации представлены различные программные траектории, графики и таблицы с результатами экспериментов, а также описаны выводы.

Актуальность данной работы состоит в установлении закономерностей упруго-пластического деформирования в опытах использующих траектории сложного нагружения в виде двузвенных ломанных, окружностей и скручивающихся спиралей Архимеда.

Степень разработанности темы. Проанализировав научную литературу по данной проблематике можно сделать заключение, о степени ее проработки. Как показывает практика экспериментальных исследований тонкостенных цилиндрических оболочек, материал типа латунь Л63 был мало исследован, особенно при сложном нагружении на многозвенных траекториях, криволинейных траекториях и др. Это убеждает нас, что полученные экспериментальные данные численно согласуются с экспериментами других исследователей, таких как Дж.С. Хараквал, Л. К. Гурджар, Логинов Ю.Н. В отсутствии четких результатов экспериментальных исследований на сложное нагружение было бы невозможно теоретически записать уравнение теории процессов.

Объектом исследования являются латунные цилиндрические тонкостенные оболочки, подверженные воздействию осевых переменных нагрузок и крутящего момента.

Предметом исследования является оценка напряженно-деформируемого состояния материала латунь Л63 с помощью векторных и скалярных свойств в результате воздействия на оболочку знакопеременных нагрузок и крутящего момента.

Цель работы: разработка методики экспериментальных исследований напряженно-деформируемого состояния нагружаемых цилиндрических оболочек из латуни Л63 и экспериментальная проверка функций для, ε_{ij} σ_{ij} при упруго-пластическом деформировании, испытывающего сложное нагружение.

Основные задачи работы состоят:

1) В методике проведения «экспериментальных исследований на автоматизированном комплексе СЧ-ЭВМ в лаборатории механических испытаний» на образцах латуни Л63 по заданным программным траекториям деформирования.

2) Экспериментальное исследование механических свойств материала Л63 в сложных процессах деформирования по программе смещенного веера ломаных плоских траекторий.

3) Экспериментальное исследование механических свойств материала Л63 в процессах деформирования по гладким плоским криволинейным траекториям постоянной кривизны.

4) Графическая реализация отображения расчетных и экспериментальных результатов работы в векторном подпространстве А.А.Ильюшина.

5) Исследование векторных свойств латуни Л63 на двузвенных ломанных траекториях и криволинейных траекториях постоянной и переменной кривизны, установление зависимости между углом сближения и изменением знака кривизны.

Научная новизна работы представлена тем, чтобы впервые были получены результаты по установлению закономерностей упруго-пластического деформирования латуни Л63 для траекторий двузвенных ломаных и внецентренных окружностей с постоянной кривизной. Опыты были проведены с помощью автоматизированного комплекса СЧ-ЭВМ.

Практическое и теоретическое значение данной диссертационной работы состоит в использовании экспериментально-теоретических исследований и полученных экспериментальных данных в учебном процессе дисциплин строительная механика, теория упругости, механика грунтов, а так же внедрение на производстве ООО «ПромКонтроль» и других машиностроительных, строительных и конструкторских бюро. Нарботки, полученные в ходе выполнения данной диссертационной работы, внедрены в учебный процесс на кафедре «Сопротивления материалов теории упругости и пластичности» Тверского государственного технического университета для подготовки аспирантов по специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела», а также для подготовки магистров по направлению 08.04.01 «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог» кафедры «Автомобильных дорог, оснований и фундаментов» Тверского государственного технического университета.

Методология и методы исследования. Экспериментальные исследования по двузвенным ломаным и гладким траекториям постоянной кривизны выполнялись на высокоточном, экспериментально-расчётном комплексе СЧ-ЭВМ имени А.А. Ильюшина на кафедре «Сопротивления материалов, теории упругости и пластичности» Тверского государственного технического университета. Точность измерения испытываемых образцов соответствует ГОСТам, методики испытаний тонкостенных оболочек полностью удовлетворяют российским стандартам. Обработка экспериментальных данных велась в соответствии с общепринятыми методиками при рассмотрении упруго-пластического деформирования.

Положения, выносимые на защиту:

- совокупность методических рекомендаций по реализации различных сложных процессов упруго-пластического деформирования;
- описание плоских двузвенных ломаных и гладких траекторий деформирования, рассмотрение полученных экспериментальных данных;

- утверждение о том, что при рассмотрении двузвенных траекторий в точке излома на диаграмме прослеживания процесса имеет место "нырок";
- утверждение о том, что при рассмотрении гладких криволинейных траекторий постоянной кривизны в точках перехода между участками так же присутствует прямой "нырок";
- выявлены закономерности векторных и скалярных свойств, выполнен сравнительный анализ векторных свойств между прямолинейными траекториями с углом излома и углом, который образуется при переходе с одной гладкой траектории на другую.

Достоверность полученных экспериментальных данных обеспечивается корректным применением средств измерений образцов, использованием уникального высокоточного экспериментального комплекса СН-ЭВМ, расчетом скалярных и векторных свойств по зарекомендованным методикам в теории упруго-пластического деформирования. Необходимо отметить, что полученные результаты соответствуют экспериментальным данным, собранным при реализации экспериментов на других материалах и в других научных школах.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научной конференции-семинаре «Современные проблемы теории упругости в механике» Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, на научно-исследовательском семинаре по механики деформируемого твердого тела, в Тверском государственном техническом университете, на межвузовском симпозиуме в честь 85-летия Владимира Георгиевича Зубчанинова «Проблемы прочности, пластичности и устойчивости МДТТ, проведенном в Тверском государственном техническом университете в 2017 году, в Витебском государственном технологическом университете на Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов в 2023г.

Личный вклад автора заключается в разработке и планировании методических вопросов по проведению экспериментальных исследований, непосредственной реализации намеченных программ испытаний различных классов траекторий деформирования, обработке и анализе полученных результатов с учетом общепринятых моделей и параметров. Публикации по теме диссертационной работы в различных научных изданиях.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела» : п.13 (экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях).

Публикации. В процессе работы над диссертацией было написано и опубликовано всего девять статей, в том числе:

- 2 работы в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации;

- 1 статья в издании, индексируемом в крупнейшей единой библиографической и реферативной базе данных рецензируемой научной литературы со встроенными инструментами мониторинга, анализа и визуализации научно-исследовательских данных Scopus;

- 6 статей в других журналах и сборниках.

Структура и объем работы.

В составе работы имеются следующие составляющие:

- введение;

- главы 1-4;
- заключение;
- список используемой литературы;
- приложения.

Диссертация содержит 189 страниц, в том числе 82 рисунка и 1 таблица.

Автор выражает благодарность научному руководителю, д.т.н., профессору Гультяеву Вадиму Ивановичу, д.т.н., профессору Зубчанинову Владимиру Георгиевичу, к.т.н., доценту Алексееву Андрею Алексеевичу за ценные советы и консультации на начальном этапе работы над диссертацией.

ГЛАВА 1. Исторический обзор становления теории пластичности

1.1 Теория пластичности в первой половине XX века

На рубеже XVII-XVIII веков учеными-физиками формируются основные положения о прочности и упругости твердого тела.

Процесс формирования французской инженерной школы дал толчок для развития техники в XVIII-XIX вв. Наряду с этим, появляется новая, изучающая расчеты на прочность наука, имеющая название «Сопротивление материалов». Основоположниками дисциплины стали французские инженеры, имеющие отличную теоретическую математическую подготовку, в числе которых Коши, Ламэ, Леви, Сен-Венан.

В 1807г. Томас Юнг ввел положение о модуле упругости и пределе прочности. Это привело к тому, что инженеры изучать материал на предмет пластичности, так как осознали, что сооружения, которые они создавали, будут надежны, если за предел упругости напряжения выходить не будут. Несмотря на то, что понятие текучести было установлено еще в 1778 году Шарлем Кулоном, все расчеты основывались на упругом состоянии материалов вплоть до XIX в. В это же время возникает представление об изотропном идеально упругом теле.

В конце XIX начале XX века в исследованиях Мизеса, Хаара, Треска, Сен-Венана, Кармана были заложены основы теорий предельных состояний для пластических сред [1]. В 1864г. Анри Эдуард Треска проводил экспериментальное исследование с необратимым деформированием, по результатам которого сделал вывод, что твердое тело имеет свойство приращения деформаций при постоянной нагрузке. В 1870 году Сен-Венан, основываясь на условии текучести Мизеса[1], получил первую в то время первую математическую модель теории пластичности.

В проводимых исследованиях, ученые обращались к результатам работ ученого Анри Эдуарда Треска. Треска проводил работы на сдвиг, растяжение и сжатие металла, находящегося под давлением. Основанная уже позже Сен-Венаном математическая теория пластического течения металла была построена на предположении, что девиатор напряжений и девиатор деформации пропорциональны при условии текучести Анри Эдуарда Треска. При этом учитывалось, что металл несжимаем и жестко пластичен без упрочнения. В настоящее время это утверждение применяется в обработке металлов при решении многих задач, так как оно учитывает время, в течении которого происходит ползучесть и релаксация.

Чтобы решать трехмерные задачи, предположения Сен-Венана уже позднее пытался систематизировать Беппо Леви.

Ученые «уже в начале столетия выявили то, что уравнения упругости и вязкости не являются уравнениями состояния сред в определенных диапазонах параметров движения. Эти уравнения представляют их только примерно, только лишь для пластической и вязкоупругой области деформаций полимерных материалов и металлов. Но исследования в области пластичности» не останавливались, они продолжались и в начале XX века. Математик и механик австрийского происхождения Рихард Мизес в 1913 году для изотропного материала выдвинул предположение условия пластичности. Далее он вывел условие пластичности для анизотропного тела в 1928 году. А уже в 1924 году деформационная теория пластичности была сформулирована немецким математиком Генрихом Генки.

Генрих Генки отметил, что физический смысл в уравнении Мизеса имеет именно левая часть, которая в его понимании обозначалась как энергия видоизменения. Он также предполагал, что металл идеально упруго-пластический, а сумму упругой и пластической деформации он показал как полную деформацию. Ученый Хилл [173] решил задачу анизотропного тела,

а именно синтезировал теорию Мизеса, а также провел анализ вдавливания штампа в анизотропную среду.

В конце 20-х – начале 30-х годов XX века наступило время активных исследований в области экспериментальной механики. Эксперименты выполнялись на образцах в форме тонкостенных труб. В итоговых результатах экспериментов был реализован проект многоосного нагружения, которое проводилось в условиях однородного напряженно-деформированного состояния. Механики Лоде и Надаи в своих опытах [165] опередили остальных ученых в проверке теории пластического течения.

В исследованиях условий пластичности Сен-Венана и Мизеса они пришли к следующему выводу: условие пластичности Мизеса более отчетливо в отличие от выражений Сен-Венана описывает данные от полученных экспериментов, поэтому условие Мизеса более точное. Лоде и Надаи внесли вклад в изучение механики деформируемого твердого тела, и именно благодаря их опытам был внедрен параметр вида напряженного состояния μ [165].

Свой вклад в изучение этой темы внесли Эйхингер А. и Рош М. в 1927 году. Они проводили экспериментальные исследования над образцами из стальных тонкостенных труб. Образцы, при действии кручения, растяжения и внутреннего давления при пропорциональном нагружении, имели участок упрочнения и площадку текучести. Рош М. и Эйхингер А. выявили зависимость между октаэдрическим касательным напряжением и октаэдрическим сдвигом, которая является универсальной и которую можно описать законом единой кривой [165]. Они делили полные деформации на пластические и упругие в условиях пропорционального нагружения. Инженеры выявили, что материал остается квазиизотропным при процессе пластического деформирования в условиях упрочнения.

Вслед за тем механик Шмидт, в 1932 году, на медных и стальных образцах, выполненных в форме трубок, показал закон единой кривой для пропорционального нагружения. Шмидтом были проведены также научные эксперименты с чередованием кручения и растяжения и промежуточными разгрузками. Но, к сожалению, он не смог подтвердить закон единой кривой для этого опыта [165].

Для других частных теорий течения, соотношение можно было получить из определяющего соотношения, которое Хоэнмезер и Прагер [165] использовали в своих опытах 1932 года. Образцы в форме тонкостенных трубок подвергались испытаниям при одновременном раздельном действии растяжения и кручения. Представлять тензор деформаций и напряжений в линейном многомерном пространстве в векторной форме было предложено Прагером и Хоэнмезером. Индексное обозначение предлагалось для плоского напряженного состояния при растяжении с кручением трубчатых образцов.

В 1943 и 1945 гг. Девис ставил опыты [165], благодаря которым был подтвержден Закон единой кривой Эйхингера и Роша. Он испытывал образцы в форме труб из меди и стали на растяжение, внутреннее давление и пропорциональное нагружение. Деформация разрушения в его опытах доходила до 40 процентов.

Испытания образцов из тонкостенных труб в экспериментах Девиса, Шмидта, Надаи, Лоде, Эйхингера, Роша доказали законы пластичности при условиях, если между напряженным и деформированным состоянием элемента имеется инвариантная зависимость и нагружение элемента тела - простое.

Но до этого момента не было определенных зависимостей при сложном нагружении, которые могли охарактеризовать сложное напряженное состояние.

Коши создал классическую теорию напряжений, деформаций и уравнений движения, Лагранж и Эйлер представили движения сплошной среды – эти достижения являются основными теориями механики сплошной среды и сейчас.

Советский учёный в области механики сплошных сред А.А.Ильюшин в 1942г. приводит для упрочняющихся материалов теорию малых упругопластических деформаций, описывает теорему о простом нагружении, а также объясняет понятие «направляющего тензора» процесса и приводит объяснение о соответствии теории и эксперимента [132,133].

Проводя экспериментальные исследования на пропорциональное нагружение ученые Девис, Квини и Тейлор объяснили теорию о пропорциональности девиаторов напряжений и деформаций (скоростей деформаций), которые были применены в вариантах теории пластичности в те года. И уже годами позже, а именно в середине 50-х гг, всеобъемлющий обзор с анализом экспериментов проводил А.М. Жуков, им были проверены основные положения теории пластичности [106,107].

Решение вопроса упругопластического деформирования материалов для определенных классов траекторий берет на себя А.А.Ильюшин в начале 40-х гг, показывая определяющие соотношения деформационной теории в виде последующих законов [126,130,131]:

- закон пластического формоизменения;
- закон упругого изменения объема;
- закон упрочнения.

Он обосновал схожесть теорий при простом нагружении, а также определил понятия направляющих тензоров деформаций и напряжений и сложного и простого нагружения[130].

А.А.Ильюшин в 1944 году сформировал теорию устойчивости пластин и оболочек при простом докритическом нагружении за пределом упругости, которая является более точной по сравнению с общей теорией течения [128].

А.А.Ильюшин внес огромный вклад в историю в 1941-42гг. при обороне Москвы. Были модернизированы стволы орудий и артиллерийские снаряды, рассчитанные с помощью принципа малых упругопластических деформаций. Ильюшиным были решены следующие вопросы и задачи:

- им были предложены варианты решения вопросов деформационной теории пластичности – «метод упругих решений» для краевых задач;

- показал способ расчета на устойчивость и прочность оболочек и пластин из тонкостенных материалов за пределом упругости;

- он точно предсказал сходимость итерационного процесса, имея экспериментальные зависимости между напряжениями и деформациями в металлах;

- его метод упругих решений дал начало формированию наиболее совершенных способов решения систем нелинейных дифференциальных уравнений эллиптического типа.

«Теория Сен-Венана–Мизеса на изотропно упрочняющиеся среды была подытожена А.А.Ильюшиным в 1945г. В своих работах он учел упругие составляющие в полных деформациях, а также сформулировал 3 закона теории:

- 1) закон упругого изменения объема;
- 2) закон пропорциональности девиаторов напряжений и скоростей деформаций;
- 3) закон упрочняющейся упругопластической среды в виде обобщающегося закона Одквиста.»

После войны ученые А.А.Лебедев, В.В.Москвитин, Л.А.Толононников, Р.А.Васин, С.А.Христианович, Ю.Н.Шевченко, И.Я.Леонов, В.С.Ленский, А.С.Кравчук, В.Г.Зубчанинов, Д.Д.Ивлев, В.С.Бондарь, Прагер, Ю.Н.Работников, В.Д.Клюшников, Друккер, В.В.Новожилов, Ю.И.Кадашевич, А.А.Ильюшин, Е.И.Шемякин, Хилл, Койтер продолжили совершенствовать и улучшать теорию пластичности. [5,7, 100, 105, 129, 130,140-145, 150,159-162, 168-170,174, 175,177-181].

Возникла необходимость в исследования многих подходов к построению определяющих соотношений в условиях сложного деформирования материалов, а именно:

- теория скольжения;
- теория упругопластических процессов;
- теория пластического течения;
- и др.

В классической теории течения с гладкой поверхностью оптимальных показателей удалось добиться при одновременном учете изотропного и трансляционного упрочнения предельной поверхности (т.е. с учетом и ее перемещения, и расширения) [146]. Тем не менее, стоит отметить, что в точке нагружения остается незамеченным случай отклонения вектора приращения пластической деформации от нормали к предельной поверхности [153].

Таким образом, нарушение принципа градиентальности стало очередным толчком для разработки подходов, использующих сингулярные поверхности текучести.

Учеными Сандерсом и Койтером были выдвинуты следующие предположения:

- каноническая область возникает в точке нагружений;

- предельная поверхность огибает множество регулярных поверхностей;

- приращение пластической деформации зависит от направления активного процесса.

Эти теории были подхвачены и развиты уже позже В.Д.Клюшниковым [139,140], а далее уже В.В.Новожиловым, В.С.Бондарем, Ю.И.Кадашевичем и др [4, 138, 139,163].

Теория скольжения получила свое наименование благодаря работам Б.Будянского и С.Батдорфа. Они определяли материал как объединение частично ориентированных монокристаллов. Каждый монокристалл имеет систему скольжения, направление скольжения. Пластический сдвиг появляется в тот момент, когда предел текучести на сдвиг равен касательным напряжениям в плоскости скольжения.

Деформация, переходя предел текучести, превращается в определенную функцию касательного напряжения. Ученые Малмейстер А.К. создал теорию, а в дальнейшем и М.Я.Леонов, С.А.Христианович [176] тоже создали теории, которыми И.Кнетс и Г.Тетерс[171] воспользовались в своих работах. Они решали задачи устойчивости упругопластических систем при сложном нагружении.

Выдвинутые учеными различные виды теорий скольжения имеют различия в системах скольжения и законах, пластические скольжения по которым возникают при определенных нагружениях. Использование вышеуказанной теории для реализации поставленных задач на практике трудновыполнимо с точки зрения математики, так как в этой теории сложно построить определяющие соотношения [149-153].

Автором теории идеальной пластичности стал Ивлев Д.Д. В своей работе он использовал зависимости ассоциированного закона течения Мизеса (1928г.) и выполнил ряд задач, а именно:

- нашел решение замкнутой системы уравнений;
- ввел определение поля скоростей деформаций;
- нашел зависимость между напряжениями и деформациями посредством обобщенного ассоциированного закона пластического течения Рейса (1933г.);
- решил пространственную задачу теории идеальной пластичности;
- доказал, что в плоском случае теории идеальной пластичности и предельного состояния не имеют различий [108,109,110].

Чтобы улучшить технологические процессы прежде всего для производства металлических конструкций А.А.Ильюшин в 30-х годах начал изучать вязкопластическое течение. А.А.Ильюшин разработал теорию, которая помогла проводить расчеты обработки металлов давлением. Эта теория, в том числе, помогла выполнять расчеты течения пластических материалов по поверхности жестких и деформируемых деталей оборудования. Разработанная Ильюшиным система поспособствовала развитию металлургической промышленности [132, 133].

1.2 Теория процессов упруго-пластического деформирования.

«Изучение происходящих процессов в теории пластичности началось уже в середине XX века. Благодаря А.А.Ильюшину развивается новое течение в теории пластичности - общая математическая теория упругопластических процессов [114,117,133]. Он рассматривает такие процессы как начальная поверхность текучести. Он использует геометрическое представление процессов деформирования и нагружения в пятимерных векторных пространствах напряжений $S^{(5)}$ и деформации $\mathcal{E}^{(5)}$ [114,132,133] в линейных координатных евклидовых пространствах. А.А. Ильюшин вводит понятие – образ процессов для процессов-траекторий, а в

пространства показывает тензоры деформаций и напряжений» в виде векторов

А.А. Ильюшин в своих работах описывает постулат изотропии как принцип запаздывания векторных свойств материала . Он также предлагает теорию универсальных зависимостей между напряжениями, деформациями, температурой и временем и для различных сплошных сред. Он разделяет свойства материала на скалярные, характеризующие его интенсивность и на векторные, задающие направления процесса.

А.А. Ильюшин предполагает, что начальная поверхность текучести приближается к поверхности Мизеса, однако может с ней и не сходиться, он использует при этом закон о единой кривой упрочнения Эйхингера и Роша.

Для определения универсального закона упрочнения пользуются законом Одквиста-Ильюшина, а скользящий образ процесса пластического деформирования применяется при изотропном упрочнении. Линейные пространства в теории течения предстают почти изотропными. Постулаты изотропии частный и общий являются основами теории процессов. Зависимости между деформациями и напряжениями для траекторий малой кривизны и дальнейших разгрузок по траектории с угловыми точками основываются на принципе изотропии. Для отдельных материалов этот принцип не работает, поэтому А.А.Ильюшин определяет его как частный. Постулат изотропии используется для решения задач прямым методом.

Постулат локальной размерности образа процесса описывается в работах В.Г.Зубчанинова[46, 59, 60]. Им была построена теория пластичности для траекторий малого кручения. В.Г.Зубчанинов доказал закон сложной разгрузки материала [70].

Теория упругопластических процессов, по сравнению с остальными теориями, выглядит предельно понятной и геометрически показывает процессы нагружения и деформирования, опытным путем проверяет

основные постулаты, при этом математически просто и понятно сформулирована. Теория сформулирована в работах Р.А.Васина [6, 7], В.С.Ленского [146, 147], В.П.Дегтярева [44], А.М.Жукова [106, 107], В.Г.Зубчанинова [12, 49, 54, 59, 69] и др. [109, 139, 167].

Основополагающее значение постулата изотропии состоит в сокращении числа экспериментальных данных для определения материальных функций до количества базовых.

А.А.Поздеев, А.А.Маркин, П.В.Трусов, Л.А.Толоконников, и другие ученые, исследуя конечные деформации, принесли неоценимую пользу в изучении пластичности [157,158,167]. А траектории типа двузвенных ломаных исследовал в своих работах Р.А.Васин [6,7].

Сегодня мы имеем два варианта исследования определяющих соотношений теории упругопластических процессов. Первый вариант – это построение определяющих соотношений для простых классов процессов и траекторий. Второй вариант – с помощью определяющих соотношений для сложного нагружения по различным траекториям [52, 59, 60, 61]. В первом варианте в определяющие соотношения входят функционалы пластичности, зависящие от скалярных параметров (σ , $p=\sigma_{ii}/3$, T), кручения и кривизны.

На сегодняшний день в Тверском государственном техническом университете теоретически исследуют функционалы пластичности и аппроксимаций. Они дают возможность применить теорию процессов для решения краевых задач упругопластического деформирования материалов. Многими ключевыми экспериментами можно обосновать структуру аппроксимаций и их физическую достоверность.

В Тверском государственном техническом университете основателем и руководителем является В.Г.Зубчанинов. Он получил новые зависимости, обоснованные экспериментами, а также связал деформации и напряжения для различных траекторий сложного нагружения для пятимерного

пространства. Определяющие соотношения составляют пять функционалов, четыре из них отвечают за векторные свойства и один за скалярные. В своей работе В.Г.Зубчаниновым описан постулат локальной размерности, упрощающий математическое представление определяющих соотношений теории упругопластических процессов. Он описал, что «отнесенное к реперу Френе пятимерное девиаторное пространство разлагается на группу пересекающихся подпространств: два трехмерных, пересекающихся по одной из осей, четырехмерное и двумерное, двумерное и четырехмерное. Одно из пространств является физически изображающим, а второе – пустым. Для неаналитических траекторий образ процесса четырехмерный, а для аналитических» – трехмерный. По этой причине в определяющие соотношения входят только три или четыре функционала, вместо пяти.

При условии применения различных вариантов теории процессов, расчеты становятся более простыми. К такой теории можно отнести теорию пластических процессов малого кручения [91, 98]. Она показывает, что вектор напряжений $\bar{\sigma}$ лежит в соприкасающейся плоскости, а кручение траектории α_j мало. При условии пренебрежения круткой траектории, аппроксимации функционалов и сами функционалы становятся более простыми. Таким образом мы можем увидеть уравнения гипотезы компланарности А.А.Ильюшина [113, 133].

Гипотеза компланарности для произвольных траекторий по $\mathcal{E}^{(5)}$ описал В.С.Ленский, также он проверил гипотезу компланарности для траекторий деформирования в виде трехзвенных пространственных ломанных [147, 152]. В свою очередь и Е.Танака [164] Р.А.Васин [7] проверили гипотезу для винтовых траекторий. А предположение, что гипотеза компланарности Ильюшина в некоторых случаях не выполняется для локально-простых процессов распознал В.Г.Зубчанинов. Он также указал все условия ее невыполнения. Из этой гипотезы последовали частные варианты теории пластичности такие как:

- теория течения с изотропным упрочнением
- теория квазипростых процессов,
- теория Прагера,
- теория пластичности для траекторий средней кривизны,
- теория Прандтля-Рейса и т.д..

Используя соотношения гипотезы компланарности Ильюшина можно проверить физическую достоверность нескольких вариантов теории пластичности на разных классах траекторий.

Одновременно требуется проведение базовых экспериментов пространственным траекториям, чтобы проверить теории пластических процессов малого кручения [134]. В теории функционалы $\frac{d\sigma}{dS}$, M_1, M_3 зависят от угла сближения ϑ_1 , кручения α_3 , траектории модуля вектора напряжений σ и кривизны α_1 ,

Для изучения закономерностей деформирования материалов при деформировании и сложном нагружении проводились эксперименты на оболочках из тонкостенных цилиндров, на которые воздействовали одновременно внутреннего давления и кручение, сжатие-растяжение. Исходя из этого, трехмерные процессы как по напряжениям, так и по деформациям происходят в девиаторных пространствах, а однородное плоское напряженное состояние образуется в оболочке. Ученые В.С.Ленский [146, 150, 153], А.М.Жуков [106, 107], Р.А.Васин [7], В.П.Дегтярев [44], Н.Л.Охлопков [98,99,101,102,103], В.Г.Зубчанинов [80, 83, 90, 94, 95, 96] и др. [2, 33-34, 38-43, 144] в своих работах рассматривали ход действия материалов по плоским многозвенным траекториям. Они разработали закономерности изменения векторных и скалярных свойств материалов,

проверили фундаментальные гипотезы теории пластичности и изучили аппроксимации определяющих функций пластичности.

По результатам многочисленных экспериментов можно засвидетельствовать такое свойство материала: он становится анизотропным в результате пластической деформации, хотя изначально является изотропным. Ученые В.В.Гараников, Н.Л. Охлопков, Р.Н.Широв, Танаки, Охаши [164], В.Г.Зубчанинов [21, 73-79, 84, 87-89, 92-94,], , В.С.Ленский [151], В.И.Гультияев [8-10, 13-30] Р.А.Васин [7], и др. [166] выполняли эксперименты по пространственным многозвенным траекториям.

Такие испытания трудоемки для экспериментов и невозможны без автоматических аппаратных средств с применением управляющей ЭВМ, программного обеспечения, состыковки ЭВМ и нагружающего устройства. В Тверском государственном техническом университете такие эксперименты возможно проводить на аппарате СН-ЭВМ.

В данной диссертационной работе была использована теория процессов, которая является главной теорией пластичности, отражающая действительные пластические процессы. В Тверском государственном техническом университете под руководством В.Г.Зубчанинова проводят эксперименты со сложным нагружением при помощи аппарата СН-ЭВМ. Это позволяет проводить исследования на пластические деформации и получать новые закономерности свойств разных материалов.

ГЛАВА 2. Развитие теории пластичности

2.1 Основные положения теории пластичности

Теория пластичности начала свое существование с момента появления трудов инженера из Франции Треска в 1864 г. В них он выполнил анализ своих экспериментов выдавливания и истечению свинцовых заготовок через отверстия и выдвинул гипотезу о том, что достигая предельного касательного напряжения, какого-то максимально предельного максимального постоянного значения k возникает пластическое течение, т.е.

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_i - \sigma_j}{2} = k \quad (i \neq j, i > j), \quad (1)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - главные нормальные напряжения. Это условие называют условием пластичности Треска.

Благодаря опытам Треска учёные и инженеры стали обращать внимание на такие процессы, как ковка, прокатка, штамповка и др. Начали появляться вопросы о связи между напряжениями и деформациями в процессе пластического деформирования.

Первая математическая теория пластичности для плоской деформации и случая идеального пластического течения в 1870 г. была предложена Сен-Венаном. Он пренебрегал упругими деформациями ε_{ij}^e , считая, что они малы в отличии от пластических деформаций ε_{ij}^p , т.е. [1]

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \varepsilon_{ij}^p \approx \varepsilon_{ij}^p. \quad (2)$$

Он считал материал несжимаемым, жёстко пластическим. Поэтому относительное изменение объёма $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = 0$. Рассматривая плоскую деформацию, Сен-Венан обозначил закон пластического течения в виде

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + 4\sigma_{12}^2} = k, \quad (3)$$

где k – постоянная Треска.

Сен-Венан принял, что направление максимального касательного напряжения совпадает в каждой точке с напряжением максимальной скорости сдвига:

$$\frac{\sigma_{12}}{\sigma_{11} - \sigma_{22}} = \frac{\dot{\epsilon}_{12}}{\dot{\epsilon}_{12} - \dot{\epsilon}_{22}}, \quad (4)$$

$\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{12}$ - компоненты тензора напряжений (σ_{ij}),

$$\dot{\epsilon}_{11} = \frac{\partial v_1}{\partial x_1}, \quad \dot{\epsilon}_{22} = \frac{\partial v_2}{\partial x_2}, \quad \dot{\epsilon}_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_1}{\partial x_2} + \frac{\partial v_2}{\partial x_1} \right), \quad (5)$$

компоненты тензора скоростей деформаций ($\dot{\epsilon}_{ij}$), $u_i (i=1,2,3)$ являются перемещением точки, $v_i = \dot{u}_i$ - её скорости. Присоединяя сюда уравнение движения

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial x_2} &= \rho \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x_1} + v_2 \frac{\partial v_1}{\partial x_2} \right), \\ \frac{\partial \sigma_{21}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial x_2} &= \rho \left(\frac{\partial v_2}{\partial t} + v_1 \frac{\partial v_2}{\partial x_1} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x_2} \right). \end{aligned} \quad (6)$$

Он выбрал систему из 5 уравнений для 5 неизвестных $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{12}, v_1, v_2$.

В 1871 г. Леви обобщил уравнения Сен-Венана для пространственной задачи. Мизес в 1913 г. предложил обобщить теорию Сен-Венана для пространственной задачи и выдвинул своё предположение пластического течения идеального жёсткопластического материала:

$$\tau_{12}^2 + \tau_{23}^2 + \tau_{13}^2 = 2k^2, \quad (7)$$

где

$$\tau_{12} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}, \quad \tau_{23} = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}, \quad \tau_{13} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}. \quad (8)$$

главные касательные напряжения, $k = \frac{\sigma_T}{2} = \tau_T$ - предельное значение Треска для касательных напряжений при переходе в пластическое состояние.

В пространстве главных касательных напряжений условие пластического течения Мизеса (7) представляет собой шар. согласно чему ни одно из главных касательных напряжений (8) не могло превысить предельного значения k , т.е.

$$|\tau_{12}| \leq k, |\tau_{23}| \leq k, |\tau_{13}| \leq k.$$

В 1924г. ученым Генки установлено следующее. Левая часть уравнения (6) и удельная энергия формоизменения абсолютно равны.

$$W_\phi = \frac{1}{3G} (\tau_{12}^2 + \tau_{23}^2 + \tau_{13}^2) = C_T. \quad (9)$$

В случае простого растяжения, чтобы достигнуть пластического состояния $C_T = \frac{\sigma_T^2}{6G}$ из выражения (7) получим:

$$\tau_{12}^2 + \tau_{23}^2 + \tau_{13}^2 = \frac{\sigma_T^2}{2},$$

или

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_T^2. \quad (10)$$

Надаи в 1937 г. установлена возможность тактования условия пластичности Мизеса в качестве условия достижения октаэдрическим касательным напряжением какого-то максимального постоянного значения

$$C_0 = \frac{\sqrt{2}\sigma_T}{3} = \sqrt{2}\tau_T, \quad \tau_{окт} = \frac{1}{3} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}} = C_0, \quad (11)$$

Это привело к условию (3).

Законы теории пластического течения Мизеса принимают

$$\dot{\varepsilon}_{11} + \dot{\varepsilon}_{22} + \dot{\varepsilon}_{33} = 0, \quad (12)$$

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)} = \sigma^0, \quad (13)$$

$$\dot{\varepsilon}_{ij} - \dot{\varepsilon}_0 \delta_{ij} = \frac{V}{\sigma^T} (\sigma_{ij} - \sigma_0 \delta_{ij}), \quad (14)$$

где $\sigma^T = \sqrt{\frac{2}{3}} \sigma^T$, $2\dot{\varepsilon}_{ij} = \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i}$, σ^T - предел текучести при растяжении;

$\sigma_0 = \sigma_{ij} \delta_{ij} / 3$, $\varepsilon_0 = \varepsilon_{ij} \delta_{ij} / 3$, δ_{ij} - символ Кронеккера;

$$V = \frac{1}{3} \sqrt{(\dot{\varepsilon}_{11} - \dot{\varepsilon}_{22})^2 + (\dot{\varepsilon}_{22} - \dot{\varepsilon}_{33})^2 + (\dot{\varepsilon}_{33} - \dot{\varepsilon}_{11})^2 + 6(\dot{\varepsilon}_{12}^2 + \dot{\varepsilon}_{23}^2 + \dot{\varepsilon}_{31}^2)} -$$

скорость деформации (модуль девиатора скоростей деформаций). Мизесом добавлены три уравнения движения к уравнениям (4) – (6):

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + X_i = \rho \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right), \quad (i, j=1,2,3). \quad (15)$$

Получилась система из девяти уравнений с девятью неизвестными σ_{ij}, v_i . Напряжения можно найти при заданных скоростях. Однако наоборот получить скорости v_i , задав напряжения не представляется возможным по той причине, что скорость процесса течения V остаётся неопределённой.

В 1924 г. Генки разработал в случае идеальной упругопластической среды теорию пластического течения, т.е. стал принимать во внимание упругие части деформаций, приняв

$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \varepsilon_{ij}^p$. Упругие части подчинялись закону Гука

$$\varepsilon_{ij}^e = \frac{1}{E} [(1 + \mu)\sigma_{ij} - \mu\sigma_{kk}\delta_{ij}] \quad (16)$$

В итоге законом пластического течения был принят закон Мизеса (1). Пластическое изменение объёма $\Theta^p = \varepsilon_{11}^p + \varepsilon_{22}^p + \varepsilon_{33}^p = 0$, поэтому закон упругого изменения объёма

$$\Theta = \Theta^e = \frac{\sigma_0}{K} \quad (17)$$

распространялся и на область пластических деформаций. Здесь

$K = \frac{E}{[3(1-2\mu)]}$ - модуль объёмной деформации. Для пластических компонент

ε_{ij}^p дивергента деформаций Генки принимает закон

$$\varepsilon_{ij}^p = \frac{\varphi(\sigma)}{2G} S_{ij}, \quad (18)$$

где $S_{ij} = \sigma_{ij} - \delta\sigma_0$ - компоненты тензора – дивергента напряжений. Тогда законы теории Генки в современном виде можно записать

$$\Theta = \frac{\sigma_0}{K} \varepsilon_{ij} = \frac{1+\varphi(\sigma)}{2G} S_{ij}, \quad (19)$$

$$(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2) = 2\sigma_T^2.$$

Дополним дифференциальными уравнениями равновесия Коши

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + X_i = 0$$

и дифференциальными зависимостями Коши

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (20)$$

получаем замкнутую систему 15-ти уравнений с 15-ю неизвестными.

Если задать напряжения, то с помощью физических законов можно найти деформации. Однако если задать деформации, то вычислить напряжения не удастся.

В 1921г. исследователь Прандтль обратил внимание, что в некоторых задачах, таких, как задачи о вдавливании штампа в полупространство и др.,

пластическая деформация представлена как стеснённая окружающая упругая область и обладает такой же последовательностью, как и упругие деформации. Им было предложено при решении таких задач использовать модель не жёсткопластического материала, а модель идеального упругопластического материала. Соответствующая диаграмма называется диаграммой Прандтля.

Для плоской деформации Прандтль предложил соответствующую теорию пластического течения.

В 1924 г. Рейсседелал обобщенными мысли Прандтля и разработал теорию пластического течения для пространственного случая. В этой теории к качеству закона пластического течения принят закон Мизеса

$$(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2) = 2k^2.$$

Упругие и пластические части деформации $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \varepsilon_{ij}^p$ являются частью полных деформаций. Закону Гука следуют упругие деформации

$$\Theta^e = \frac{\sigma_0}{K}, \quad \mathcal{E}_{ij}^p = \frac{1}{2G} S_{ij}.$$

Пластические части подчиняются законам

$$\Theta^p = \varepsilon_{11}^p + \varepsilon_{22}^p + \varepsilon_{33}^p = 0, \quad \dot{\mathcal{E}}_{ij}^p = \dot{\lambda} S_{ij}.$$

Для полных скоростей деформации принимаем

$$\Theta^e = \frac{\sigma_0}{K}, \quad \dot{\mathcal{E}}_{ij} = \frac{S_{ij}}{2G} + \dot{\lambda} S_{ij}, \quad \dot{\lambda} = 2G \frac{V^p}{\sigma^T},$$

Прагером были описаны законы пластического течения Прандтля-Рейса в приращениях

$$d\lambda = \frac{dS^p}{\sigma^T}, \quad d\mathcal{E}_{ij} = \frac{dS_{ij}}{2G} + d\lambda S_{ij} \quad (21)$$

где

$$dS^p = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{(d\varepsilon_{11}^p - d\varepsilon_{22}^p)^2 + (d\varepsilon_{22}^p - d\varepsilon_{33}^p)^2 + (d\varepsilon_{33}^p - d\varepsilon_{11}^p)^2 + 6((d\varepsilon_{12}^p)^2 + (d\varepsilon_{23}^p)^2 + (d\varepsilon_{31}^p)^2)} -$$

приращение «количества» накопленной пластической деформации.

Теория пластичности течения идеальных упругопластических сред была образована благодаря Мизесу, Генки, Прандля, Прагеру, Сен-Венану, Рейсу и другим ученым в 40-х годах.

Большое количество теорий пластичности привело к необходимости их экспериментальной проверки, т. к. каждая из них приводила к различным результатам. Дальнейшее развитие теории пластичности связано с экспериментальными исследованиями Роша и Эйхингера, Бриджмена, Надаи, Лоде, Прагера и Хонемзера, Тейлора и Квини, Шмидта, Дэвиса, А.М.Жукова (1926-1950 гг.).

Рош и Эйхингер в 1928г. продвинулись в совершенствовании теории пластичности. Они учли упрочнение пластичности для деформируемых материалов.

Октаэдрические касательные напряжения определяются как универсальная функция октаэдрического сдвига для любого сложного напряжённого состояния при пропорциональном изменении напряжений

$$\tau_{окт} = f(\gamma_{окт}),$$

где

$$\begin{aligned} \tau_{окт} &= \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)}, \\ \gamma_{окт} &= \frac{2}{3} \sqrt{(\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22})^2 + (\varepsilon_{22} - \varepsilon_{33})^2 + (\varepsilon_{33} - \varepsilon_{11})^2 + 6(\varepsilon_{12}^2 + \varepsilon_{23}^2 + \varepsilon_{31}^2)} \end{aligned} \quad (22)$$

На пластически упрочняющиеся материалы была распространена Гипотеза начально изотропных материалов, что согласовывалось с законом пластического течения Мизеса для не упрочняющихся сред. В дальнейшем это предположение не подтвердилось в исследованиях А.М. Жукова, Дж. Лессельса, С. Мак-Грегора и др.

В 1942-45 А.А. Ильюшин, руководствуясь работами Мизеса для условий пластичности, а также приняв во внимание результаты экспериментов Надаи и Лоде, Хоэнмзера, Эйхенгера и Роша, Шмидта и Прагера, и Квини и Тейлора, Бриджмена, Дэвиса, и др., и в том числе теорию пластического течения деформационного типа Генки, смог описать физические законы для упрочняющихся сред при пропорциональном нагружении [123-125, 127]:

1. Упругой будет объёмная деформация среды:

$$\Theta = \frac{\sigma_0}{K} + 3\alpha\Delta T,$$

где

$$K = \frac{E}{3(1-2\mu)} -$$

модуль объёмной упругой деформации.

2. Направляющие тензоры напряжений и деформаций при активном нагружении совпадают.

$$\frac{S_{ij}}{\sigma} = \frac{\mathcal{E}_{ij}}{\mathcal{E}} \text{ или } S_{ij} = \frac{\sigma}{\mathcal{E}} \mathcal{E}_{ij}.$$

3. Универсальной функцией изменения интенсивности деформаций ε_i будет интенсивность напряжений σ_i , когда присутствует любое сложное напряжённое состояние и простое нагружение:

$$\sigma_i = \Phi(\varepsilon_i) \text{ или } \sigma = \Phi(\mathcal{E}).$$

4. В случае упругой разгрузки приращения напряжений и деформаций будут связаны законом Гука

$$\Delta\varepsilon_{ij} = \frac{1}{E} [(1+\mu)\Delta\sigma_{ij} - 3\mu\delta_{ij}\Delta\sigma_0] \quad (23)$$

А.А. Ильюшин привел такие понятия, как направляющие тензоры напряжений и деформаций, процессы нагружения и деформирования, простое и сложное нагружение и др.

Сделав анализ большого объема экспериментальных А.А. Ильюшиным (1947г.) были сделаны выводы: в случае пропорционального нагружения известные к тому времени частные теории пластичности одинаковы и сведены в теорию малых упругопластических деформаций (ТМУПД). Эта теория - общая математическая теория пластичности для простого нагружения.

А.А. Ильюшиным [119] было доказано следующее: испытаниями при простом нагружении подтверждены теорией малых упругопластических деформаций, но с погрешностью для сложных процессов нагружения.

Обобщение теории пластического течения Сен-Венана – Мизеса на упрочняющиеся среды было произведено А.А. Ильюшиным в 1943 г.

А.А. Ильюшин [120,121] считал упругой объёмную деформацию и не пренебрегал упругими деформациями. Закон упрочнения он записал в виде универсальной зависимости

$$\sigma = \Phi(S), S = \int_0^t \sqrt{\dot{\epsilon}_{ij} \dot{\epsilon}_{ij}} dt,$$

здесь S – число «накоплений упругопластической деформации», или – длина дуги траектории деформирования в девиаторном векторном пространстве.

Закон упрочнения Одквиста в 1933г при условии пластической деформации (1933 г.) принимает вид:

$$\sigma = \Phi(S^p), S = \int_0^t \sqrt{\dot{\epsilon}_{ij}^p \dot{\epsilon}_{ij}^p} dt,$$

здесь S^p - количество «накопленной пластической деформации», а точнее – длина дуги траектории пластических деформаций в девиаторном векторном пространстве.

Закон формоизменения А.А. Ильюшина:

$$\dot{\mathcal{E}}_{ij} = \frac{\dot{S}}{\sigma} S_{ij} \text{ или } d\mathcal{E}_{ij} = \frac{dS}{\sigma} S_{ij}.$$

В 1947 г. Прагер, обобщив теорию пластического течения Прандля – Рейса на упрочняющиеся среды, записывает закон связи напряжений и деформаций в виде:

$$d\mathcal{E}_{ij} = \frac{1}{2G} dS_{ij} + \frac{g(\sigma)}{2G} d\sigma S_{ij}.$$

Он определяет функцию упрочнения $g(\sigma)$ из опыта на растяжение, используя закон Роша и Эйхингера

$$\sigma = \Psi(\mathcal{E}^p). \quad (24)$$

В результате:

$$d\mathcal{E}_{ij} = \frac{1}{2G} dS_{ij} + \frac{d\mathcal{E}^p}{d\Psi} \frac{d\sigma}{\sigma} S_{ij}.$$

Если вместо закона Роша и Эйхингера использовать его обобщение А.А. Ильюшиным для полных деформаций, то законы теории Прагера примут вид

$$d\mathcal{E}_{ij} = \frac{1}{2G} dS_{ij} + \left(\frac{1}{2G_k} - \frac{1}{2G} \right) \frac{d\sigma}{\sigma} S_{ij}, \quad (25)$$

где $2G_k = \frac{d\sigma}{d\mathcal{E}}$ - удвоенный касательный модуль, определяемый из диаграммы $\sigma = \Phi(\mathcal{E})$.

$$dS_{ij} = 2G d\mathcal{E}_{ij} + (2G_k - 2G) \frac{d\mathcal{E}}{\sigma} S_{ij}. \quad (26)$$

Эти уравнения, написанные Прагером, не имеют новшеств в экспериментальных функциях, характеризующие работу сложного нагружения. Вследствие этого Прагер не решил задачу учёта сложного нагружения материалов с упрочнением.

Основываясь на законе упрочнения Одквиста, Хилл (1948 г.) пытался учесть сложное нагружение для упрочняющегося материала.

$$\sigma = H(S^p)$$

Он вывел следующее уравнение

$$d\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2G} dS_{ij} + \frac{dS^p}{dH} \frac{d\sigma}{\sigma} S_{ij}.$$

Принимая закон упрочнения А.А. Ильюшина [116] $\sigma = \Phi(S)$, приходим к современной трактовке определяющих соотношений теории Хилла

$$d\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2G} dS_{ij} + \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{2G} \right) \frac{d\sigma}{\sigma} S_{ij}$$

или

$$dS_{ij} = 2G d\varepsilon_{ij} + (P - 2G) \frac{S_{ij} d\varepsilon_{ij}}{\sigma^2} S_{ij},$$

где

$$P = \frac{d\sigma}{dS} = \frac{d\Phi(S)}{dS} = \frac{1}{2G} + \frac{dS^p}{dH}$$

- функция Ильюшина.

Системы Мизеса – Сен-Венана и Рейса – Прандля подытожены на упрочняющиеся среды Хиллом, Прагером и А.А Ильюшиным.

Вышеуказанные гипотезы не раскрывали эффект Баушингера и произвольное сложное нагружение А.Ю. Ишлинский (1945 г.) [135-137], Ю.Н.Кадашевич и В.В. Новожилов (1958 г.) [138] описали теорию течения

трансляционно – изотропным упрочнением материала, характеризующая эффект Баушингера. Определяющие соотношения этой теории:

$$d\mathcal{E}_{ij} = \frac{1}{2G} dS_{ij} + \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{2G} \right) \frac{d\sigma}{k\sigma} S_{ij}^0, \quad (27)$$

где S_{ij}^0 - компоненты девиатора активных или дополнительных напряжений;

$$k = 1 + \frac{g}{G} \left(1 - 2G \frac{\mathcal{E}}{\sigma} \cos \alpha \right), \quad \cos \alpha = \frac{S_{ij} \mathcal{E}_{ij}}{\sigma \mathcal{E}},$$

где $2g = \frac{S_{ij}}{\mathcal{E}_{ij}^p}$ - функция процесса нагружения.

Прагером введены в 1949г. общие определяющие соотношения математической теории течения для упрочняющейся среды

$$d\varepsilon_{ij}^p = h \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} \left(\frac{\partial f}{\partial \sigma_{mn}} d\sigma_{mn} \right), \left(\frac{\partial f}{\partial \sigma_{mn}} d\sigma_{mn} \right) > 0 \quad (28)$$

Тоже для тензорного векторного пространства

$$d\bar{\varepsilon}^p = h \text{grad} \left(\frac{\partial f}{\partial \sigma_{mn}} d\sigma_{mn} \right).$$

При разгрузке $d\varepsilon_{ij}^p = 0$, $d\bar{\varepsilon}^p = 0$, $\frac{\partial f}{\partial \sigma_{mn}} d\sigma_{mn} < 0$. Поверхность нагружения имеет представление $f(\sigma_{ij}) = 0$. Поверхность нагружения в девиаторном векторном пространстве А.А. Ильюшина $f(S_{ij}) = 0$,

$$d\bar{\mathcal{E}}^p = h \text{grad} f \left(\frac{\partial f}{\partial S_{mn}} dS_{mn} \right)$$

или в скалярной форме

$$d\mathcal{E}_{ij}^p = h \frac{\partial f}{\partial S_{ij}} \left(\frac{\partial f}{\partial S_{mn}} dS_{mn} \right), \left(\frac{\partial f}{\partial S_{mn}} dS_{mn} \right) > 0.$$

Пассивный процесс при $d\bar{\mathcal{E}}^p = 0$, $d\bar{\mathcal{E}}_{ij}^p = 0$, $\frac{\partial f}{\partial S_{mn}} dS_{mn} < 0$.

В 1954 г. А.А. Ильюшин выдвигает теорию процессов. Он описывает пятимерные векторные девиаторные пространства деформаций $\mathcal{E}^{(5)}$ и напряжений $\Sigma^{(5)}$. Геометрически в виде траекторий нагружения и деформирования изображены в этих пространствах нагрузки и деформации.

А.А. Ильюшин описывает постулат изотропии и определение образа процесса [112, 115]. Он гласит, что все существующие в то время теории пластичности удовлетворяют постулату изотропии. Для траекторий малой кривизны предлагаются соотношения

$$d\mathcal{E}_{ij} = \frac{dS}{\sigma} S_{ij} \text{ или } d\bar{\mathcal{E}} = \frac{dS}{\sigma} \bar{\sigma},$$

где $\bar{\mathcal{E}}$, $\bar{\sigma}$, - вектора деформаций и напряжений в $\mathcal{E}^{(5)}$ и $\Sigma^{(5)}$, $\sigma = \Phi(S)$ является универсальной функцией процесса.

В 1971 А.А. Ильюшиным предложены уравнения гипотезы компланарности

$$d\bar{\mathcal{E}} = \frac{1}{N} d\bar{\sigma} + \left(\frac{1}{P} + \frac{1}{N} \right) \frac{\bar{\sigma} d\bar{\sigma}}{\sigma^2} \bar{\sigma}$$

или в скалярной форме

$$d\mathcal{E}_{ij} = \frac{1}{N} dS_{ij} + \left(\frac{1}{P} + \frac{1}{N} \right) \frac{S_{ij} dS_{ij}}{\sigma^2} S_{ij},$$

где P , N – функции процесса, $P = \frac{d\Phi}{dS} \frac{1}{\cos \vartheta_1}$.

В.И. Малый (1978 г.) [155-156] предлагает для траекторий средней кривизны принять $\sigma = \Phi(S)$, $P = \frac{d\Phi}{dS}$, $N = \frac{\Phi(S)}{\lambda(S)}$, где $\lambda(S)$ - некоторая функция.

В.Г. Зубчанинов (1982 г.) описывает теорию малого кручения[56]:

$$d\bar{\sigma} = Nd\bar{\Delta} + M \frac{\bar{\sigma}}{\sigma} + \sigma \sin \vartheta_1 d \left(\frac{1}{\chi_1} \frac{d^2 \Delta}{dS^2} \right), \quad (29)$$

где

$$M = \frac{d\sigma}{dS} - M_1 \cos \vartheta_1 = (P - M_1) \cos \vartheta_1,$$

$$N = \sigma \sin \vartheta_1 - \frac{\sigma}{\sin \vartheta_1} \left(\frac{d\vartheta_1}{dS} + \chi_1 \right).$$

Тогда же В.Г. Зубчанинов [85] описывает соотношения модифицированной теории течения

$$d\Delta_{ij} = \frac{1}{2G\alpha} dS_{ij} + \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{2G\alpha} \right) \frac{S_{ij} dS_{ij}}{\sigma^2} S_{ij},$$

где $0 < \alpha \leq 1$, $N = 2G\alpha$, $P = \frac{d\sigma}{dS} \frac{1}{\cos \vartheta_1}$, $\frac{d\sigma}{dS} = \frac{d\Phi(S)}{dS} - \left[2G + \frac{d\Phi(S_0)}{dS} \right] f^P$,

$f = (1 - \cos \vartheta_1)/2$, $p = p(\sigma)$, $\sigma = \Phi(S)$. В векторной форме

$$d\bar{\Delta} = \frac{1}{2G\alpha} d\bar{\sigma} + \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{G\alpha} \right) \frac{\bar{\sigma} d\bar{\sigma}}{\sigma^2} \bar{\sigma}.$$

В период 1954-2000 В.С. Ленский, А.М. Жуков, Р.А. Васин, Дао Зуй Бик, В.П. Дегтярёв, В.И. Малый, В.Г. Зубчанинов [33,55-57,5-68] сыграли большую роль в развитие теории процессов.

В 1989 г. В.Г. Зубчанинов [62,63] разрабатывает общие дифференциально-линейные определяющие соотношения теории процессов.[1]

$$\frac{d\bar{\sigma}}{dS} = M_k \hat{p}_k + M \hat{\sigma}, (k = 1, 2, \dots, 5), \quad (30)$$

где функционалы

$$M_k = \sigma (P_k^0 - P_2^0 \cos \beta_k / \cos \beta_2), \quad (31)$$

$$M = \frac{d\sigma}{dS} - M_k \cos \beta_k, \quad (32)$$

$$P_K^0 = \frac{d}{dS}(\cos \beta_K) - (\chi_K \cos \beta_{K+1} - \chi_{K-1} \cos \beta_{K-1}), \quad (33)$$

$$\hat{\sigma} = \cos \beta_K \hat{p}_K, \quad (34)$$

\hat{p}_K - единичные орты репера Френе в текущей точке траектории деформирования. В. Г. Зубчанинов ввел полярные сферические координаты ϑ_m по формулам

$$\begin{aligned} \cos \beta_1 &= \cos \vartheta_1, \quad \cos \beta_2 = \sin \vartheta_1 \cos \vartheta_2, \quad \cos \beta_3 = \sin \vartheta_1 \sin \vartheta_2 \cos \vartheta_3, \\ \cos \beta_4 &= \sin \vartheta_1 \sin \vartheta_2 \sin \vartheta_3 \cos \vartheta_4, \quad \cos \beta_5 = \sin \vartheta_1 \sin \vartheta_2 \sin \vartheta_3 \sin \vartheta_4, \end{aligned} \quad (35)$$

и получил уравнения

$$\begin{aligned} \frac{d\vartheta_1}{dS} + \chi_1 \cos \vartheta_2 &= -\frac{1}{\sigma} [M_1 \sin \vartheta_1 + M_0 \cos \vartheta_1 \sin \vartheta_2], \\ \sin \vartheta_1 \left(\frac{d\vartheta_2}{dS} + \chi_2 \cos \vartheta_3 \right) &= \chi_1 \cos \vartheta_1 \sin \vartheta_2 + \frac{1}{\sigma} M_0 \cos \vartheta_2, \\ \sin \vartheta_1 \sin \vartheta_2 \left(\frac{d\vartheta_3}{dS} + \chi_3 \cos \vartheta_4 \right) &= \chi_2 \sin \vartheta_1 \cos \vartheta_2 \sin \vartheta_3 + \frac{1}{\sigma} (M_* \cos \vartheta_3 - M_3 \sin \vartheta_3), \\ \sin \vartheta_1 \sin \vartheta_2 \sin \vartheta_3 \left(\frac{d\vartheta_4}{dS} + \chi_4 \right) &= \chi_3 \sin \vartheta_1 \sin \vartheta_2 \cos \vartheta_3 \sin \vartheta_4 + \frac{1}{\sigma} (M_5 \cos \vartheta_4 - M_4 \sin \vartheta_4), \end{aligned} \quad (36)$$

где

$$M_0 = M_3 \cos \vartheta_3 + M_* \sin \vartheta_3, \quad M_* = M_4 \cos \vartheta_4 + M_5 \sin \vartheta_4. \quad (37)$$

Вышеуказанные соотношения при заданных M_K определяют углы ориентации ϑ_m , вектор $\bar{\sigma}$ в репере Френе, а при известных ϑ_m - для определения функционалов M_K .

Иной вид определяющих соотношений выглядит следующим образом:

$$\frac{d\bar{\sigma}}{dS} = N_r \hat{p}_r + N_\sigma \hat{\sigma} + N_\vartheta \hat{\vartheta}, \quad (r = 1, 4, 5),$$

где

$$N_r = M_r - M_3 A_r / A_3, \quad N_\vartheta = -M_3 A_0 / A_3,$$

$$N_\sigma = M + M_3 / A_3,$$

$$\hat{\sigma} = A_0 \hat{\mathcal{E}} + A_m \hat{p}_m, \hat{\mathcal{E}} = \cos \alpha_K \hat{p}_K, m = (1,3,4,5),$$

$$A_0 = \cos \beta_0 / \cos \alpha_2, A_m = \cos \beta_m - A_0 \cos \alpha_m.$$

Подобные два вида определяющих соотношений были приведены в пространстве напряжений $\Sigma^{(5)}$. В.Г. Зубчанинов получил, что соотношения современной теории течения следуют из соотношений (10)-(17) [50 – 51].

В 1993 г. В.Г. Зубчанинов для начально изотропных сред выводит трактат физической определённости: размерность вида процесса полностью установлена в локальном трёхмерном репере Френе $\{\hat{p}_1, \hat{p}_2, \hat{p}_3\}$ векторного Z -подпространства девиаторного пространства $\mathcal{E}^{(5)}$, а функционалы процесса, входящие в них, не будут зависимы от параметров кручения χ_3, χ_4 траектории кривизны и деформирования и.

В изображающем Z -подпространстве составляющей определяющего соотношения по направлению локального вектора $\hat{p} = \hat{p}_3$ пересечения подпространств $Z \cap \Pi$ отражается квазипростой образ сдвигового процесса в векторном Π -подпространстве при неподвижном репере $\{\hat{e}_1, \hat{e}_2, \hat{e}_3\}$.

Согласно этому постулату

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{\sigma}}{dS} &= M_1 \hat{p}_1 + M \hat{\sigma} + M_3 \hat{p}_3, \\ \bar{\sigma} &= \sigma [\cos \vartheta_1 \hat{p}_1 + \sin \vartheta_1 (\cos \vartheta_2 \hat{p}_2 + \sin \vartheta_2 \hat{p}_3)], \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} M &= \frac{d\sigma}{dS} - M_1 \cos \vartheta_1 - M_3 \sin \vartheta_1 \sin \vartheta_2, \\ M_1 \sin \vartheta_1 &= M_3 \cos \vartheta_1 \sin \vartheta_2 - \sigma \left(\frac{d\vartheta_1}{dS} + \chi_1 \cos \vartheta_2 \right), \\ \frac{M_3 \cos \vartheta_2}{\sigma} &= \sin \vartheta_1 \left(\frac{d\vartheta_2}{dS} + \chi_2 \right) - \chi_1 \cos \vartheta_1 \sin \vartheta_2. \end{aligned}$$

В изображающем подпространстве при неподвижном репере $\{\hat{e}_4, \hat{e}_3, \hat{e}_5\}$

$$\bar{\sigma} = S_1 \hat{e}_1 + S_2 \hat{e}_2 + \hat{\tau}_3, \quad \bar{\Theta} = \Theta_1 \hat{e}_1 + \Theta_2 \hat{e}_2 + \gamma \hat{e}_3.$$

В П-подпространстве при репере $\{\hat{e}_3, \hat{e}_4, \hat{e}_5\}$

$$\bar{\tau} = \hat{\tau} = S_3 \hat{e}_3 + S_4 \hat{e}_4 + S_5 \hat{e}_5, \quad \bar{\gamma} = \gamma \hat{e} = \Theta_3 \hat{e}_3 + \Theta_4 \hat{e}_4 + \Theta_5 \hat{e}_5.$$

Определяющие соотношения в П подпространстве имеют вид

$$\bar{\tau} = \frac{\tau}{\gamma} \bar{\gamma}, \quad d\bar{\tau} = \frac{\tau}{\gamma} d\bar{\gamma} + \left(\frac{d\tau}{d\gamma} - \frac{\tau}{\gamma} \right) \frac{\bar{\tau} d\bar{\gamma}}{\tau^2} \bar{\tau}.$$

Они следуют при $M_1 = \frac{\tau}{\gamma}$, $M_3 = 0$, $M = \frac{d\tau}{d\gamma}$, $\hat{\tau} = \hat{p}_3$.

А.В. Акимовым, В.А. Филиновым, В.А. Харитоновым, Д.Е. Ивановым, Н.Л. Охлопковым, С.А. Лариным А.А. Ильюшиным под руководством профессора В.Г. Зубчанинова в 1980 г. была разработана и создана автоматизированная машина СН-ЭВМ.

С 1980 по 2023 гг. с помощью этого комплекса составлены новые результаты экспериментов, которые определяют закономерности упругопластического поведения конструкционных материалов при сложном нагружении. Они имеют большое значение в усовершенствовании теории пластичности и в частности теории процессов.

2.2 Основные соотношения теории упругопластических процессов для плоских траекторий

Для шестимерного пространства деформаций E_6 разберем ситуацию.

«Линия деформирования $\bar{\varepsilon}(s)$ в E_6 , в случае неподвижного репера $\{\hat{i}_k\}$ ($k=0, \dots, 5$) с выстроенными в каждой точке s векторами напряжений \bar{S} , а

также их приращении \overline{dS} , приписанными к ним температурой T остальными не термомеханическими параметрами β , основывают систему.

Покажем вектор \overline{S} в репере Френе в форме»

$$\overline{S} = P_k \hat{p}_k \quad (k = 0, \dots, 5) \quad (38)$$

Здесь дифференциальным уравнениям Френе[56] удовлетворяют единичные орты репера $\{\hat{p}_k\}$.

Можно сделать заключение на принципах постулата макроскопической определенности (ПМО): в момент времени t физическое состояние частицы среды определяется процессом [81,82]. На основании этого заключения разложение вектора напряжений (38) выступит физическим законом, когда коэффициенты P_k будут определены функциональными зависимостями от $\varepsilon_{ij}, T(t), \beta(t)$.

При этом постулат макроскопической определенности будет сведен к виду физического закона (38), в котором

$$P_k = P_k \{s, \chi_m, T, \beta, \varepsilon_0, \varphi, \omega\} \quad (k = 0, \dots, 5) \quad (39)$$

Функционалы «обусловлены длиной дуги траектории s или модулем-инвариантом $\mathcal{E}(s)$ и параметрами \varkappa, T, β , а также инвариантами тензора деформаций ε_0, φ в качестве функции $s=s(t)$ и структуры параметра ω . Параметром отслеживания этого процесса в части тела будет выбрана длина дуги $s(t)$ или время t , притом постоянно скорость процесса деформирования $s \geq 0$. Имея ввиду такие условия, что объемная деформация для большего числа сред упруга, деформация среды представляется совокупностью преобразования ее объема и формы.» Тенденция изучить происходящие в пятимерных девиаторах подпространствах E_5, \sum_5 А.А. Ильюшина [112,118]

процессы является вполне закономерной. Векторы деформаций и напряжений можно получить следующим образом:

$$\bar{\varepsilon} = \bar{\mathcal{E}}_0 + \bar{\mathcal{E}} \bar{S} = \bar{\sigma}_0 + \bar{\sigma} \quad (40)$$

$$\begin{cases} \hat{\mathcal{E}}_0 = \mathcal{E}_0 \hat{i}_0 = \sqrt{3} \varepsilon_0 \hat{i}_0, \hat{\sigma}_0 = S_0 \hat{i}_0 = \sqrt{3} \sigma_0 \hat{i}_0 \\ \hat{\mathcal{E}} = \mathcal{E}_k \hat{i}_k, \hat{\sigma} = S_k \hat{i}_k (k = 0, \dots, 5) \end{cases} \quad (41)$$

Концы векторов $\bar{\mathcal{E}}$ и $\bar{\sigma}$ описывают в E_5, \sum_5 пятимерные траектории формоизменения дуг s и \sum . Используя формулы неподвижного базиса $\left\{ \hat{i}_k \right\}$

единичные векторы запишем в виде:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{\sigma}}{\sigma} = \cos \varphi_k \hat{i}_k, \hat{\mathcal{E}} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{\mathcal{E}} = \cos \psi_k \hat{i}_k,$$

В этом выражении их угловые координаты φ_k, ψ_k соответственно.

Добавим угловые сферические координаты $\omega_m, \Omega_m (m=1, 2, 3, 4)$ и получим:

$$\begin{cases} \cos \varphi_1 = \cos \omega_1, \cos \varphi_2 = \sin \omega_1 \cos \omega_2, \cos \varphi_3 = \sin \omega_1 \sin \omega_2 \cos \omega_3, \\ \cos \varphi_4 = \sin \omega_1 \sin \omega_2 \sin \omega_3 \cos \omega_4, \cos \varphi_5 = \sin \omega_1 \sin \omega_2 \sin \omega_3 \sin \omega_4 \end{cases}$$

И аналогичные им формулы для ψ_k , то получим

$$\begin{cases} \hat{\sigma} = \frac{\bar{\sigma}}{\sigma} = \cos \omega_1 \hat{i}_1 + \sin \omega_1 (\cos \omega_2 \hat{i}_2 + \sin \omega_2 \hat{i}) \\ \hat{i} = \cos \omega_3 \hat{i}_3 + \sin \omega_3 (\cos \omega_4 \hat{i}_5 + \sin \omega_5 \hat{i}_5) \\ \hat{\mathcal{E}} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{\mathcal{E}} = \cos \Omega_1 \hat{i}_1 + \sin \Omega_1 (\cos \Omega_2 \hat{i}_2 + \sin \Omega_2 \hat{j}) \\ \hat{j} = \cos \Omega_3 \hat{i}_3 + \sin \Omega_3 (\cos \Omega_4 \hat{i}_4 + \sin \Omega_4 \hat{i}_5) \end{cases} \quad (42)$$

В этом случае внутренняя геометрия траектории в E_5 может быть представлена как продвижение по ней репера Френе $\left\{ \hat{p}_k \right\}$.

Орты репера Френе объединены дифференциальным уравнением Френе

$$\begin{cases} \frac{d\hat{p}_1}{ds} = \varkappa_1\hat{p}_2, \frac{d\hat{p}_2}{ds} = \varkappa_1\hat{p}_1 + \varkappa_2\hat{p}_2, \frac{d\hat{p}_3}{ds} = -\varkappa_2\hat{p}_2 + \varkappa_3\hat{p}_4 \\ \frac{d\hat{p}_4}{ds} = -\varkappa_3\hat{p}_3 + \varkappa_4\hat{p}_5, \frac{d\hat{p}_5}{ds} = \varkappa_4\hat{p}_4 (k = 1, \dots, 5; \varkappa_0 = \varkappa_5 = 0) \end{cases} \quad (43)$$

Здесь видим \varkappa_m ($m=1,2,3,4$) – это параметры кривизны и кручения. Они влияют на структуру функционалов пластичности P_k .

Процесс деформирования в E_5 представим

$$\begin{cases} \bar{\sigma} = P_k\{s, \varepsilon_0, \varkappa_m, T, \beta, \varphi, \omega\}\hat{l}_k \\ \bar{\sigma}_0 = P_0\{s, \varepsilon_0, \varkappa_m, T, \beta, \varphi, \omega\}\hat{l}_0 \end{cases} \quad (44)$$

Чтобы разделить векторные и скалярные свойства материалов представим

$$\sigma = \sigma\hat{\sigma}, \quad \mathfrak{E} = \mathfrak{E}\hat{\mathfrak{E}}$$

Единичные векторы запишем здесь в репере Френе

$$\hat{\sigma} = \cos\beta_k\hat{p}_k, \quad \hat{\mathfrak{E}} = \cos\alpha_k\hat{p}_k (k = 1, \dots, 5) \quad (45)$$

Эквивалентны соответствующим направляющим «тензорам-девиаторам», α_k, β_k – угловые координаты единичных векторов.

Локальная форма определяющих соотношений в репере Френе

$$\frac{d\bar{\sigma}}{ds} = P_k^*\hat{p}_k, \quad \frac{d\hat{\sigma}}{ds} = P_k^0\hat{p}_k, \quad (46)$$

Преобразуя дифференцированием (46) по s и учитывая (46), (45), получаем соотношения функционалов пластичности через $\sigma, \varkappa_m, \beta_k$ в виде [47]

$$\begin{cases} P_k^* = \frac{d\sigma}{ds} \cos\beta_k + P_k^0 \\ P_k^0 = \frac{d}{ds} \cos\beta_k - (\varkappa_k \cos\beta_{k+1} - \varkappa_{k-1} \cos\beta_{k-1}) \end{cases} \quad (47)$$

Локальная форма дифференциально-нелинейных определяющих соотношений общей математической теории пластичности

$$\frac{d\bar{\sigma}}{ds} = M_k \hat{p}_k + M\hat{\sigma} (k = 1, \dots, 5) \quad (48)$$

Где функционалы процесса

$$\begin{cases} M_k = \sigma \left(P_k^0 - P_2^0 \cos\beta_k / \cos\beta_2 \right) \\ M = \frac{d\sigma}{ds} - M_k \cos\beta_k \frac{d\sigma}{ds} = P \cos\beta_1 \end{cases} \quad (49)$$

Будут зависимы от следующих параметров $\varepsilon_0, \bar{\mathcal{E}}, \varphi, \varkappa_m, T, \beta, \omega$ как от функций $s(t)$ самого процесса деформирования.

Необходимо присоединить закон изменения объёма к данному соотношению (5.65). Получаем

$$\sigma_0 = P_0 \{s, \varepsilon_0, \varkappa_m, T, \beta, \varphi, \omega\}_{s(t)} \quad (50)$$

В случае вектора деформаций $\bar{\mathcal{E}}$ запишем

$$\frac{d\bar{\mathcal{E}}}{ds} = \hat{p}_1, \quad \frac{d\hat{\mathcal{E}}}{ds} = R_k^0 \hat{p}_k (k = 1, \dots, 5) \quad (51)$$

где

$$R_k^0 = \frac{d}{ds} \cos\alpha_k - (\varkappa_k \cos\alpha_{k+1} - \varkappa_{k-1} \cos\alpha_{k-1}) \quad (52)$$

Целиком можно увидеть «физический процесс E_5 в уравнениях (43) (48). Эти уравнения и будут общими законами математической теории пластичности. Главные трудности состоят как раз в построении функционалов пластических процессов $M_k, P(d\sigma/ds)$.

Девиаторные пространства E_5 и Σ_5 преобразуются в изотропные пространства относительно изменения отражения и вращения, если свойства

среды слабо зависимы или независимы от вида напряженного либо деформированного состояний» (параметров $\varepsilon_0, \varphi, \sigma_0, \psi$).

Аналогичный процесс прослеживается и в пространстве напряжений.

Описанный А.А. Ильюшиным постулат изотропии применим для металлов и их сплавов. Однако для сред влияние $\varepsilon_0, \varphi, \sigma_0, \psi$ необходимо конкретизировать, например требуется уточнить постулат изотропии для состояний материалов с низкой и высокой температурах, для грунтов и при условии больших деформаций.[45]

Введем вместо угловых координат $\alpha_k, \beta_k (k = 1, \dots, 5)$ полярные сферические координаты $\vartheta_m, \theta_m, (m = 1, 2, 3, 4)$.

$$\begin{cases} \hat{\sigma} = \cos\vartheta_1 \hat{p}_1 + \sin\vartheta_1 [\cos\vartheta_2 \hat{p}_2 + \sin\vartheta_2 \hat{p}] \\ \hat{p} = \cos\vartheta_3 \hat{p}_3 + \sin\vartheta_3 [\cos\vartheta_4 \hat{p}_4 + \sin\vartheta_4 \hat{p}_5] \\ \hat{\Theta} = \cos\theta_1 \hat{p}_1 + \sin\theta_1 [\cos\theta_2 \hat{p}_2 + \sin\theta_2 \hat{p}] \\ \hat{q} = \cos\theta_3 \hat{p}_3 + \sin\theta_3 [\cos\theta_4 \hat{p}_4 + \sin\theta_4 \hat{p}_5] \end{cases} \quad (53)$$

Тогда вместо соотношений (38) и (42) получаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\vartheta_1}{ds} + \alpha_1 \cos\vartheta_2 = \frac{1}{\sigma} [-M_1 \sin\vartheta_1 + M_0 \cos\vartheta_1 \sin\vartheta_2] \\ \sin\vartheta_1 \left(\frac{d\vartheta_2}{ds} + \alpha_2 \cos\vartheta_3 \right) = \alpha_1 \cos\vartheta_1 \sin\vartheta_2 + \frac{M_0}{\sigma} \cos\vartheta_2 \\ \sin\vartheta_1 \sin\vartheta_2 \left(\frac{d\vartheta_3}{ds} + \alpha_3 \cos\vartheta_4 \right) = \alpha_2 \sin\vartheta_1 \cos\vartheta_2 \sin\vartheta_3 + \frac{1}{\sigma} [M_* \cos\vartheta_3 - M_3 \sin\vartheta_3] \\ \sin\vartheta_1 \sin\vartheta_2 \sin\vartheta_3 \left(\frac{d\vartheta_4}{ds} + \alpha_4 \right) = \alpha_3 \sin\vartheta_1 \sin\vartheta_2 \cos\vartheta_3 \sin\vartheta_4 + \frac{1}{\sigma} [M_5 \cos\vartheta_4 - M_4 \sin\vartheta_4] \end{array} \right.$$

где

$$M_0 = M_3 \cos\vartheta_3 + M_* \sin\vartheta_3, \quad M_* = M_4 \cos\vartheta_4 - M_5 \sin\vartheta_4$$

$$\begin{cases} \frac{d\theta_1}{ds} + \varkappa_1 \cos\theta_1 = -\frac{1}{\vartheta} \sin\theta_1 \\ \sin\theta_1 \left(\frac{d\theta_2}{ds} + \varkappa_2 \cos\theta_3 \right) = \varkappa_1 \cos\theta_1 \sin\theta_2 \\ \sin\theta_2 \left(\frac{d\theta_3}{ds} + \varkappa_3 \cos\theta_4 \right) = \varkappa_2 \cos\theta_2 \sin\theta_3 \\ \sin\theta_3 \left(\frac{d\theta_4}{ds} + \varkappa_4 \right) = \varkappa_3 \cos\theta_3 \sin\theta_4 \end{cases}$$

Для векторных свойств процесса деформирования в E_5 уравнения (43)-(45) представлены.[48]

При условии трехпараметрической плоской задачи $\vartheta_3 = \vartheta_4 = 0$, $\theta_3 = \theta_4 = 0$, $\varkappa_3 = \varkappa_4 = 0$,

Тогда определяющие соотношения (48) примут вид:

$$\frac{d\bar{\sigma}}{ds} = M_1 \hat{p}_1 + M \hat{\sigma} + M_3 \hat{p}_3 \quad (54)$$

где

$$\begin{cases} M = \frac{d\sigma}{ds} - M_1 \cos\vartheta_1 - M_3 \sin\vartheta_1 \sin\vartheta_2 \\ M_1 = M_1 \{ \vartheta, \varepsilon_0, \varkappa_1, \varkappa_2, T, \beta, \varphi, \omega \}_{s(t)} \\ M_3 = M_3 \{ \vartheta, \varepsilon_0, \varkappa_1, \varkappa_2, T, \beta, \varphi, \omega \}_{s(t)} \end{cases} \quad (55)$$

Для плоских траекторий ($\varkappa_2 = 0, \vartheta_2 = 0$) получаем:

$$\begin{cases} \frac{d\bar{\sigma}}{ds} = M_1 \hat{p}_1 + M \hat{\sigma} \\ M = \frac{d\sigma}{ds} - M_1 \cos\vartheta_1 = (P - M_1) \cos\vartheta_1 \\ \frac{d\vartheta_1}{ds} + \varkappa_1 = -\frac{M_1}{\sigma} \sin\vartheta_1 \end{cases} \quad (56)$$

Уравнения (56) А.А. Ильющин написал в качестве основных уравнений гипотезы компланарности, в которой сверхмалость параметра кручения ($\varkappa_2 \approx 0$) является главным положением. При малом кручении $\varkappa_2 \bar{\sigma}$ имеет место в

соприкасающейся плоскости ($\vartheta_2 = 0$), при этом выражение (5.65) запишем (54). Из (5.74) получается ($\vartheta_3 = 0$)

$$\begin{cases} \frac{d\vartheta_1}{ds} + \varkappa_1 = -\frac{M_1}{\sigma} \sin\vartheta_1 \\ M_3 = \sigma \varkappa_2 \sin\vartheta_1 \end{cases} \quad (57)$$

Это и представлена теория малого кручения.

Достоин внимания также и ряд траекторий с $\varkappa_2 = 0$, а угол $\vartheta_2 = 0$. Он реализуется после их изломов с последующим участком плоской траектории. Можно представить уравнения главных выражений для такого ряда:

$$\begin{cases} \frac{d\bar{\sigma}}{ds} = M_1 \hat{p}_1 + M \hat{\sigma} + M_3 \hat{p}_3 \\ M = \frac{d\sigma}{ds} - M_1 \cos\vartheta_1 - M_3 \sin\vartheta_1 \sin\vartheta_2 \\ \frac{d\vartheta_1}{ds} + \varkappa_1 \cos\vartheta_2 = \frac{1}{\sigma} (-M_1 \sin\vartheta_1 + M_3 \sin\vartheta_1 \sin\vartheta_2) \\ \sin\vartheta_1 \frac{d\vartheta_2}{ds} = \sigma \varkappa_1 \cos\vartheta_1 \sin\vartheta_2 + \frac{M_3}{\sigma} \cos\vartheta_2 \end{cases} \quad (58)$$

Для точки излома приняты условия $\vartheta_1 = \vartheta_1^0, \vartheta_2 = \vartheta_2^0$. Стабилизировав процесс можем ожидать, что $\vartheta_2 \rightarrow 0$.

Получена следующая основная форма определяющих соотношений, которая называется «нелокальной». Исключая \hat{p}_2 из (58) запишем

$$\hat{\sigma} = A_0 \hat{\Xi} + A_m \hat{p}_m, \quad (m = 1, \dots, 5)$$

Здесь

$$A_0 = \frac{\cos\beta_2}{\sin\beta_2}, \quad A_m = \cos\beta_m - A_0 \cos\alpha_m$$

При исключении \hat{p}_3 из (58), получаем

$$\frac{d\bar{\sigma}}{ds} = N_r \hat{p}_r + N_\sigma \hat{\sigma} + N_\Xi \hat{\Xi} (r = 1, 4, 5)$$

здесь

$$\begin{cases} N_r = M_r - \frac{M_3 A_r}{A_3}, & N_\vartheta = -\frac{M_3 A_0}{A_3}, & N_\sigma = M + \frac{M_3}{A_3} \\ N_\sigma = \frac{d\sigma}{ds} - N_r \cos\beta_r - N_\vartheta \cos\alpha \end{cases} \quad (59)$$

При условии плоской задачи взамен (5.86)-(5.89) извлечем

$$d\bar{\sigma} = N_1 d\bar{\Xi} + dS(N_\sigma \hat{\sigma} + N_\vartheta \hat{\Xi})$$

Здесь

$$\begin{cases} N_1 = M_1 - \frac{M_3 A_1}{A_3}, & N_\vartheta = -\frac{M_3 A_0}{A_3}, & N_\sigma = M + \frac{M_3}{A_3} \\ N_\sigma = \frac{d\sigma}{ds} - N_1 \cos\vartheta_1 - N_\vartheta \cos\alpha & \cos\alpha = \hat{\sigma} \cdot \hat{\Xi} \\ \hat{\sigma} = A_0 \hat{\Xi} + A_m \hat{p}_m, & m = (1,3), & A_0 = \frac{\sin\vartheta_1 \cos\vartheta_2}{\sin\Theta_1 \cos\Theta_2} \\ A_3 = \sin\vartheta_1 \sin\vartheta_2 - A_0 \sin\Theta_1 \sin\Theta_2 \end{cases} \quad (60)$$

Из (5.90) следует определяющее соотношение вида

$$d\bar{\sigma} = N_1 d\bar{\Xi} + (P - M_1) \frac{\bar{\sigma} d\bar{\Xi}}{\sigma^2} \bar{\sigma} + dSN_\vartheta \bar{n} \quad (61)$$

Где вектор

$$\bar{n} = \hat{n} \sin\alpha = \hat{\Xi} - \hat{\sigma} \cos\alpha$$

перпендикулярен вектору $\bar{\sigma}$ и находится в плоскости векторов $\bar{\Xi}$ и $\bar{\sigma}$.

При $M_3 = 0$, $N_\vartheta = 0$, следовательно из (61) получим определяющее соотношение для плоских траекторий и гипотезы компланарности в виде

$$\begin{cases} d\bar{\sigma} = M_1 d\bar{\Xi} + (P - M_1) \frac{\bar{\sigma} d\bar{\Xi}}{\sigma^2} \bar{\sigma} \\ d\bar{\Xi} = \frac{1}{M_1} d\bar{\sigma} + \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{M_1}\right) \frac{\bar{\sigma} d\bar{\Xi}}{\sigma^2} \bar{\sigma} \end{cases} \quad (62)$$

где

$$P = \frac{\bar{\sigma} d\bar{\sigma}}{\bar{\sigma} d\bar{\Xi}} = \frac{d\sigma}{ds} \cdot \frac{1}{\cos\vartheta_1} \quad (63)$$

- функционал А.А. Ильюшина.

Частичную упругую разгрузку на ниспадающей ветви «нырка» напряжений получаем в условиях сложного нагружения-разгружения и пассивного процесса деформирования.

Получаем $P = M_1 = 2G, M_3 = 0$, если в этом случае выполнен квазипростой упругий образ процесса. Закон частичной упругой разгрузки выглядит следующим образом: $d\bar{\sigma} = 2Gd\bar{\varepsilon}$.

2.3 Частные варианты теории процессов

Деформационная теория А.А. Ильюшина при условии простого (пропорционального) нагружения представлена как простейшая теория пластичности. В соответствии с этой теорией траектории деформирования и нагружения в E_5 являются прямолинейными неподвижными лучами. Для этих лучей принимаем $\alpha_m = 0, \vartheta_m = 0, \theta_m = 0 (m = 1, 2, 3, 4)$.

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \bar{\varepsilon} d\bar{\sigma} = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} d\bar{\varepsilon} \quad (64)$$

Законом Роша и Эйхингера выявлена связь между σ и ε . Она представлена в виде универсальной зависимости

$$\sigma = \Phi(\varepsilon)$$

Из этой зависимости находим увеличенные вдвое пластический (секущий) и касательный модули сдвига

$$\frac{\sigma}{\varepsilon} = 2G_p, \quad \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = 2G_k$$

Аналогичный закону Гука имеем закон пропорциональной упругой разгрузки

$$\Delta\bar{\sigma} = 2G\Delta\bar{\varepsilon}$$

Один эксперимент на растяжение с разгрузкой стоит выполнять, если в расчетах применяется деформационная теория пластичности. Свойства материала при этом условии должны быть равны при сжатии и растяжении.

В этом случае истинная диаграмма растяжения в осях $\sigma \sim \mathcal{E}$ заменяется уравнением с неизменными параметрами $\sigma_*, \beta, 2G_*$:

$$\sigma = \Phi(\mathcal{E}) = \sigma^T + 2G_*(\mathcal{E} - \mathcal{E}^T) + \sigma_*(1 - e^{-\beta\Delta s}) \quad (65)$$

Где $\Delta s = \mathcal{E} - \mathcal{E}^T$, σ^T – условный предел текучести при условии кусочно-линейной аппроксимации истинной диаграммы.

1. Гипотеза компланарности.

Собирающие группу теорий пластичности определяющие соотношения можно записать:

$$\begin{cases} d\bar{\sigma} = Nd\bar{\mathcal{E}} + (P - N) \frac{\bar{\sigma}d\bar{\mathcal{E}}}{\sigma^2} \bar{\sigma} \\ d\bar{\mathcal{E}} = \frac{1}{N} d\bar{\sigma} + \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{N}\right) \frac{\bar{\sigma}d\bar{\mathcal{E}}}{\sigma^2} \bar{\sigma} \end{cases} \quad (66)$$

Законы упрочнения Ленского-Ильюшина можно применить для линий малой и средней кривизны

$$\sigma = \Phi(s)$$

где

$\Phi(s)$ – универсальная функция;

s – длина дуги, которую можно определить из опыта на простое растяжение – сжатие.

В теории течения с изотропным упрочнением

$$N = 2G, \quad P = \frac{d\Phi(s)}{ds}$$

В теориях процессов для средней и малой кривизны

$$N = n\Phi(s), \quad P = \frac{d\Phi(s)}{ds}, \quad (n \approx 0,7 \div 0,8)$$

Где $n = const$ или какая-то функция от s .

То же у Прагера

$$\sigma = \Phi(\mathcal{E}), \quad N = 2G, \quad P = \frac{d\Phi(\mathcal{E})}{d\mathcal{E}} = 2G_k$$

Базовым экспериментальным исследованием в этой теории для получения P является опыт на разгрузку и простое растяжения.

2. Теория квазипростых процессов.

Квазипростые процессы – это процессы сложного нагружения, векторы $\bar{\mathcal{E}}$ и $\bar{\sigma}$ в которых всегда ориентированы в сторону одного луча, который в свою очередь вращается в векторном пространстве.

В векторном пространстве E_6 показывают Окончания векторов $\bar{\mathcal{E}}$ и $\bar{\sigma}$, а криволинейные траектории с условиями $a_m \neq 0, k_m \neq 0$ в векторном пространстве Σ_5 . Объединим напряжений $\bar{\sigma}$ и $\hat{\sigma} = \hat{\mathcal{E}}$, $|\bar{\sigma}| = \sigma$, $|\bar{\mathcal{E}}| = \mathcal{E}$ и деформаций $\bar{\mathcal{E}}$ соотношением

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\mathcal{E}} \bar{\mathcal{E}}$$

Похожим на выражение, представленное в теории простых процессов профессора А.А. Ильюшина.

Итак, В.Г. Зубчаниновым были предложены для P и $N = M_1$ аппроксимации

$$M_1 = 2G_p + (2G - 2G_p^0)f^q, \quad \frac{d\sigma}{ds} = P \cos \vartheta_1 = 2G_k - (2G + 2G_k^0)f^q \quad (67)$$

Где функция сложного нагружения

$$f = \frac{1 - \cos\vartheta_1}{2}$$

p, q – параметры, получаемые в экспериментах;

$2G_k$ – касательный модуль сдвига;

$2G_p$ – секущий модуль;

индекс нолик относится к точке излома траектории.

Довольно хорошие показатели показывает уравнение

$$P = 2G_k + (2G + 2G_k^0)f^q$$

Из выражений (59)-(62) при $\vartheta_m = \theta_m$ получаем $M_1 = \sigma/\varepsilon$,

$M_3 = M_4 = M_5 = 0$. Равенство (62) выглядит следующим образом

$$d\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\varepsilon} d\bar{\varepsilon} + \left(\frac{d\sigma}{d\varepsilon} - \frac{\sigma}{\varepsilon} \right) \frac{\bar{\sigma} d\bar{\varepsilon}}{\sigma^2} \bar{\sigma}$$

$$P = \frac{d\sigma}{ds} \cdot \frac{1}{\cos\theta_1} = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}, \quad N = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

В ходе экспериментов получены результаты, которые показывают, что имеется универсальная функция для квазипростых процессов $\sigma = \Phi(\varepsilon)$. Ее можно получить опытным путем на простое растяжение.

Из этого следует, что как и в теории простого нагружения можно принять $\sigma/\varepsilon = 2G_p, d\sigma/d\varepsilon = 2G_k$

3. Гипотеза малого кручения.

В соответствии с гипотезой малого кручения предположим следующее. При условии малого кручения траектории деформирования ($\alpha_2 \neq 0$) вектор

напряжений $\bar{\sigma}$ поворачиваем жестким целым совместно с репером Френе,. Он останется в плоскости соприкасающейся таким образом, что $\vartheta_2 = 0$, т.е.

$$\hat{\sigma} = \cos\vartheta_1 \hat{p}_1 + \sin\vartheta_1 \hat{p}_2 \quad (68)$$

С учетом $\vartheta_2 = 0$ получаем

$$\begin{cases} \frac{d\vartheta_1}{ds} + \varkappa_1 = -\frac{M_1}{\sigma} \sin\vartheta_1 \\ M_0 = M_3 \cos\vartheta_3 + M_* \sin\vartheta_3 = \varkappa_2 \sin\vartheta_1 \cos\vartheta_3 \\ M_* \cos\vartheta_3 - M_3 \sin\vartheta_3 = 0 \quad M_5 \cos\vartheta_4 - M_4 \sin\vartheta_4 = 0 \\ M_* = M_4 \cos\vartheta_4 + M_5 \sin\vartheta_4 \end{cases} \quad (69)$$

Откуда следует

$$M_3 = \sigma \varkappa_2 \sin\vartheta_1, \quad M_0 = M_3 \cos\vartheta_3, \quad M_4 = M_5 = M_* = 0$$

Определяющее соотношение примет вид

$$\frac{d\bar{\sigma}}{ds} = M_1 \hat{p}_1 + M \hat{\sigma} + M_3 \hat{p}_3$$

Где

$$M = \frac{d\sigma}{ds} - M_1 \cos\vartheta_1$$

Как видим, параметры $\varkappa_3 \varkappa_4$ оказываются несущественными.

2.4 Постулат изотропии в линейном координатном векторном пространстве

Постулат макроскопической определенности заложен в основе математической теории пластичности.

«Постулат показывает, что макроскопическое состояние среды для каждой величины, характеризующее ее термомеханическое состояние в момент времени t , устанавливается процессом деформирования или нагружения в каждой частице среды \bar{x} тела физического пространства при декартовом репере $\{\hat{e}_1, \hat{e}_2, \hat{e}_3\}$.

Из этого выражения получаем, что физический закон связи между напряжениями σ_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) и деформациями ε_{ij} в форме определяющих нелинейных дифференциальных соотношений не будет меняться.

В частицах среды, расположенных рядом закон не будет являться зависимым от процессов. Однородное напряженно-деформированное состояние (НДС) и температурное поле будут создаваться в некотором макрообъёме среды» (М-образце). При этом они совершенно нормальные положению в этой частице \bar{x} . [1]

В условиях деформирования создается тензор напряжений $\sigma_{ij}(t)$ либо $\sigma_0(t)$ и девиатор $S_{ij}(t)$, являющиеся функционалами, которые зависят от функций $\varepsilon_0(\tau), \varepsilon_{ij}(\tau), T(\tau), \beta(\tau)$ или $\varepsilon_{ij}(\tau), T(\tau), \beta(\tau)$. Значит,

$$\sigma_{ij} = F_{ij}\{\varepsilon_{ij}, T, \chi\}_t \quad (70)$$

или

$$\sigma_0 = F_0\{\varepsilon_{ij}, T, \beta\}_t, S_{ij} = \Phi_{ij}\{\varepsilon_{ij}, \varepsilon_0, T, \chi\}_t \quad (71)$$

Приведенные соотношения называются «общим постулатом изотропии для начально-изотропных сред» или «уравнениями состояния сплошной среды».

Вышеуказанные уравнения представляют собой модель одного и того же закона зависимости между напряжениями и деформациями.

Замкнутая система уравнений теории пластичности, включающая в себя начальные и граничные условия, представляют собой уравнения (71) с дифференциальными уравнениями движения Коши-Лагранжа и геометрическими соотношениями связи деформаций с перемещениями при заданном поле температуры.

Чтобы верно отразить физические свойства среды, уравнения (70) и (71) неизменны в сравнении с ортогональными преобразованиями поворота начальных декартовых координатных осей $x_k (k = 1, 2, 3)$.

А.А. Ильюшин предложил записать соотношения (71) в виде

$$\sigma_0 = 3K\varepsilon_0; S_{ij} = \sum_{n=0}^5 A_n \frac{d^n \mathcal{E}_{ij}}{ds^n} \quad (72)$$

где $s(t)$ - размеренно меняющийся параметр прослеживания процесса во времени t .

A_n - коэффициенты, зависящие от температуры T , от других не термомеханических параметров β и от трех инвариантов тензора деформаций: $\varepsilon_0 = \frac{\delta_{ij}\varepsilon_{ij}}{3}$, $\mathcal{E}^2 = \mathcal{E}_{ij}\mathcal{E}_{ij}$, $J_3 = |\mathcal{E}_{ij}|$.

Составляющие деформаций \mathcal{E}_{ij} и напряжений S_{ij} тензоров-девиаторов связываются линейно с элементами векторов напряжений S_k и деформаций \mathcal{E}_k . Эти группы параметров являются эквивалентными. При условии перехода от S_{ij} и \mathcal{E}_{ij} к S_k и \mathcal{E}_k все инварианты первоначальных тензоров остаются неизменными в случае преобразования координат [1]

$x_k (k = 1, 2, 3)$ в физическом пространстве.

Соотношение (72) можно записать в виде:

$$S_k = \sum_{n=0}^5 A_n \frac{d^n \mathcal{E}_k}{ds^n} (k = 0, \dots, 5) \quad (73)$$

Или, с учётом $\bar{S} = S_k \hat{i}_k$, $\bar{\mathcal{E}} = \mathcal{E}_k \hat{i}_k$, в виде

$$\bar{S} = \sum_{n=0}^5 A_n \frac{d^n \bar{\mathcal{E}}}{ds^n}$$

При условии квазипростого нагружения, $\sigma_0 = \Phi(\mathcal{E})$ получаем

$$\sigma_0 = 3K\varepsilon_0, S_{ij} = \frac{\sigma}{\vartheta} \vartheta_{ij}$$

$$dS_{ij} = \frac{\sigma}{\vartheta} d\vartheta_{ij} + \left(\frac{d\sigma}{d\vartheta} - \frac{\sigma}{\vartheta} \right) \frac{S_k d\vartheta_{ij}}{\sigma^2} S_{ij} \quad (74)$$

Или

$$\begin{cases} S_0 = 3K\vartheta_0, S_k = \frac{\sigma}{\vartheta} \vartheta_k, dS_k = \frac{\sigma}{\vartheta} d\vartheta_k + \left(\frac{d\sigma}{d\vartheta} - \frac{\sigma}{\vartheta} \right) \frac{S_k d\vartheta_k}{\sigma^2} S_k \\ \bar{S}_0 = 3K\bar{\vartheta}_0, \bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\vartheta} \bar{\vartheta}, d\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\vartheta} d\bar{\vartheta} + \left(\frac{d\sigma}{d\vartheta} - \frac{\sigma}{\vartheta} \right) \frac{\bar{\sigma} d\bar{\vartheta}}{\sigma^2} \bar{\sigma} \end{cases}$$

$$\frac{d\bar{\vartheta}}{ds} = \hat{p}_1, \quad \frac{d^2\bar{\vartheta}}{ds^2} = \alpha_1 \hat{p}_2$$

Приводим к виду векторному

$$\bar{S} = S_0 \hat{i}_0 + \bar{\sigma};$$

где

$$\bar{\sigma} = P_k \hat{p}_k (k = 1, \dots, 5)$$

-вектор напряжений в E_5

$$P_k = P_k \{s, \varepsilon_0, J_3, \alpha_m, T, \beta\}_t$$

представляет собой функционалы процесса. Они зависят от инвариантов тензора деформаций E_3 , от физических параметров β как функций времени τ , ($0 \leq \tau \leq t$) от температуры T и и от параметров кривизны и кручения $\alpha_m (m = 0, \dots, 5)$.

2.5 Математическое моделирование процессов пластического деформирования.

Основные уравнения теории процессов для плоских траекторий $\alpha_2 = 0, v_2 = 0$ выглядят таким образом:

$$\begin{cases} \frac{dS_k}{dt} = M_1 \dot{\vartheta}_k + \dot{S} \frac{M}{\sigma} S_k \\ \frac{dv_1}{dt} = -\dot{S} \frac{M_1}{\sigma} \sin v_1 \end{cases} \quad (75)$$

где

$$\begin{cases} M_1 = 2G_p + (2G - 2G_p^0) \cdot f^4, & f = \frac{1 - \cos v_1}{2} \\ M = \frac{d\sigma}{dS} - M_1 \cos v_1 \end{cases} \quad (76)$$

Для аппроксимации процессов при плоском нагружении для гладких траекторий малой кривизны, слабо отличающихся от простого нагружения используются аппроксимации

$$\sigma = \Phi(s) = \sigma^T + 2G_* \Delta S + \sigma_* (1 - e^{-\beta \Delta S}) \quad (77)$$

где:

$\Delta S = S - S^T$ – приращение дуги траектории деформирования на участках упрочнения.

$\sigma^T, \sigma_*, G_*, \beta$ – параметры, определяемые из эксперимента.

Для учета влияния кривизны α_1 траекторий используется аппроксимация

$$\sigma = \tilde{\Phi}(s) = \phi(s) - a\alpha_1 \Delta S^n, \quad (78)$$

где:

$n = 1, 2$; a – постоянная величина определяемая из эксперимента.

Если на траектории имеется точка излома, то аппроксимация по предложению В.Г. Зубчанинова [64, 71], используется в виде:

$$\sigma = \tilde{\Phi}(s) + Af_0^p \Omega(\Delta S)$$

$$\Delta S = S - S_0,$$

где

$$\begin{aligned} \Omega(\Delta S) &= -[\gamma \Delta S e^{-\gamma \Delta S} + b(1 - e^{-\gamma \Delta S})] \\ \gamma \Delta S_M &= 1 + b, \quad A\gamma(1 + b) = \frac{d\Phi_0}{dS} + 2b \end{aligned} \quad (79)$$

Постоянные γ, b, A определяются согласно базовым экспериментам.

Для функционала $\frac{d\sigma}{dS}$ имеет место аппроксимационное выражение:

$$\frac{d\sigma}{dS} = \frac{d\phi}{dS} + Af_0^p \frac{d\Omega}{dS}$$

Решение дифференциальных уравнений вместе с начальными условиями является решением уравнения Коши.

$$S_k(t) = S_k^0, \text{ при } t = 0$$

Чтобы решить эту задачу, применим численный метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности.

При численном решении компоненты деформации $\dot{\epsilon}_k$ задаются в виде сеточных функций с равноотстающими узлами.

2.6 Численный метод решения основных уравнений задачи Коши.

Математическая задача Коши выполняется при решении основных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dS_k}{dt} = M_1 \dot{\epsilon}_k + \dot{S} \frac{M}{\sigma} S_k \\ \frac{dv_1}{ds} = -\dot{S} \frac{M_1}{\sigma} \sin v_1 \end{cases}$$

при условии, что

$$S_k = S_k^0, \quad v_1 = v_1^0 \text{ при } t = t_0$$

Методом Рунге-Кутты четвертого-го порядка точности можно решить эту задачу более точным численным методом.

При неизвестных заданных S_k, v_1 обозначаем через Y_k , тогда эти функции должны удовлетворять системе дифференциальных уравнений

$$\frac{dY_k}{dt} = f(t, Y_k) \quad (k = 1, 2, 3 \dots)$$

При начальных условиях

$$Y_k = Y_k^0 \text{ при } t = t_0$$

Алгоритм используемого метода [45,72] для одного уравнения и имеет вид:

$$y_{k+1} = y_i + \frac{\Delta t}{\sigma} (K_0 + 2K_1 + 2K_2 + K_3) \quad (80)$$

$$\begin{cases} K_0 = f(t_i; y_i) \\ K_1 = f\left(t_i + \frac{\Delta t}{2}; y_i + \frac{\Delta t}{2}K_0\right) \\ K_2 = f\left(t_i + \frac{\Delta t}{2}; y_i + \frac{\Delta t}{2}K_1\right) \\ K_3 = f(t_i + \Delta t; y_i + \Delta t K_2) \end{cases} \Delta t = h \quad (81)$$

Алгоритм можно распространить на системы обычных дифференциальных уравнений задачи Коши.

2.7 Вычисление компонент векторов напряжений и деформаций.

Произведём вычисление компонент векторов напряжений и деформаций по следующим формулам:

$$S_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \left[\sigma_{11} - \frac{1}{2}(\sigma_{22} + \sigma_{33}) \right]$$

$$S_2 = \frac{\sigma_{22} - \sigma_{33}}{\sqrt{2}}$$

$$S_3 = \sqrt{2}\sigma_{12}$$

$$\mathcal{E}_1 = \sqrt{\frac{3}{2}}(\varepsilon_{11} - \varepsilon_0)$$

$$\mathcal{E}_2 = \sqrt{2} \left(\varepsilon_{22} + \frac{1}{2} \varepsilon_{12} - \frac{3}{2} \varepsilon_0 \right)$$

$$\mathcal{E}_3 = \sqrt{2} \varepsilon_{12}$$

Где $\sigma_{33} = 0$, $\sigma_0 = \frac{1}{3}(\sigma_{11} + \sigma_{22})$, $\varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{3K}$, $K = 1,75 \cdot 10^5$ (Модуль объёмной деформации)

2.8 Определение угла сближения θ .

Косинус угла сближения для ломаных траекторий вычислен по формуле:

$$\cos\vartheta_1 = \frac{1}{\sigma\Delta S} [S_1(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_1^0) + S_2(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_2^0) + S_3(\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_3^0)] \quad (82)$$

Где:

$$\Delta S = \sqrt{(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_1^0)^2 + (\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_2^0)^2 + (\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_3^0)^2}$$

$K_0(\mathcal{E}_1^0, \mathcal{E}_3^0)$ - координаты точки K_0 в начале прямолинейного участка траектории.

2.9 Локальное сглаживание экспериментальных данных для компонент деформаций ε_{ij} и компонент напряжения σ_{ij}

В ходе эксперимента образец подвергался действию растягивающей силы с кручением. Через определённые промежутки времени снимались экспериментальные данные – компонент деформаций и компонент напряжений.

Сглаживание [111] данных, полученных в ходе экспериментов, можно вычислить по уравнениям, которые написал Корн, основываясь на методе

наименьших квадратов для аппроксимирующего многочлена третьей степени:

$$\bar{y}_1 = \frac{1}{35}(-3y_{i-2} + 12y_{i-1} + 17y_i + 12y_{i+1} - 3y_{i+2}) \quad (83)$$

Где $y = \sigma_{ij}$, или $y = \varepsilon_{ij}$ ($i, j=1, 2, 3$)

Для крайних точек:

$$\begin{aligned} y_{i-2} &= \frac{1}{70}(69y_{i-2} + 4y_{i-1} - 6y_i + 4y_{i+1} - y_{i+2}) \\ y_{i-1} &= \frac{1}{35}(2y_{i-2} + 27y_{i-1} + 12y_i + 8y_{i+1} - 2y_{i+2}) \\ y_{i+1} &= \frac{1}{35}(2y_{i-2} - 8y_{i-1} + 12y_i + 27y_{i+1} + 2y_{i+2}) \\ y_{i+2} &= \frac{1}{70}(-y_{i-2} + 4y_{i-1} - 6y_i + 4y_{i+1} + 69y_{i+2}) \end{aligned} \quad (84)$$

Сглаживание проводилось 21 раз, что даёт наиболее оптимальный результат.

ГЛАВА 3. Автоматизированный испытательный комплекс СН-ЭВМ, средства измерения, образцы, материалы

3.1 Общая часть

В работе при исследовании сложного нагружения материалов и их структуры для экспериментов были использованы металлические образцы в форме трубок. Данные образцы применялись в «экспериментальном исследовании напряженно-деформированного состояния при кручении с растяжением (рис.3.1) в пространстве деформаций и напряжений. Были испытаны трубчатые образцы из латуни, у которых радиус срединной поверхности $R = 15,5$ мм, толщина стенок $h = 1$ мм, длина рабочей части $l = 110$ мм. Образцы изготовлены из материала, который достаточно изотропен: коэффициент Пуассона $\mu = 0,37$; модуль упругости образцов был равен $E = 0,95 \cdot 10^5$ МПа.» Результаты эксперимента были обработаны в условиях несжимаемости ($\varepsilon_0 = 1$).



Рис. 3.1

На рис.3.2 показан трубчатый образец, на котором установлен усовершенствованный измеритель деформации экспериментатора

А.М.Жукова. Датчик поперечных деформаций, который необходим для измерения поперечных деформаций, представлен на рис.3.3

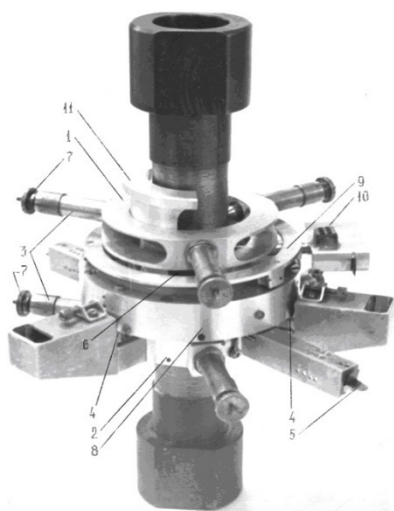


Рис. 3.2

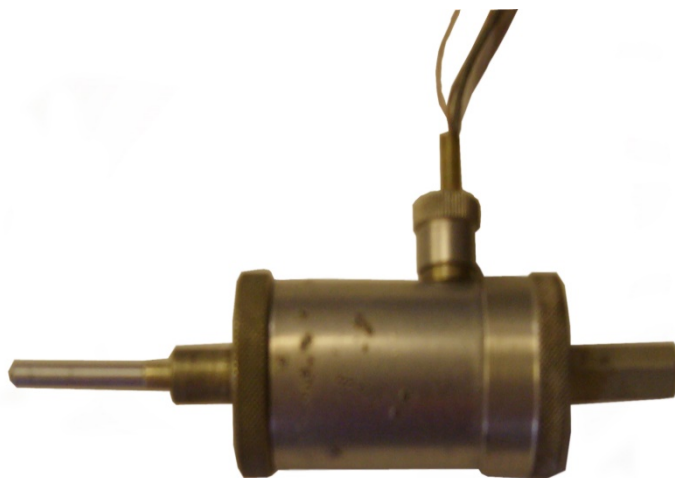


Рис. 3.3

В Тверском государственном техническом университете испытания осуществляются в лаборатории механических испытаний кафедры сопротивления материалов теории упругости и пластичности на автоматизированном испытательном комплексе СН – ЭВМ (рис.3.4).



Рис. 3.4

3.2 Описание экспериментального испытательного комплекса СН-ЭВМ

Комплекс СН-ЭВМ (Рис.3.4) составляет систему из следующих приборов и оборудования:

- нагружающая установка;
- датчики усилий и деформаций
- датчиков усилия или сопротивления
- монитор
- управляющая ЭВМ с устройством связи и блока управления.

Электронная часть СН-ЭВМ представлена на рис.3.4. Комплексный блок управления строит линию нагрузки и регулятора. Комплексный блок – это устройство, которое предоставляет доступ оператору во время управления ЭВМ к изменению режимов или параметров регулирования.

Испытание компонентов нагрузки для образца осуществляется тензорезисторным датчиком силы и крутящего момента и потенциометрическим датчиком внутреннего давления 2МД-300Т. Дифференциальный тензомер, изображенный на рисунке 3.2 измеряет радиальные и угловые перемещения точки оболочек.

Датчик перемещений трансформаторного типа, изображенный на рисунке 3.3, определяет окружные деформации. Вышеуказанные датчики для определения параметров опыта осуществляют работу комплексно с соответствующими измерительными преобразователями.

Для преобразования сигналов от тензорезисторных датчиков используют мостовые схемы преобразования изменения сопротивления тензорезисторов, которые находятся в напряжении постоянного тока с

нормированием сигнала. В системе с трансформаторным датчиком задействовано устройство, включающее выпрямитель выходного датчика и генератор синусоидального напряжения питания. Нормирующий усилитель преобразует сигнал потенциометрического датчика. По схемотехнике операционных усилителей настроены все измерительные преобразователи.

Для того, чтобы контролировать процессы, происходящие во время эксперимента, вся информация об измерениях отображается на мониторе компьютера. На аппарате СН-ЭВМ можно испытывать образцы в трехмерном пространстве деформаций и напряжений А. А. Ильюшина. Во время управления возможно выбрать параметры для перехода из одного подпространства в другое.

3.3 Механическая установка (СН) комплекса СН-ЭВМ

Экспериментальная установка с образцом показана на рис.3.4. На основе машины для испытаний ЦДМУ-30 (ГДР) была создана механическая часть, включающая в себя замкнутую силовую раму, на которой размещены элементы крепления образца и провода для осуществляемых усилий(рис.3.5).



Рис. 3.5

На ЦДМУ-30 нижний узел траверсы осуществляет движение за счет привода с асинхронным двигателем. В то же время выполнение кинематического осевого нагружения обеспечивает не только способность изменения знака нормальной силы, но также и способность получения жесткой схемы нагружения. Эта ситуация особенно важна для изучения устойчивости развития постбифуркационной деформации в задачах устойчивости. На рис. 3.5 представлен общий вид трансмиссии (без двигателя), который является основой для создания реверсивного привода для осевого нагружения. Между гайкой и станиной установлен подпятник, который позволяет снизить трение в момент рабочей нагрузки, а с помощью червячной передачи увеличивается в 80 раз передаточное число (рис. 3.6).

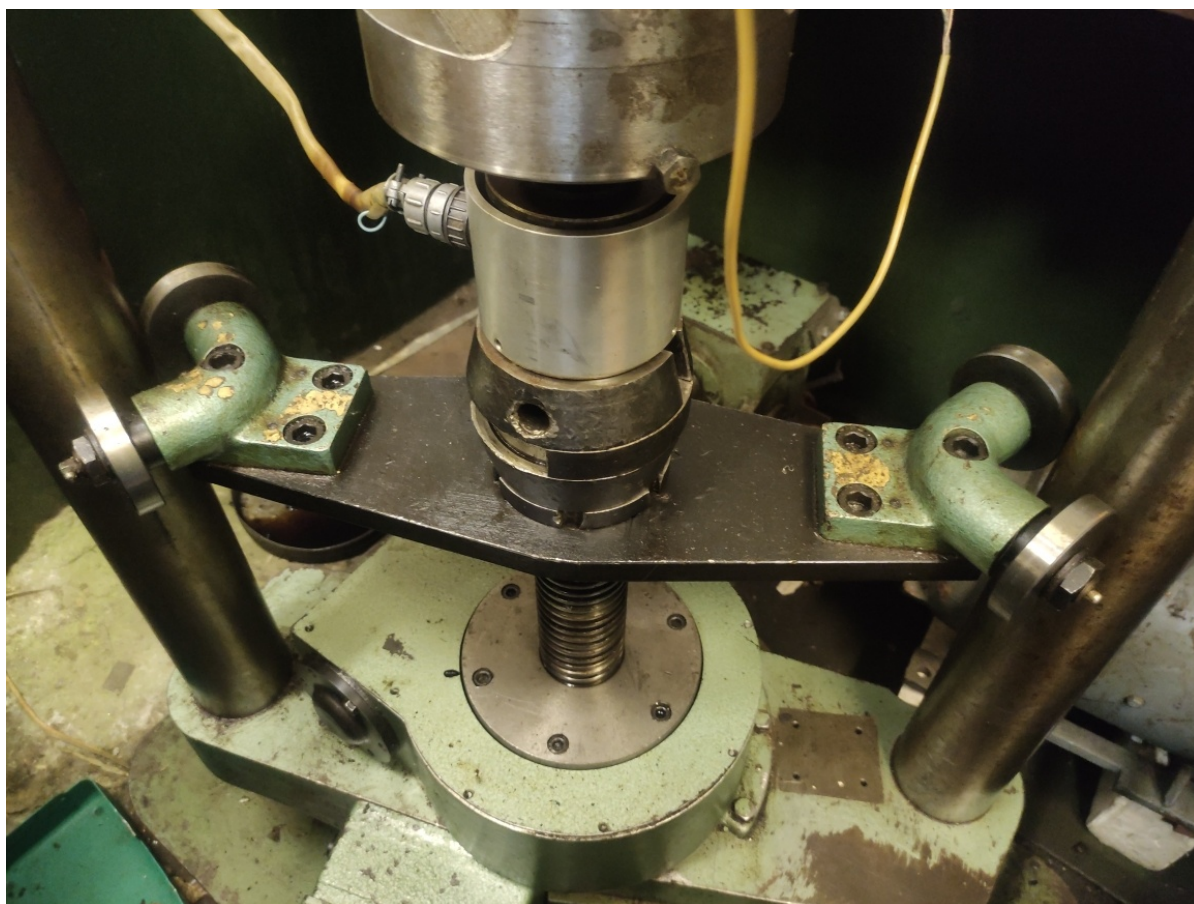


Рис. 3.6

На рисунке 3.7 можем увидеть, что установка включает в себя необходимые приспособления для захвата (рис. 3.7). Для получения данных об измеренной

составляющей силы и перемещения в точке испытываемого образца имеются специальные средства измерения (рис. 3.3).

3.4 Захватные приспособления и датчики измерения деформаций и усилий

Задача по определению составляющих деформаций и напряжений полого цилиндрического образца под действием осевой силы и крутящего момента с технической точки зрения определена недостаточно. При заданной нагрузке напряженно-деформированное состояние не является однородным по толщине стенки оболочки. При отсутствии внутреннего давления и малом отношении толщины стенки трубы к радиусу предварительно оцененной неравномерностью можно пренебречь.

Включение сюда самого разрыва деформации, проявляющегося как «лестница» или эффект Портвена-Лешателье на диаграмме напряжения-деформации, может сформулировать требования к испытательному модулю для инструментов, приспособлений и приспособлений для измерения деформации и силы образца. Конструкция захватов образца и зажимного устройства машины должны обеспечивать расположение плоских поверхностей, способных изгибаться (рис. 3.7). Для устранения краевых эффектов должна быть предусмотрена регулировка положения зажима для испытания трубки с образцом в упругой области по обоим периметрам розетки тензодатчика для оценки и уменьшения неравномерности деформации. Промежуток не менее величины диаметра оболочки от начала координат рабочей части образца принимается по причине воздействия измерения деформации. Две нормальные плоскости оболочки располагаются на большом расстоянии друг от друга, между ними формируются сдвиговые и осевые деформации. Для того, чтобы исключить воздействие сектора возможных малых кривых на элемент измерения, необходимо верно

определить положение относительно него. Также должно быть верно определено положение трех фиксированных точек плоскости к поверхности образца. Все эти факторы можно в той или иной степени учитывать при выборе конструкции, образцов, захватов и тензодатчиков.



Рис. 3.7

Измерение силы штатным прибором машины ЦДМУ-30 - несовершенно и не отвечает требованиям экспериментальной системы управления. Моменты в блоке СН создаются червячными редукторами и двигателями, расположенными на подвижных балках рамы. Нагрузка (осевая и крутящая), которая действует на испытуемый образец, определяется динамометром, который содержит в себе элемент «беличья клетка» с тензодатчиками и круглую мембрану (рис. 3.8).



Рис. 3.8

Для датчиков тензорезистора принимаются следующие нагрузки:

- максимальная осевая сила составляет не более 60кН;
- крутящий момент 0,5 кНм

Для определения компонента нагрузки погрешность измерения не должна превышать 1%.

3.5 Образцы для испытания

Для того, чтобы провести испытание на аппарате СН-ЭВМ, используются образцы трубчатой формы. В его стенках возникает однородное плоское напряженное состояние благодаря большому отношению радиуса образца к его толщине. Для получения более точного результата, требуются строгие пределы полей допусков и геометрических отклонений.

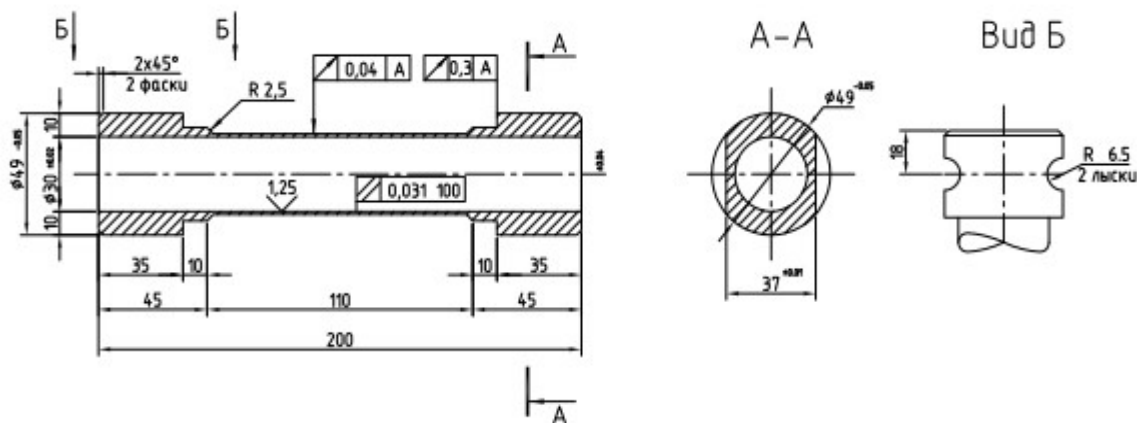


Рис. 3.9

На рис. 3.9 изображен чертеж трубчатого образца с головками по обеим сторонам. Для того, чтобы измерить образцы, применяется микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78 (рис. 3.10) с погрешностью 0,04мм. для измерения толщины стенки образца также применяется специальный прибор (рис. 3.11).



Рис. 3.10

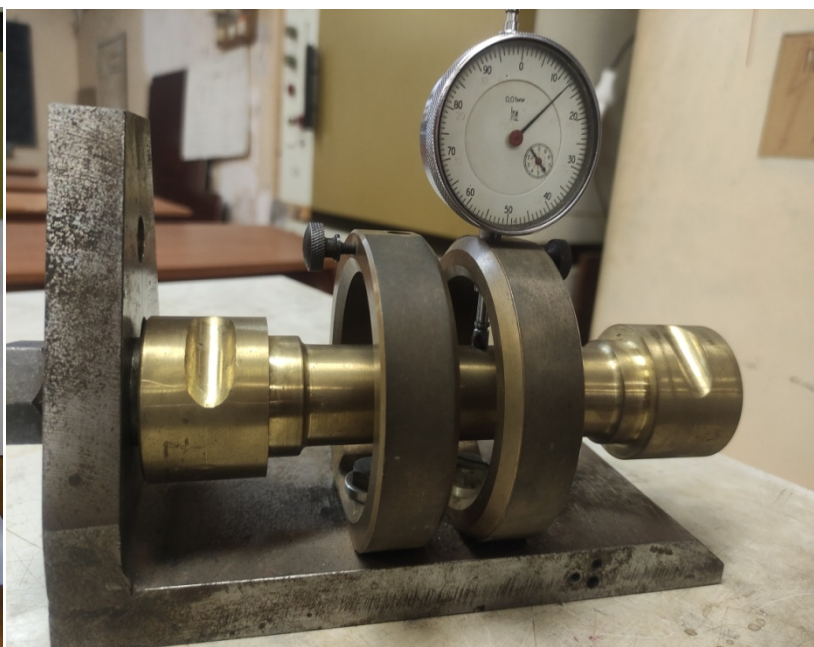


Рис. 3.11

Двухкомпонентный датчик усилий рис. 3.12 изготовлен из цельной металлической детали диаметр которой 150 мм.

Конструкция содержит в себе мембрану, а также шесть перемишек, расположенных к ней перпендикулярно, которые соединены 2-мя жесткими кольцами, в одном из которых зажата мембрана. Усилия сообщаются на силоизмеритель с помощью вала, который с одной стороны расположен соосно мембране, а с другой через фланцевое объединение кольца с захватом. Максимальная осевая сила для датчика усилий 60 кН, крутящий момент 0,5 кНм и давления 30МПа. Погрешность не должна превышать для осевой силы 0,12кН, для крутящего момента 3Нм, для давления 0,2 МПа. Градуировка выполняется с помощью приборов:

- образцового динамометра ДОР-40 (рис.3.12) с устройством рычажного типа;
- образцового манометра по ГОСТ 6521-60 (рис.3.13).

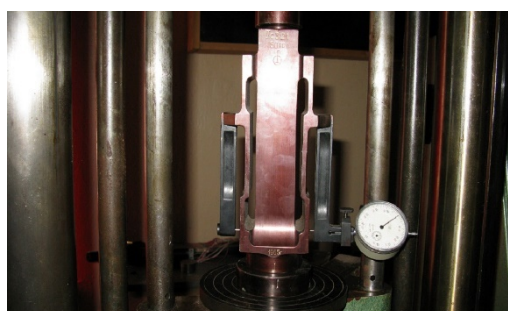


Рис. 3.12



Рис. 3.13

На рис. 3.7 представлены захваты, которые содержат корпусную вилку и два кольца, которые перпендикулярно скреплены и образуют крестообразный шарнир Гука. К верхней траверсе присоединяется корпусная вилка верхнего захвата. Корпусная вилка нижнего захвата присоединяется к двухкомпонентному силоизмерителю. Измеритель мощности нижней планки приемника установлен на нижнем подвижном кронштейне. Плоскогубцы легко разбираются, что облегчает установку и демонтаж испытательного блока. Во внутреннем кольце приемника выполнены два параллельных отверстия, в которых установлен шкив с эксцентриковой поверхностью. На рис. 3.9 в верхней части образца, полукруглый плоский срез имеют

аналогичную форму. [31] Когда образец установлен, цилиндр после вращения входит в соответствующие пазы, тем самым надежно передавая осевую силу и крутящий момент образца (рис. 3.7).

Дифференциальный тензометр (ДТ) (рис. 3.14) предназначен для измерения осевых, сдвиговых и окружных передвижений точек оболочки в условиях сложной нагрузки. ДТ состоит из двух соосных полых цилиндров с фланцевым креплением, с тремя радиально расположенными подпружиненными опорами. Заключительной частью верхнего цилиндра сепаратора является подшипниковый узел. Основание ДТ фиксируется при установке на образец. Коаксиальность внутренней и внешней поверхностей ДТ образца и пробы достигается путем удаления шести деталей перед испытанием (рис.3.15).

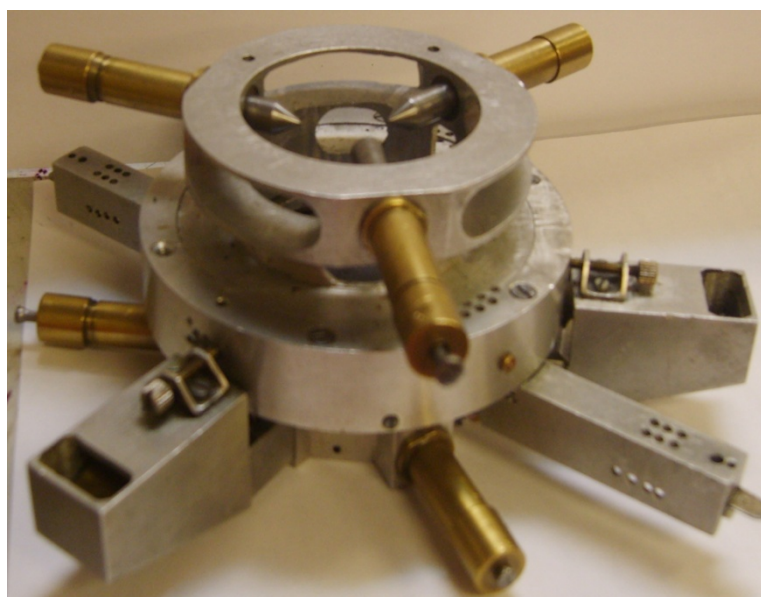


Рис. 3.14



Рис. 3.15

3.6 Функционирование комплекса под управлением ЭВМ

Облегчает работу над подготовкой и проведением экспериментов включение компьютера с устройством сопряжения с объектом в систему управления. На рис. 3.1 можно увидеть, как в первую очередь определяется геометрия трубки, а также калибруется и прикрепляется к образцу тензометр.

В ходе проведения опыта скорость деформации или нагружения и исследуемая траектория могут меняться, поэтому информация в автоматическом режиме транслируется на монитор компьютера[11].

После этого необходимо проанализировать правильность ввода исходной информации, для этого при подготовке программы на монитор выводится траектория, при которой скоростью тестирования увеличена. Тестирование происходит после установки испытуемого образца в устройство захвата. Результатом эксперимента является таблица с данными в формате .xlsx.

На рис. 3.17 показан обзор компьютерной системы СН-ЭВМ. В дополнение к функциональным и вспомогательным блокам аппаратное обеспечение также включает в себя:

- набор измерительных преобразователей;

- встроенный АЦП типа Ф489;
- дополнительный индикатор параметров функционирования системы;
- 16-канальный переключатель К-16.

Функции, которые содержит программная часть системы:

- настраивание траектории нагружения;
- создание исходных управляющих данных и условий реализации алгоритма,
- обработка внешних изменений условий и параметров процесса нагрузки, синхронизация работы (функция таймера);
- реализация функций контроллера системы автоматического управления,
- сбор и обработка информации о процессах в ходе опытного испытания.

В ходе работы над экспериментом предусматривается внешнее ручное прерывания процесса, для того, чтобы временно отключить сам процесс и вручную перейти с одного участка на другой в соответствии с заданным условием. Это предусматривается за счет функции таймера по схеме счетчика-генератора аппаратной части.

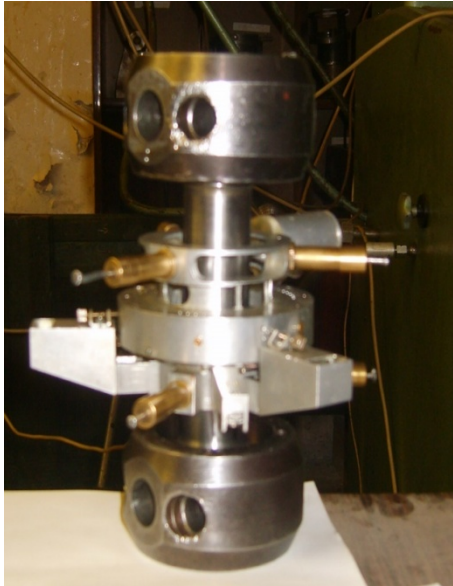


Рис. 3.16



Рис. 3.17

3.7 Химический анализ образцов

Образцы от проката диаметром 50 мм, условно замаркированные «К» и «С».

1. Материал образцов содержит химические элементы, %:

	Cu	Pb	Fe	Sb	Bi	P	Zn	
«К»	64,0	0,07	0,016	не опр.	не опр.	0,01	35,5	
«С»	64,8	0,04	0,005	не опр.	не опр.	0,01	34,8	

Таблица 3.1

что соответствует латуни марки Л63 ГОСТ 2060-2006 [3, 32].

2. Твердость образцов:

«К» - 70,2 5/250НВ

«С» - 79,5 5/250НВ

3.Микроструктура образцов:

«К» - α -фаза + β -фаза, расположенная по границам зерен α -фазы

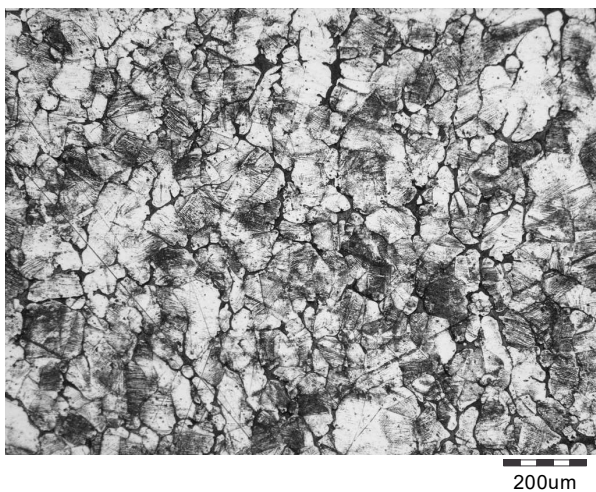


Рис 3.18

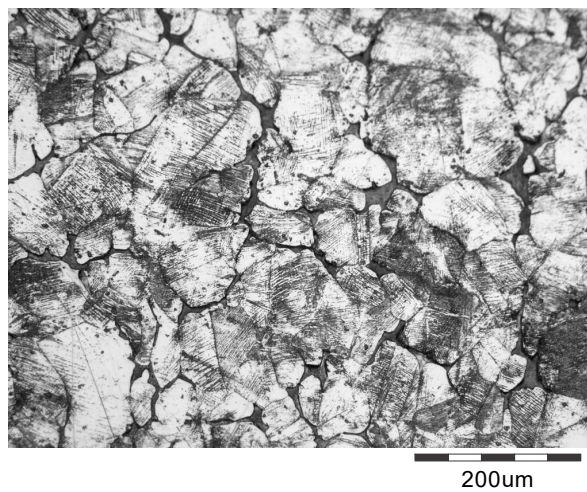


Рис 3.19

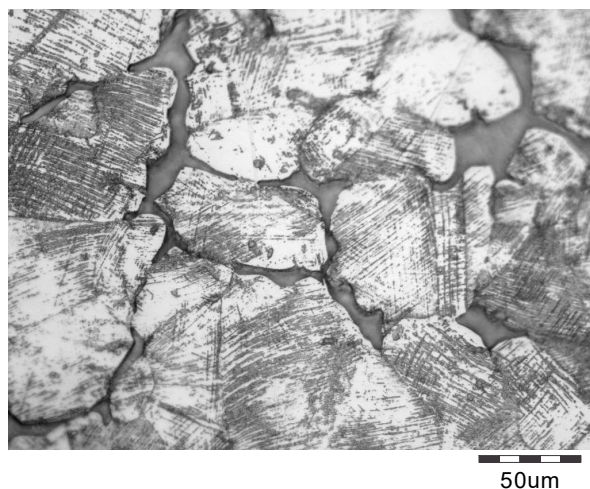
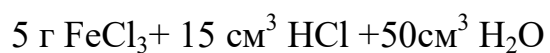


Рис 3.20

Рисунки 3.18-3.20 – микроструктура образца «К» после травления реактивом:



«С» - двойниковые равноосные зерна α -твердого раствора

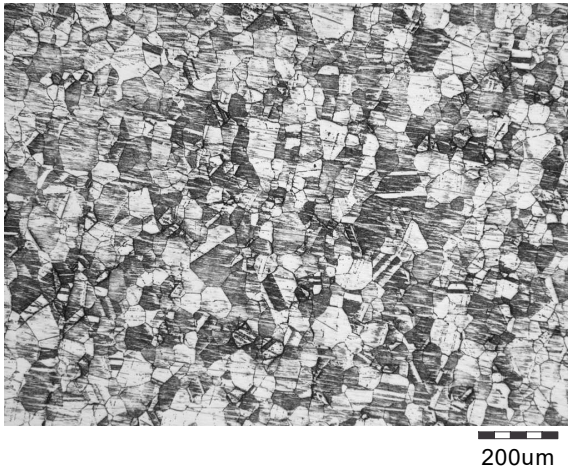


Рис 3.21

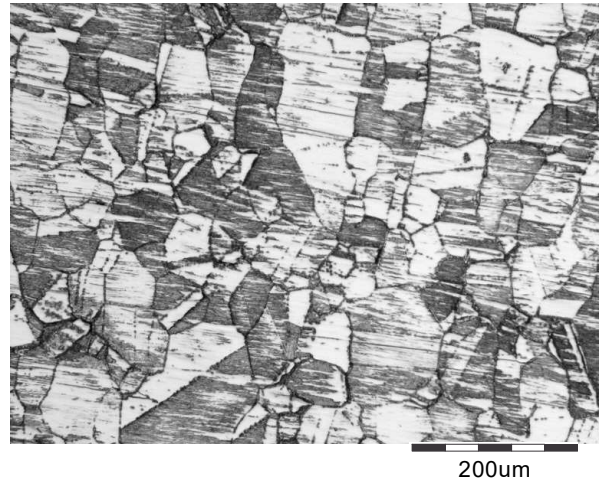


Рис 3.22

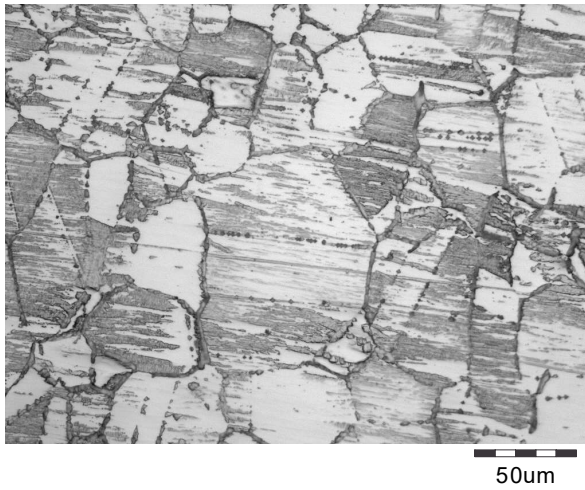
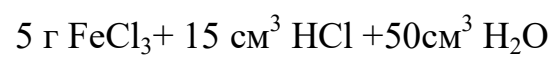


Рис 3.23

Рисунки 3.21-3.23 – микроструктура образца «С» после травления реактивом:



ГЛАВА 4. Экспериментальные исследования

4.1 Испытание латуни Л63 при простом нагружении по типу центрального веера.

Эксперимент по модели центрального веера выполняют для определения начальной изотропии (анизотропии материалов) и возможности построения единой кривой упрочнения Роша и Эйхингера $\sigma = \Phi(s)$ с дальнейшим выстраиванием аппроксимации вышеуказанной закономерности.

Опыты были реализованы на автоматизированном испытательном комплексе СН – ЭВМ, в лаборатории механических испытаний кафедры «Сопротивление материалов, теория упругости и пластичности» Тверского государственного технического университета. «Эксперименты проведены при условиях нормальной температуры. На рис. 4.1 можно увидеть базовые эксперименты: растяжение и кручение.

Аппроксимируя базовые диаграммы деформирования и наблюдая за процессами для линии простого нагружения на упругом участке диаграмм, видим линейный закон Гука.

$$\sigma = 2Gs, \quad 2G = E/(1 + \mu), \quad 0 \leq s \leq s^T, \quad (85)$$

где $s^T = \mathcal{E}^T$ - деформация, отвечающая пределу пропорциональности σ_{nc} или текучести σ^T , E - модуль упругости, μ - коэффициент Пуассона.»

Траектория нагружения Э1-Э3

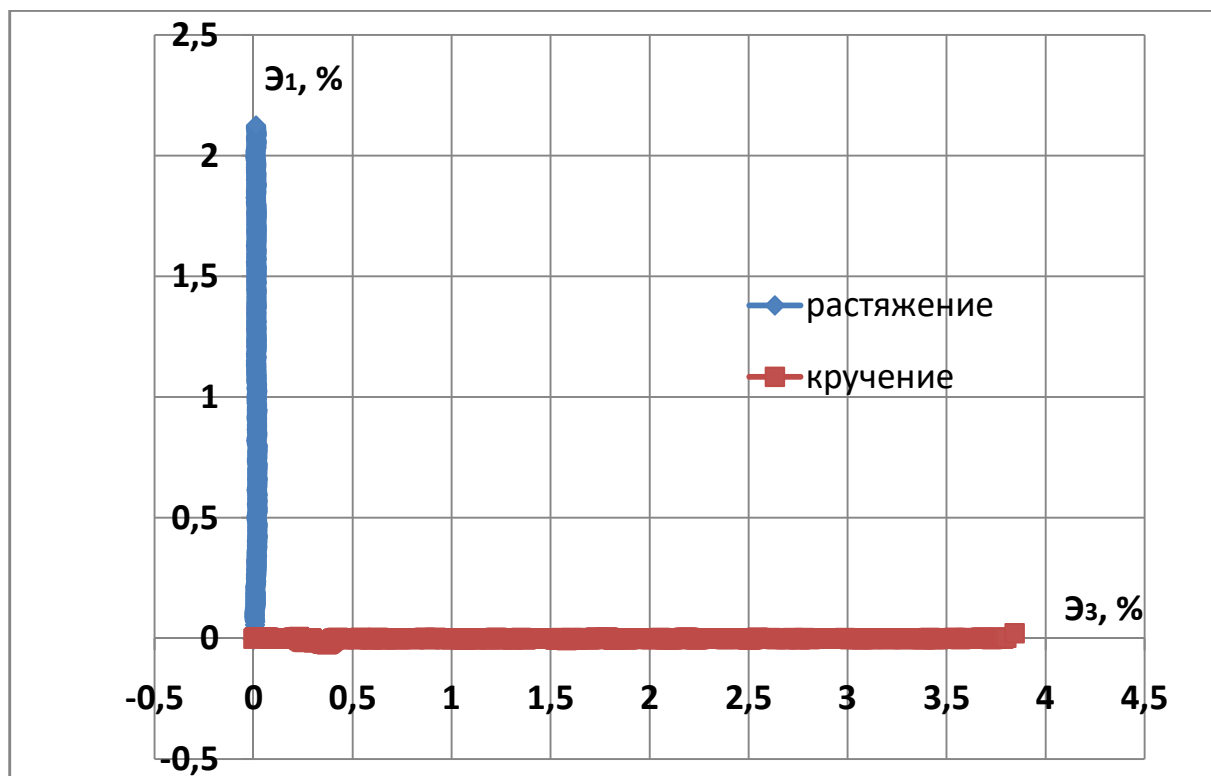


Рис. 4.1

Диаграмма деформирования σ - ε

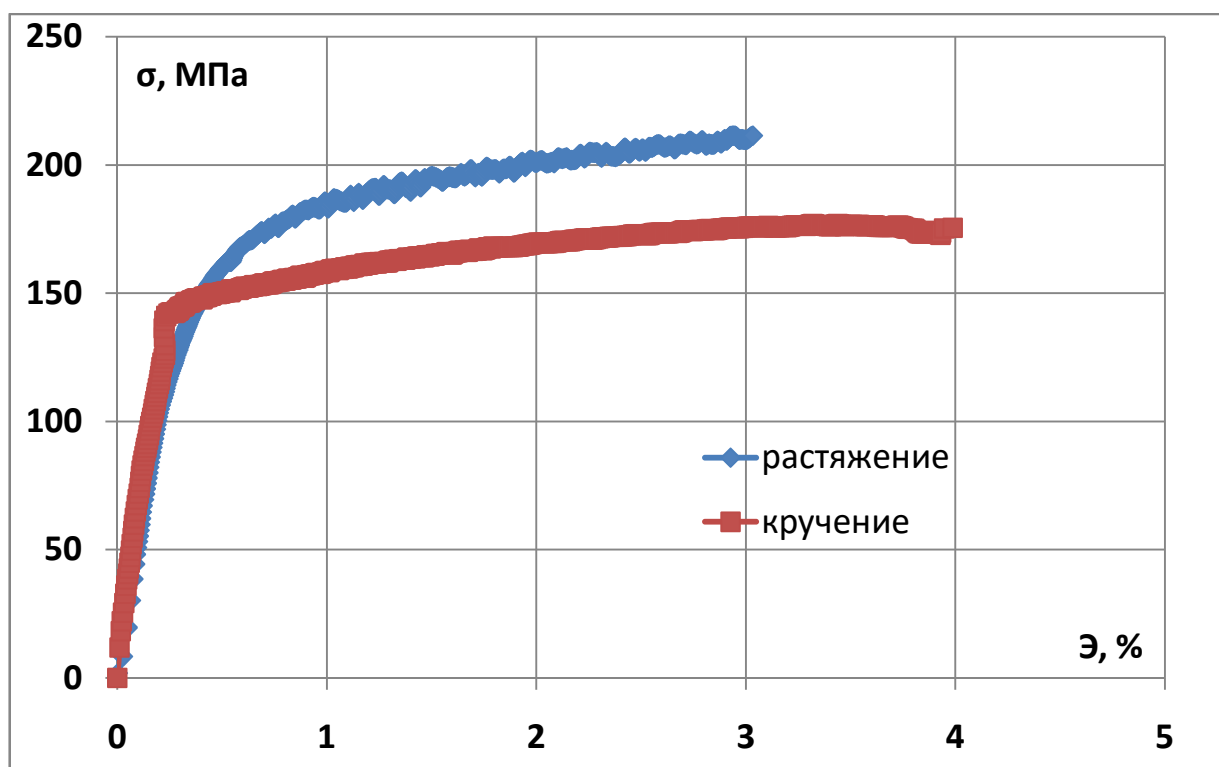


Рис. 4.2

При испытаниях на сложное нагружение в образцах реализуется плоское напряженно-деформированное состояние, для которого в девиаторных подпространствах напряжений и деформаций элементы векторов напряжений и деформаций $S_k (k=1,3), \mathcal{E}_k (k=1,3)$ определялись по формулам [72,].

$$S_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} S_{11} = \sqrt{\frac{3}{2}} (\sigma_{11} - \sigma_0), \quad S_3 = \sqrt{2} S_{12} = \sqrt{2} \sigma_{12} \quad (86)$$

$$\mathcal{E}_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} \mathcal{E}_{11} = \sqrt{\frac{3}{2}} (\varepsilon_{11} - \varepsilon_0), \quad \mathcal{E}_3 = \sqrt{2} \mathcal{E}_{12} = \sqrt{2} \varepsilon_{12}$$

где $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}, S_{ij}, \mathcal{E}_{ij} (i, j = 1, 2, 3)$ – компоненты тензоров и тензоров-девиаторов напряжений и деформаций соответственно; $\varepsilon_0 = \varepsilon_{ii} / 3, \sigma_0 = \sigma_{ii} / 3$, - средние деформация и напряжения. Модули векторов напряжений и деформаций, равные модулям девиаторов напряжений и деформаций определялись по формулам:

$$\sigma = \sqrt{S_1^2 + S_3^2}, \quad \mathcal{E} = \sqrt{\mathcal{E}_1^2 + \mathcal{E}_3^2} \quad (87)$$

Как показало экспериментальное исследование на растяжение (рис. 4.2), на диаграмме площадка текучести отсутствует. Условный предел текучести при $\mathcal{E} = 0,2\%$, составил $\sigma = 158 \text{ МПа}$.

Диаграмма растяжения материала $\sigma = \Phi(\mathcal{E})$ без площадки текучести может быть аппроксимирована выражениями:

$$\sigma = \begin{cases} 2G\mathcal{E}, & \text{при } \mathcal{E} \leq \mathcal{E}^T \\ \sigma^T + 2G_*(\mathcal{E} - \mathcal{E}_*^T) + \sigma_a(1 - e^{-\beta(\mathcal{E} - \mathcal{E}_*^T)}), & \text{при } \mathcal{E} > \mathcal{E}_*^T \end{cases} \quad (88)$$

где $\mathcal{E}^T = \sigma^T / 2G, \mathcal{E}_*^T$ - значение \mathcal{E} в конце площадки текучести.

$2G$ - «удвоенный модуль сдвига, G_* , σ^T , σ_a, β - параметры аппроксимации.

На рис. 4.3 представлена экспериментальная диаграмма латуни Л63 и соответствующее ей теоретическое приближение, которое построено по зависимости (88) при значении параметров $\sigma^T = 158$ МПа, $2G_* = 1644$ МПа, $\sigma_a = 40,34$ МПа, $\beta = 70$. При этом погрешность аппроксимации при развитых пластических деформациях составляет не больше 3%.

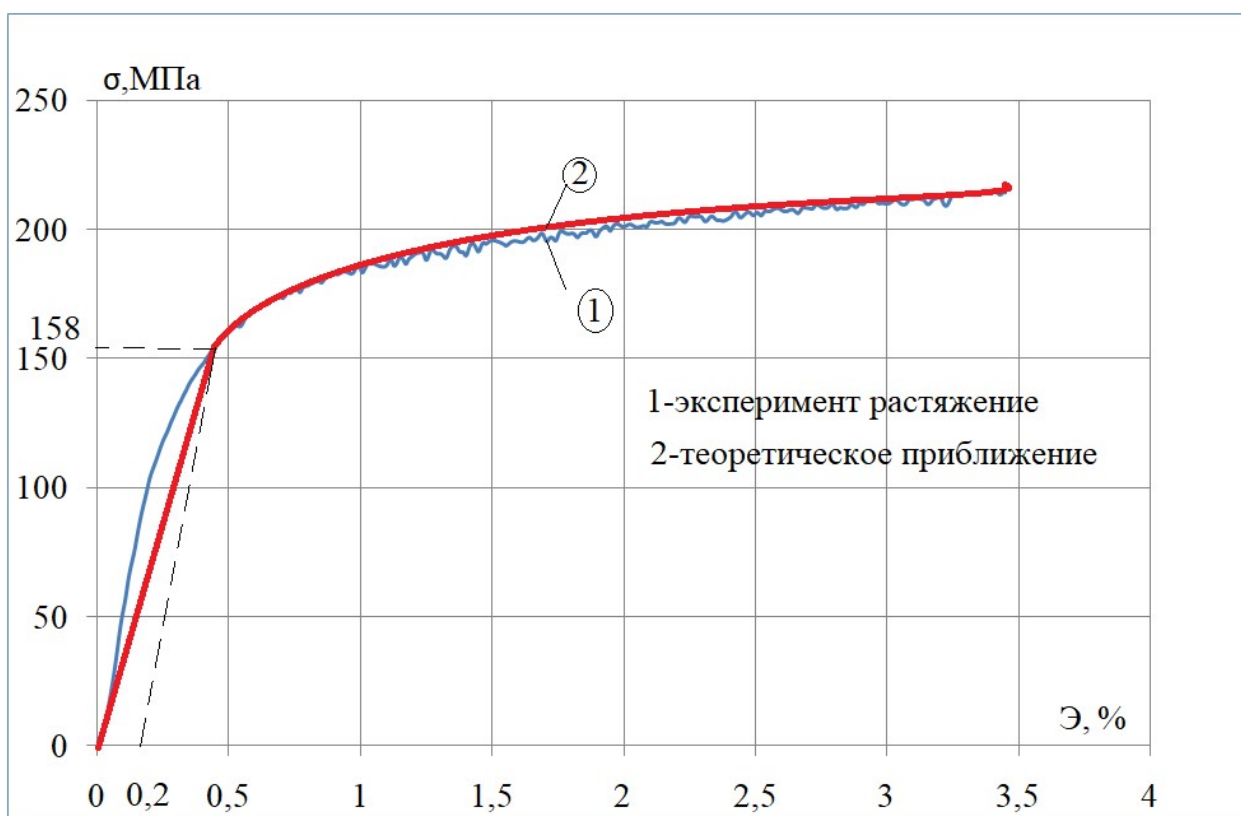


Рис. 4.3

4.2 Испытание латуни Л63 по типу смещенного веера двузвенных ломаных траекторий с точкой излома $\epsilon_1 = 2\%$.

Эксперименты осуществлялись в векторном пространстве деформаций в плоскости $\epsilon_1 \epsilon_3$, а соответствующий им отклик по напряжениям определялся в плоскости $S_1 S_3$ векторного пространства девиатора

напряжений. [35] Программа серии экспериментов с точками излома при $\varepsilon_1^0 = 2\%$ приведена на рисунке 4.4.

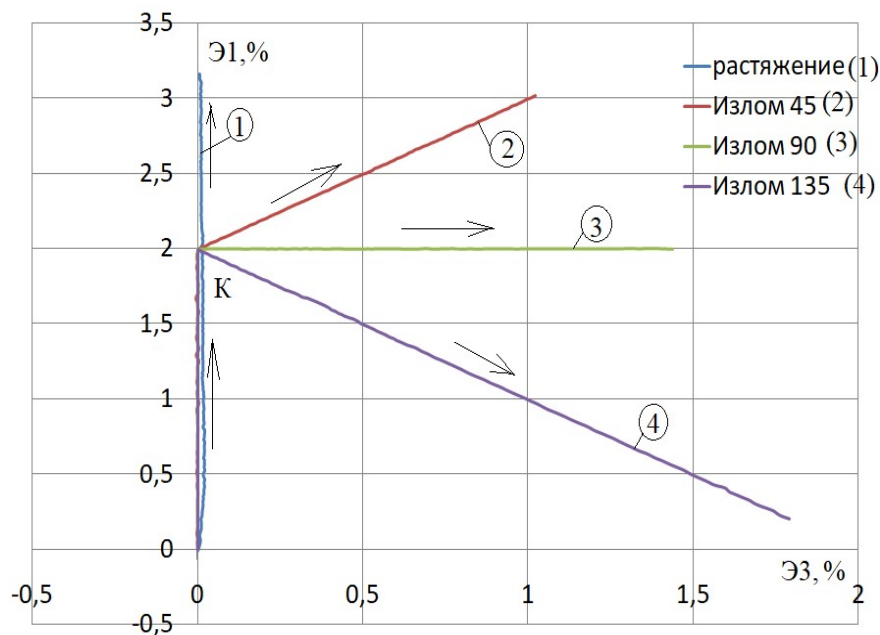


Рис.4.4

Проведены экспериментальные исследования по двузвенным ломаным траекториям деформирования с углами излома 45° ; 90° ; 135° . После излома траектории при угле 45° на втором звене испытуемый образец был подвергнут одновременному кручению и растяжению, при угле 90° - кручению при $\varepsilon_1 = \text{const}$, при угле 135° - одновременному кручению и сжатию,.

На рисунках 4.5 и 4.6 приведены диаграммы $\sigma - s$ и $\sigma - \varepsilon$, где s - длина дуги траектории. Из рисунка видно, что при изломе траектории на диаграммах наблюдаются «нырки» напряжений, которые при угле излома 45° составили 8 МПа, при угле излома 90° - 18,5 МПа, при угле излома 135° - 52,7 МПа. Опускающаяся часть «нырка» соответствовала неполной упругой сложной разгрузке материала до минимума напряжения σ_{BT}^T , при котором происходит «протыкание» предельной поверхности текучести и создаются вторичные пластические деформации. Напряжение σ_{BT}^T названо вторичным

пределом текучести. При угле излома 45° получено $\sigma_{BT}^T = 181,8 \text{ МПа}$, угле 90° – $\sigma_{BT}^T = 176,4 \text{ МПа}$, угле 135° – $\sigma_{BT}^T = 120,3 \text{ МПа}$. На рисунках 4.7 и 4.8 представлены локальные диаграммы деформирования S_1 - \mathcal{E}_1 и S_3 - \mathcal{E}_3 . На ниспадающей части «нырка» происходит упругая разгрузка на диаграмме S_1 - \mathcal{E}_1 и упругое нагружение на диаграмме S_3 - \mathcal{E}_3 при кручении образца (рис. 4.7, 4.8). «На восходящей ветви «нырка» продолжается упругая разгрузка по растяжению-сжатию, однако происходит активное пластическое деформирование по кручению, что и является причиной прекращения частичной упругой разгрузки материала» (рис. 4.7, 4.8).

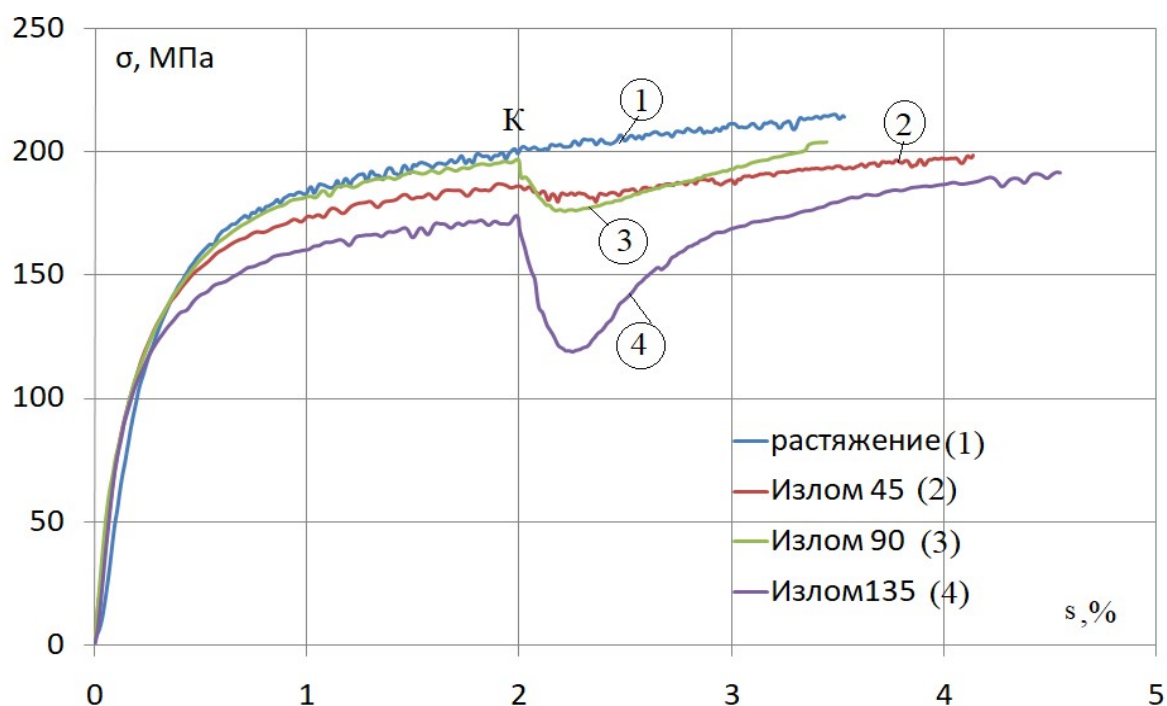


Рис. 4.5

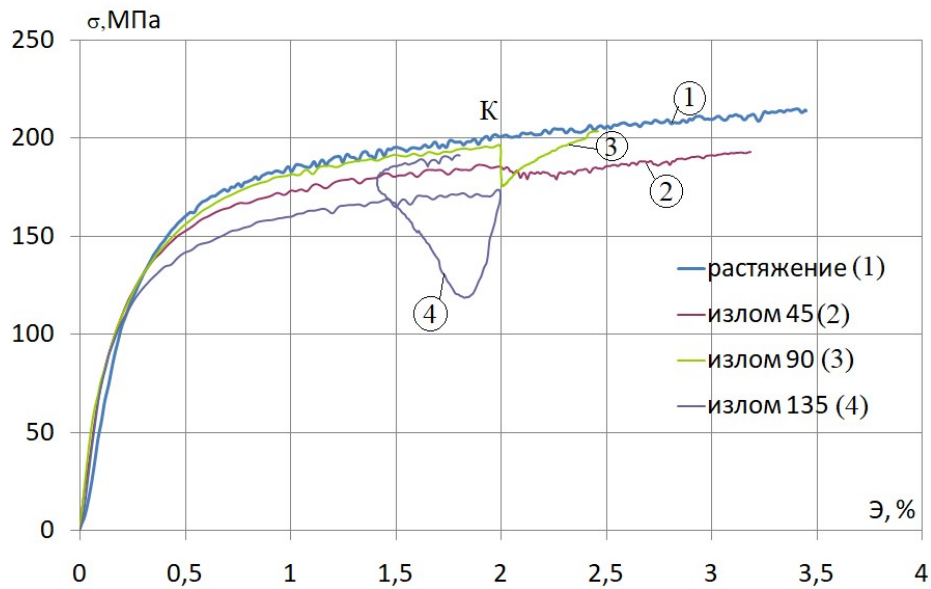


Рис. 4.6

Из рис. 4.5, 4.6 можно увидеть практически линейную частичную разгрузку. Поэтому, по предложению В.Г.Зубчанинова, закон сложной частичной упругой разгрузки может быть принят линейным для данного материала латунь.

$$\Delta\sigma = 2G(S-S_0) = 2G(\varepsilon-\varepsilon_0) \quad (89)$$

где S_0, ε_0 – значения S и ε в точке K излома траектории.

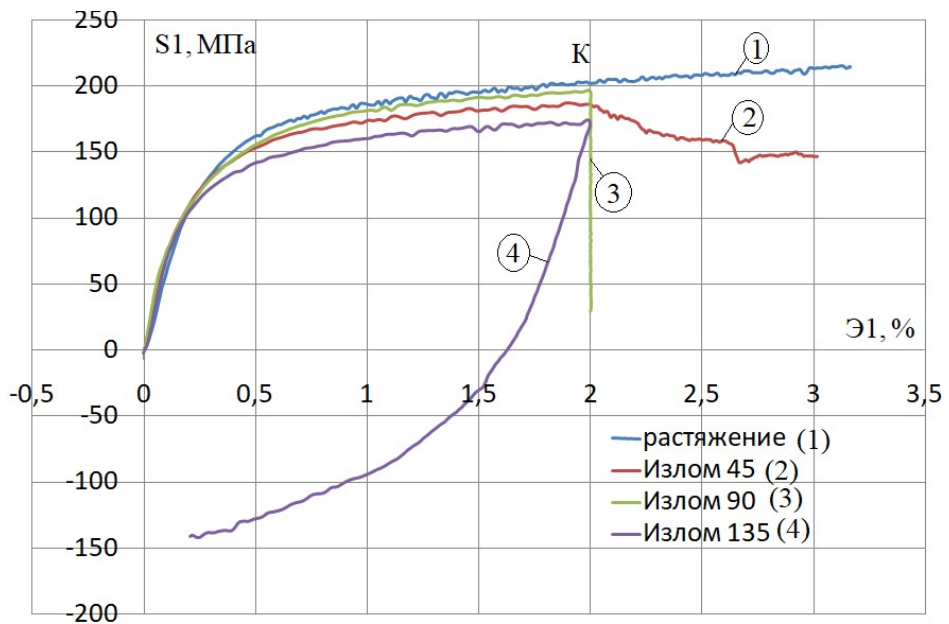


Рис. 4.7

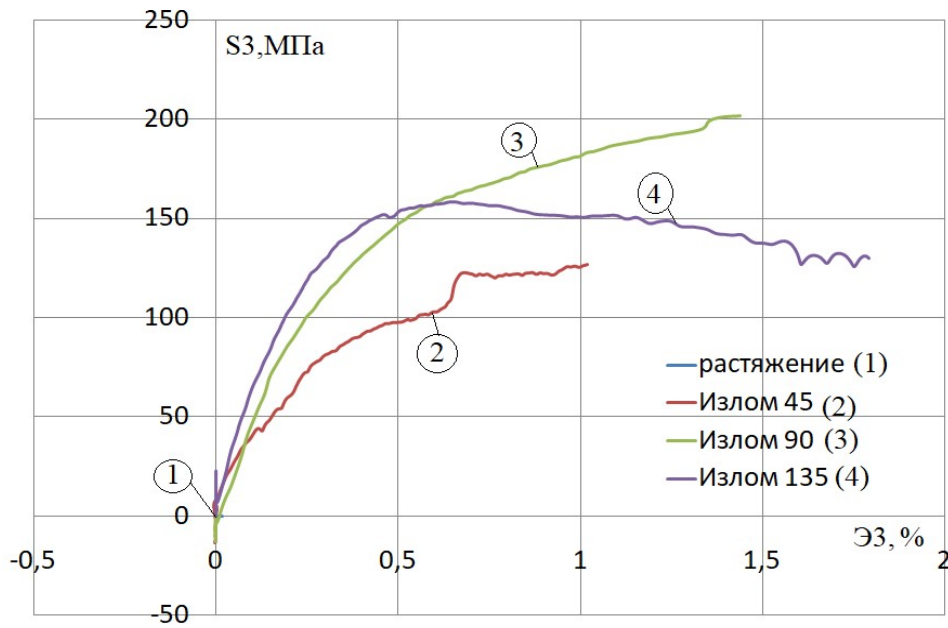


Рис. 4.8

После окончания частичной разгрузки на участке вторичного пластического деформирования (после σ_{BT}^T), согласно предложению В.Г.Зубчанинова, зависимость $\sigma = \Phi(s)$ выражается следующим образом[55-63]:

$$\sigma = \Phi(s) = \sigma_{BT}^T + 2G_*(s - s_0^\gamma) + \sigma_a [1 - e^{-\beta(s-s_0^\gamma)}] \quad (90)$$

где длина дуги s_0^γ , которая соответствует началу участка при $\sigma = \sigma_{BT}^T$.

$2G_* = 1578$ МПа, $\sigma_a = 63,41$ МПа, $\beta = 75$

На рисунке 4.9 представлена экспериментальная диаграмма деформирования для угла излома $\mathcal{A}_1^0 = 135^\circ$ и ее теоретическое приближение на основании формулы 90. Из рисунка 4.9 видно, что результаты соответствуют данным эксперимента.

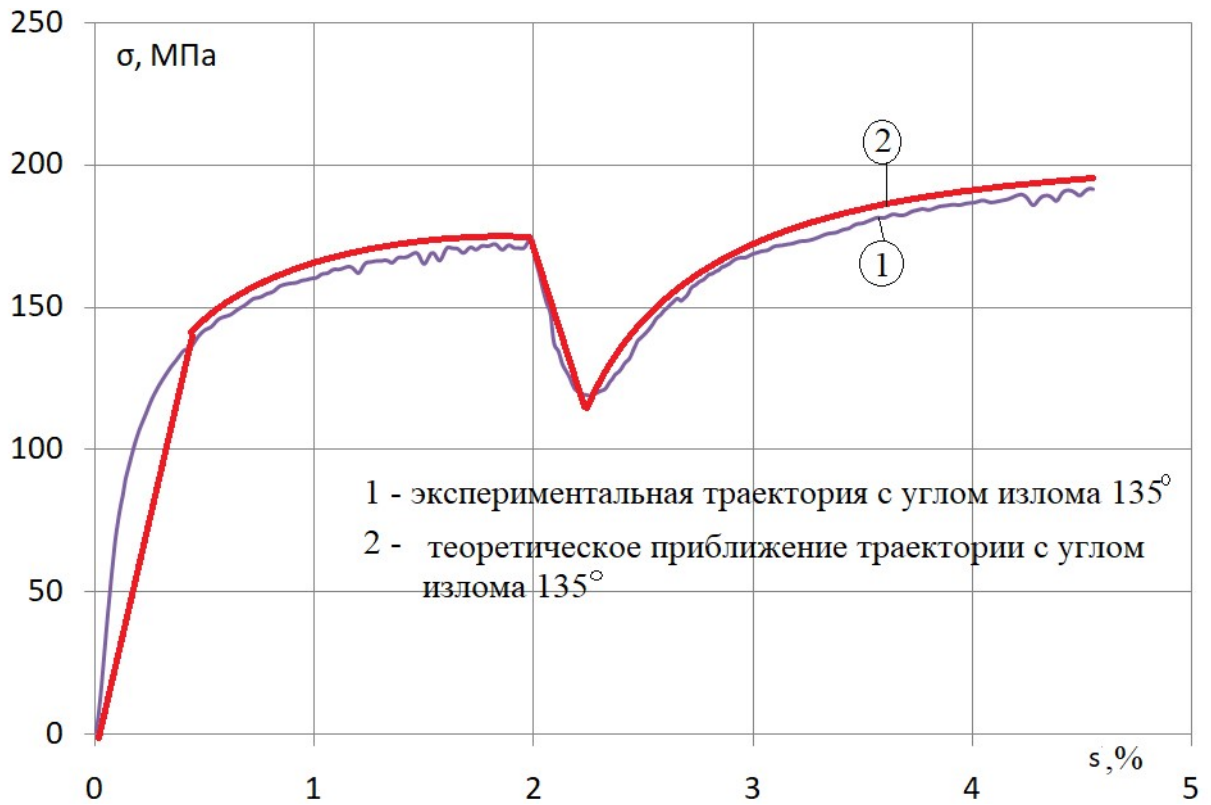


Рис. 4.9

Векторные свойства материала для углов излома 45°; 90°, 135° можно увидеть на рисунке 4.10, где представлены зависимости угла сближения ϑ_1 от приращения длины дуги траектории Δs после точки излома.

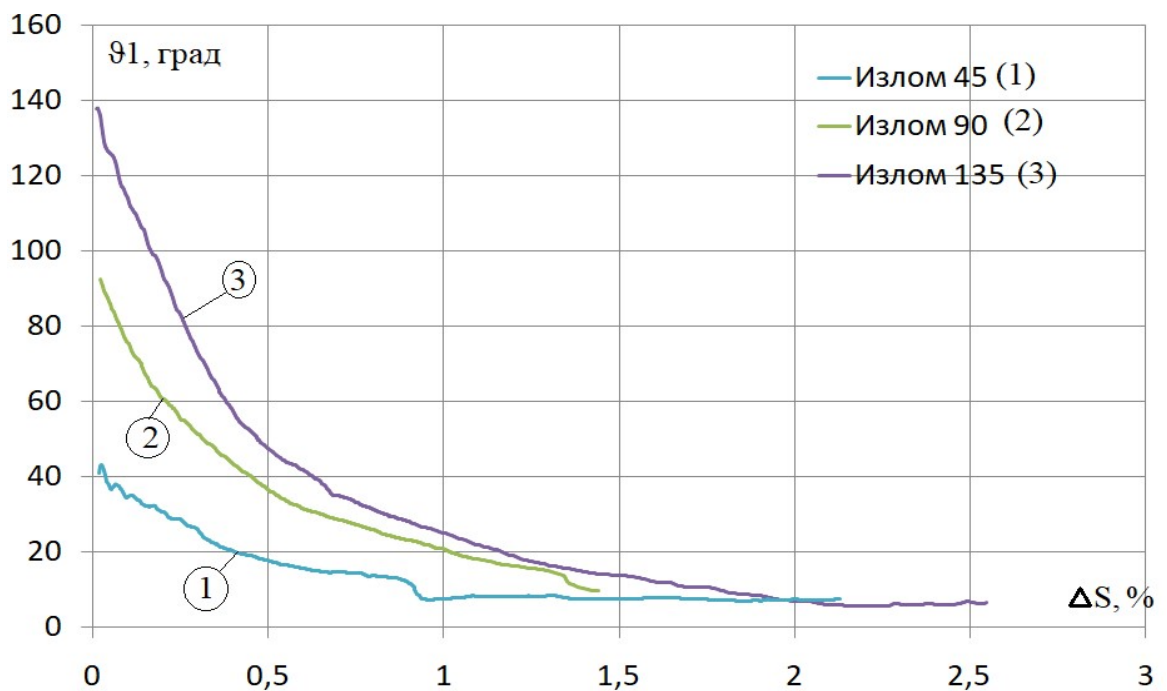


Рис. 4.10

В процессе дальнейшего нагружения угол ϑ_1 становится стабильным и стремится к семи-восьми градусам (рисунок 4.10), что соответствует исчерпыванию следа запаздывания в теории процессов.

Аналогичные исследования были проведены на веере с длиной первого звена 3%. Получено качественное соответствие серий экспериментов .

4.3 Испытание латуни Л63 по типу смещенного веера двузвенных ломаных траекторий с точкой излома $\mathcal{E}_1=3\%$.

Программа экспериментов осуществлялась в векторном пространстве деформаций в плоскости $\mathcal{E}_1\mathcal{E}_3$, а соответствующий ей отклик по напряжениям осуществлялся в плоскости S_1S_3 векторного пространства девиатора напряжений. [37] Программа серии экспериментов с точками излома при $\mathcal{E}_1^0 = 3\%$ приведены на рис. 4.11.

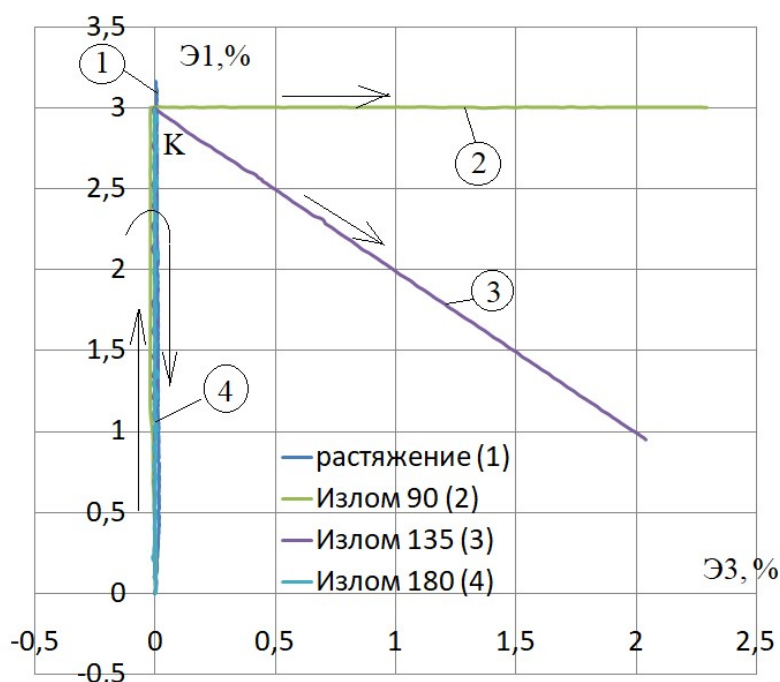


Рис. 4.11

Были проведены экспериментальные исследования по двузвенным ломаным траекториям деформирования с углами излома 90° ; 135° , 180° . После излома траектории при угле 90° на втором звене испытуемый образец

был подвергнут кручению при $\Theta_1 = \text{const}$, при угле 135° – одновременному кручению и сжатию, при угле 180° – знакопеременному нагружению с упругой разгрузкой.

На рисунках 4.12 и 4.13 «приведены диаграммы $\sigma - s$ и $\sigma - \Theta$. Из рисунка видно, что при изломе траектории на диаграммах наблюдаются «нырки» напряжений, которые при угле излома 90° составили 23 МПа, при угле излома 135° – 42 МПа, при угле излома 180° – 174 МПа. Опускающаяся часть «нырка» соответствовала неполной упругой сложной разгрузке до минимума напряжения σ_{BT}^T , при котором происходит «протыкание» предельной поверхности и создаются вторичные пластические деформации. Напряжение σ_{BT}^T названо вторичным пределом текучести. При угле излома 90° получено $\sigma_{BT}^T = 174 \text{ МПа}$, угле 135° – $\sigma_{BT}^T = 134 \text{ МПа}$, угле 180° – $\sigma_{BT}^T = 3,3 \text{ МПа}$. На рисунках 4.14 и 4.15 представлены локальные диаграммы деформирования $S_1 - \Theta_1$ и $S_3 - \Theta_3$. На ниспадающей части «нырка» происходит упругая разгрузка на диаграмме $S_1 - \Theta_1$ и упругое нагружение на диаграмме $S_3 - \Theta_3$ при кручении образца «(рис.4.14, 4.15). На восходящей ветви «нырка» продолжается упругая разгрузка по растяжению-сжатию, однако происходит активное пластическое деформирование от кручения, что и является причиной прекращения частичной упругой разгрузки материала» (рис.4.14, 4.15).

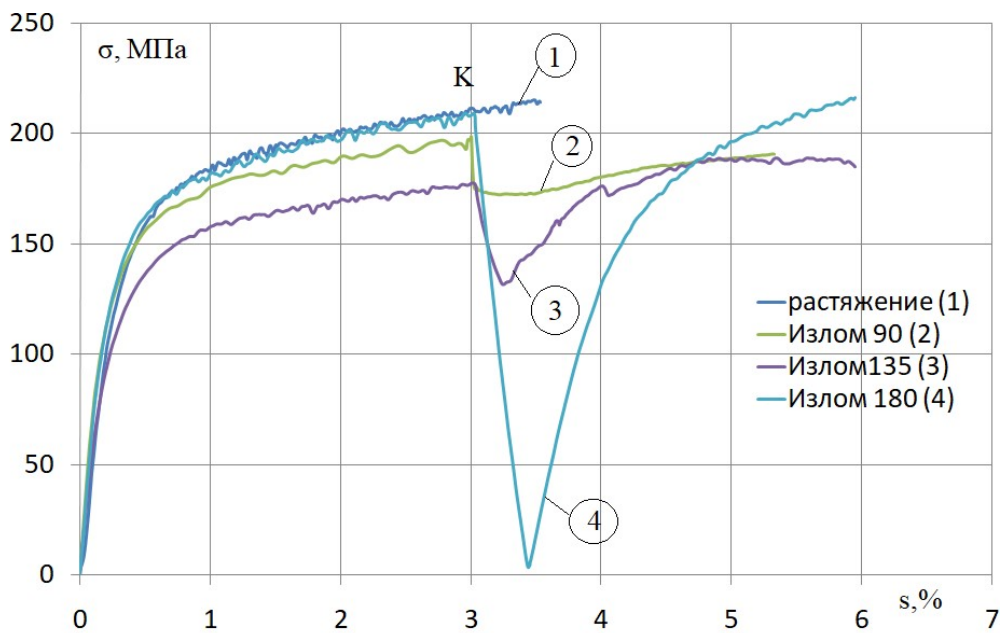


Рис. 4.12

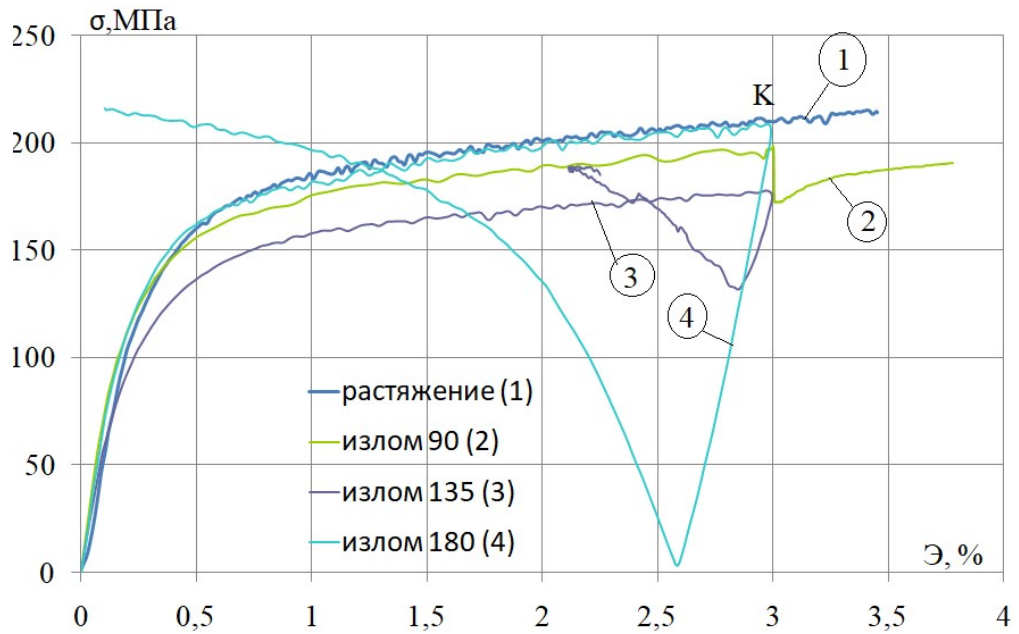


Рис. 4.13

«Из рис. 4.12, 4.13 можно увидеть «практически линейную частичную разгрузку. По предложению В.Г.Зубчанинова, как и в предыдущем пункте, закон сложной частичной упругой разгрузки может быть принят линейным» для данного материала латунь.»

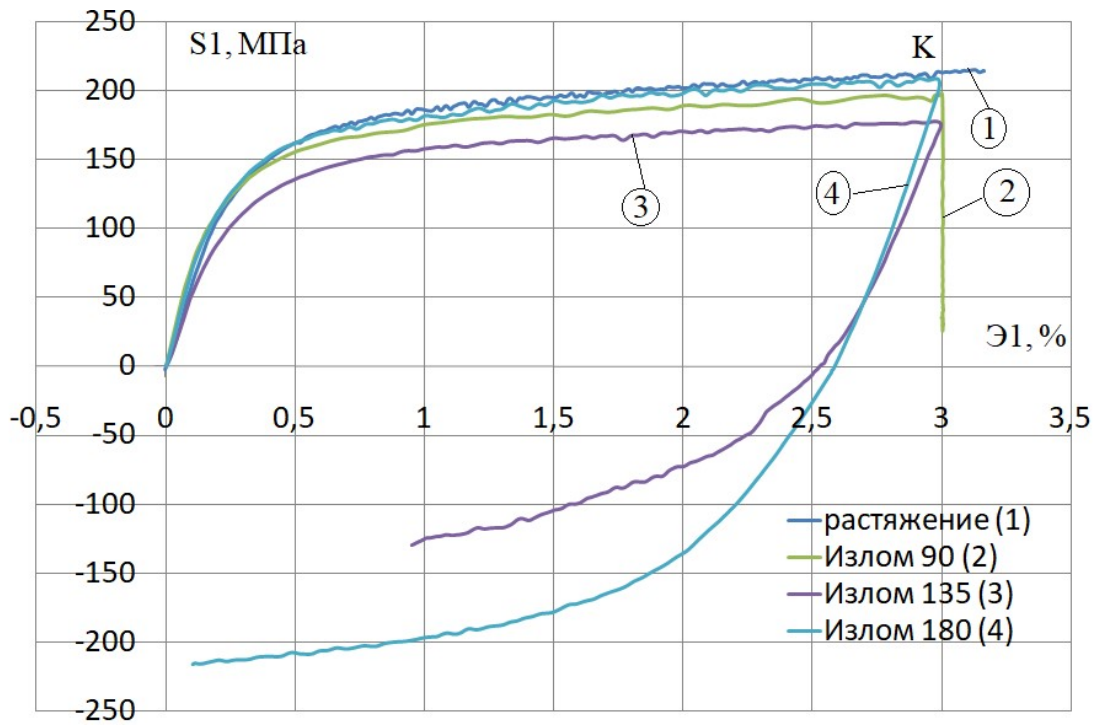


Рис. 4.14

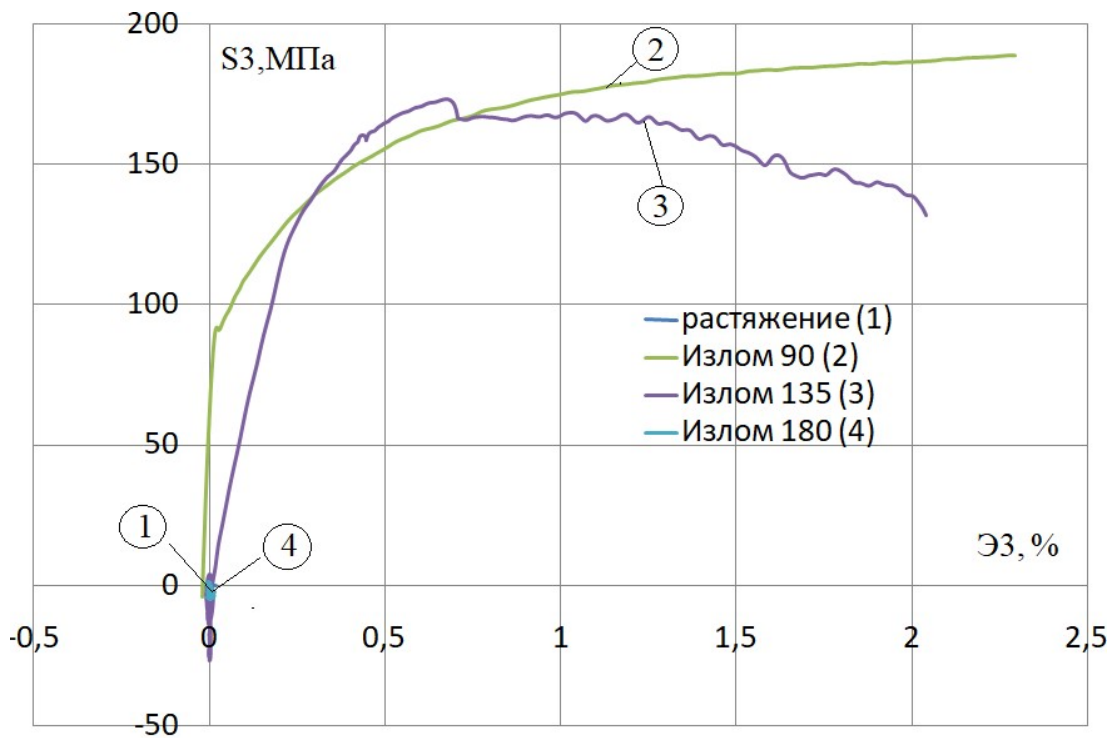


Рис. 4.15

После окончания частичной разгрузки на участке вторичного пластического деформирования (после σ_{BT}^T) согласно [45] зависимость

$\sigma = \Phi(s)$ выражается в соответствии с (90). Длина дуги s_0^γ , которая соответствует началу участка при $\sigma = \sigma_{BT}^T \cdot 2G_* = 1577$ МПа, $\sigma_a = 65,06$ МПа, $\beta = 70$

На рисунке 4.16 можно увидеть экспериментальную диаграмму деформирования для угла излома $\vartheta_1^0 = 135^\circ$ и ее теоретическое приближение на основании формулы 90. Из рисунка 4.16 видно, что применяемые формулы соответствуют данным эксперимента.

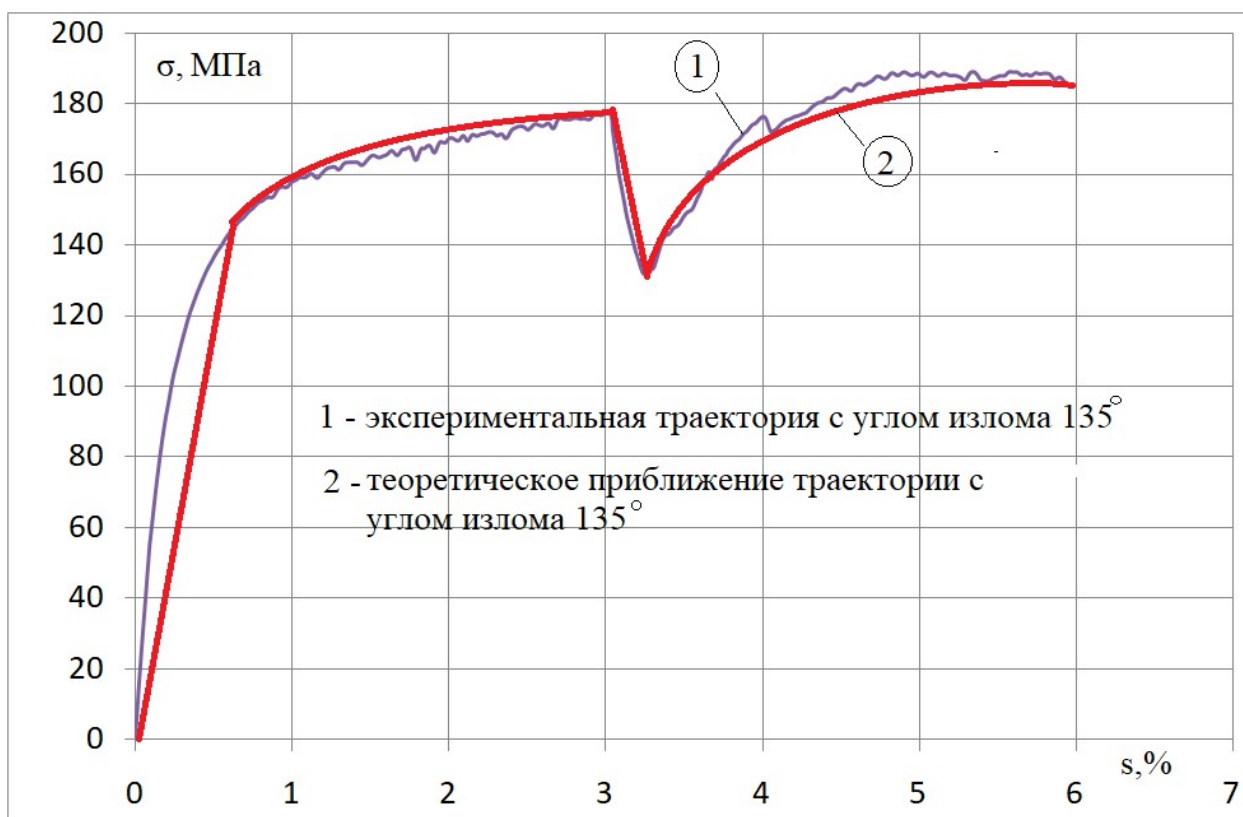


Рис. 4.16

Векторные свойства материала для углов излома 90° ; 135° , 180° траектории можно увидеть на рисунке 4.17, где представлены зависимости угла сближения ϑ_1 от приращения длины дуги траектории Δs после точки излома.

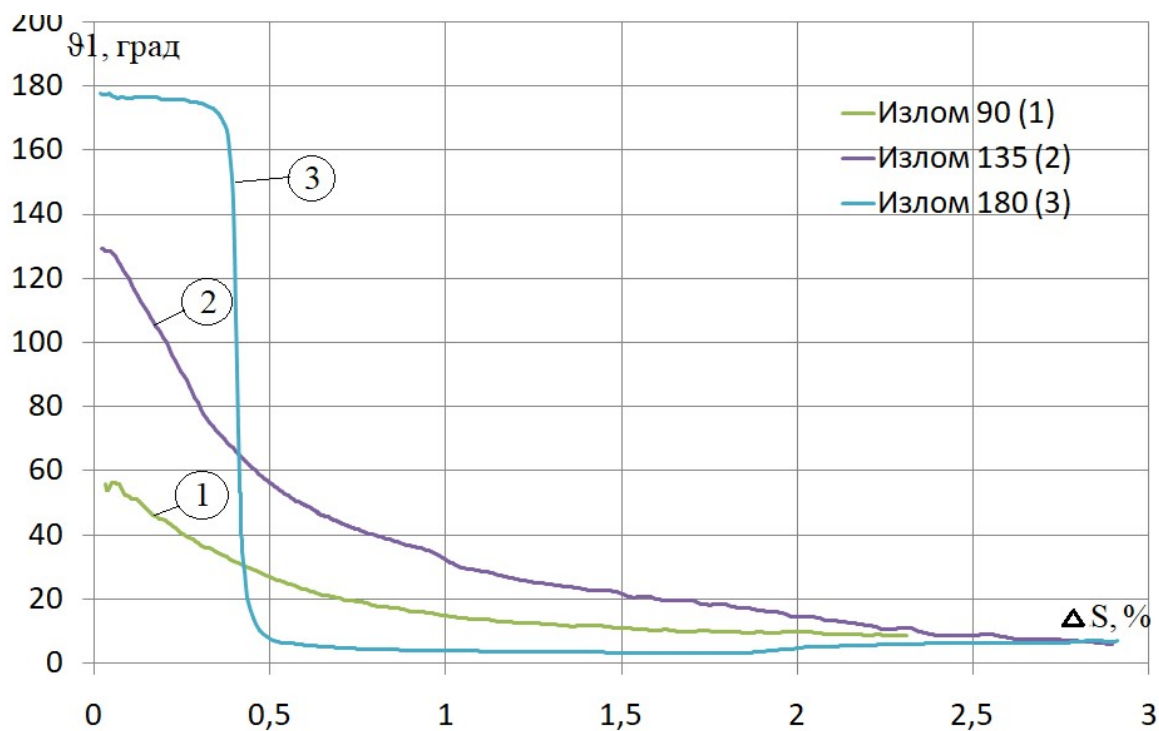


Рис. 4.17

В процессе дальнейшего нагружения угол ϑ_1 становится стабильным и стремится к семи-восми градусам (рисунок 4.17).

Результаты исследований планируется использовать при построении математической модели теории процессов упругопластического деформирования для материала латуни Л63.

4.4 Испытание латуни Л63 по типу гладких плоских траекторий постоянной кривизны

4.4.1 Веер окружностей

Представлена «криволинейная траектория, в процессе деформирования которой задана различная кривизна, при этом центр окружности смещается по оси $\mathcal{E}1$ в положительную сторону. [36] Эксперименты выполнены на комплексе СН-ЭВМ (экспериментально-расчетный комплекс СН-ЭВМ имени А.А. Ильюшина), на котором возможно осуществить трехпараметрическое нагружение на образец (внутреннее давление, кручение и осевое растяжение-сжатие).» Эксперименты, результаты которого показаны в векторном

«представлении деформаций и напряжений А.А. Ильюшина [100,112-113], выполнялись в пространстве деформаций ε_1 - ε_3 при одновременном воздействии крутящего момента и осевой силы. Нагружение осуществлялось при постоянной температуре, деформации подразумеваются малыми..

Программу деформирования, показанную на рисунке 4.18, можно описать следующим образом: начинающиеся из начала координат пять окружностей различного радиуса» $R_1 = 0.25\%$, $R_2 = 0.5\%$, $R_3 = 0.75\%$, $R_4 = 1\%$, $R_5 = 1.5\%$ и различной кривизны ± 400 , ± 200 , ± 133 , ± 100 , ± 67 .

Тонкостенный трубчатый образец был подвержен одновременному растяжению по ε_1 и знакопеременному кручению по ε_3 . Полученная линия деформирования относится к гладким траекториям (по А.А.Ильюшину) [112], в следствии того, что в области смены участков нет точек излома, однако меняется величина кривизны.

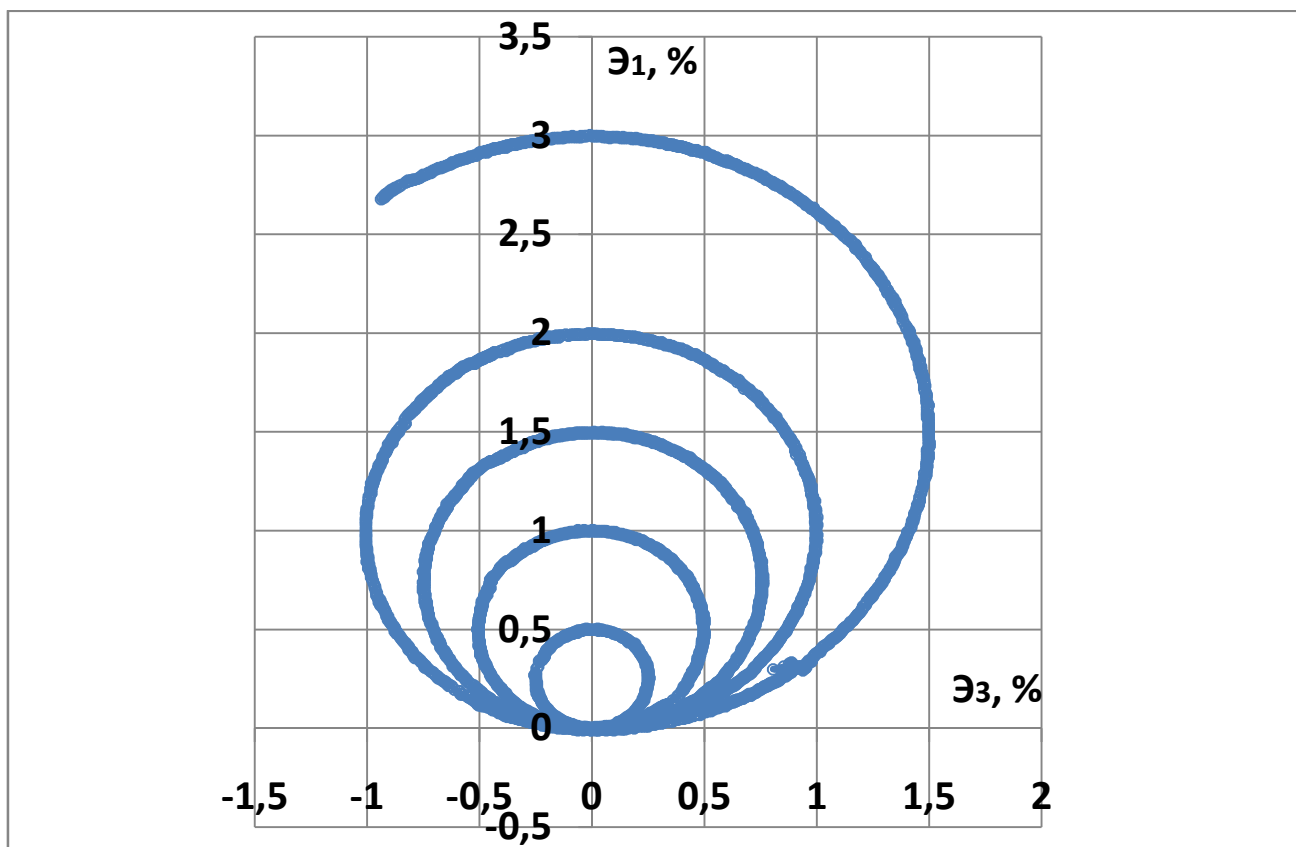


Рис. 4.18. Траектория деформирования

В экспериментах задействованы тонкостенные трубчатые образцы, выполненные из латуни Л63. Состав и марка латуни подтверждены химическим анализом.

Габариты образцов, использованные в экспериментальных исследованиях:

- толщина стенки – 1 мм (h),
- радиус срединной поверхности поперечного сечения – 15, 5 мм (r)
- длина рабочей части – 110 мм (l).

При растяжении и кручении, т.е. при простом пропорциональном нагружении, начальная изотропия материала латунь Л63 была подтверждена экспериментально. Результаты обработаны с помощью формул [43]:

$$\begin{cases} \varepsilon_{11} = \frac{\Delta l}{l}, \varepsilon_{22} = \frac{\Delta r}{r}, \varepsilon_{12} = \frac{r\psi}{2l}, \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = 0, \\ \varepsilon_{33} = -(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + \frac{\sigma_0}{K}, \varepsilon_0 = \frac{1}{3}(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}), \end{cases} \quad (91)$$

$$\begin{cases} \sigma_{11} = \frac{P}{2\pi r h}, \sigma_{22} = q \frac{r}{h}, \sigma_{12} = \frac{M}{2\pi r^2 h}, \sigma_{33} \approx 0, \sigma_{13} = \sigma_{23} = 0, \\ \sigma_0 = \frac{1}{3}(\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}), K = \frac{E}{3(1-2\mu)}, \end{cases} \quad (92)$$

где ε_{ij} - компоненты тензоров деформаций; σ_{ij} - «компоненты тензоров напряжения; Δl - приращения l ; Δr - приращения r ; ψ - угол поворота поперечного сечения; P - осевая сила при растяжении; q - внутреннее давление; M - момент кручения; E - модуль Эйлера-Юнга; μ - коэффициент Пуассона; K - объемный модуль упругости.

В процессе обработки информации, полученной в результате эксперимента, было принято, что условие несжимаемости $\varepsilon_0 = 0$, показатель μ приближался к 0,5.

Через компоненты тензоров по выражениям (93) были получены координаты векторов деформаций и напряжений.

$$\begin{cases} S_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} S_{11} = \sqrt{\frac{3}{2}} (\sigma_{11} - \sigma_0), S_3 = \sqrt{2} S_{12} = \sqrt{2} \sigma_{12}, \\ \mathcal{E}_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} \mathcal{E}_{11} = \sqrt{\frac{3}{2}} (\varepsilon_{11} - \varepsilon_0), \mathcal{E}_3 = \sqrt{2} \mathcal{E}_{12} = \sqrt{2} \varepsilon_{12}, \end{cases} \quad (93)$$

где $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}, S_{ij}, \mathcal{E}_{ij}$ ($i, j = 1, 2, 3$) – компоненты тензоров и тензоров-девиаторов напряжений и деформаций соответственно; $\sigma_0 = \sigma_{ii}/3$, $\varepsilon_0 = \varepsilon_{ii}/3$ – средние напряжение и деформация.

Модули векторов деформаций и напряжений, которые равны модулям девиаторов деформаций и напряжений, были получены следующим образом (94):

$$\sigma = \sqrt{S_{ij} S_{ij}} = \sqrt{S_1^2 + S_3^2}, \quad \mathcal{E} = \sqrt{\mathcal{E}_{ij} \mathcal{E}_{ij}} = \sqrt{\mathcal{E}_1^2 + \mathcal{E}_3^2} \quad (94)$$

«Значения угла ϑ_1 получили с помощью формулы (95). Здесь косинус угла отклонения ϑ_1 вектора напряжений от касательной к траектории деформирования определяется выражением, где $\mathcal{E}_1^0, \mathcal{E}_3^0$ – координаты центра кривизны» полуокружности:

$$\cos \vartheta_1 = \frac{1}{\sigma} \left(\pm S_1 \frac{\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_3^0}{R} \mp S_3 \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_1^0}{R} \right) \quad (95)$$

«Результаты проведённой работы отражены на рисунках 4.19-4.24. На рисунке 4.19 отражен отклик $S_1 - S_3$, построенный в пространстве напряжений. Глобальную диаграмму деформирования $\sigma - \mathcal{E}$ представлена на рисунке 4.20, а диаграмму прослеживания процесса деформирования $\sigma - s$ на рисунке 4.21. Диаграмма $\sigma - s$ характеризует» векторные свойства материала, где s является длиной дуги траектории деформирования.

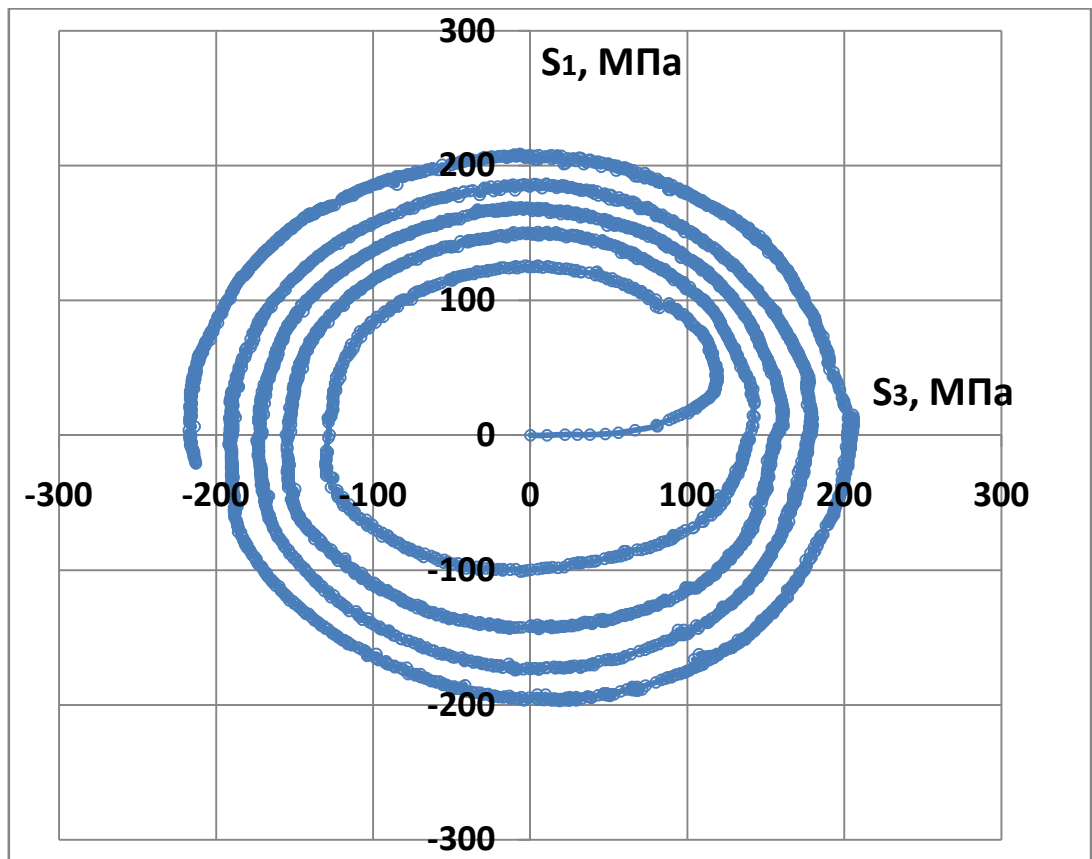


Рис. 4.19. Отклик по напряжениям на плоскости $S_1 - S_3$.

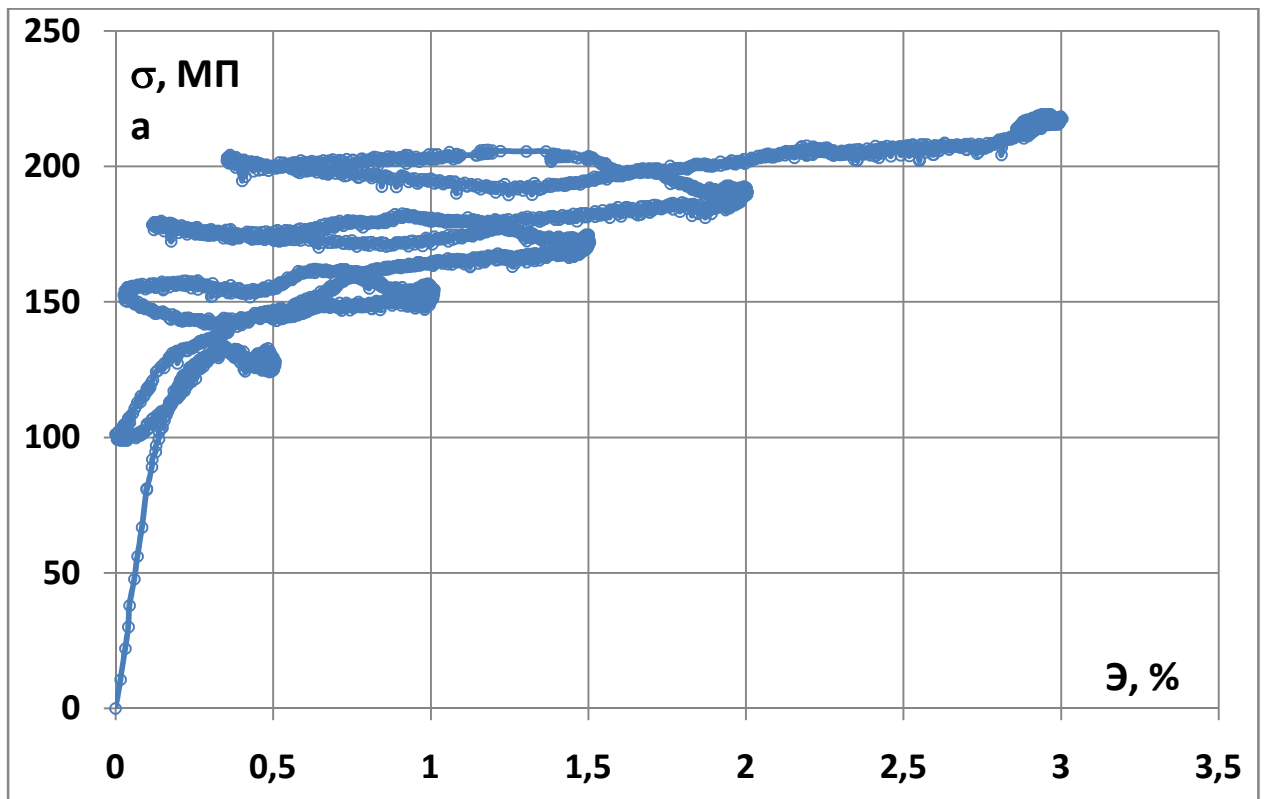


Рис. 4.20. Диаграмма деформирования $\sigma - \varepsilon$.

На рисунках 4.22, 4.23 отражены две локальные диаграммы деформирования (продольного нагружения $S_1 - \varepsilon_1$ и кручение $S_3 - \varepsilon_3$). Диаграмма зависимости $\vartheta_1 - s$, характеризующая векторные свойства материала, показана на рисунке 4.24.

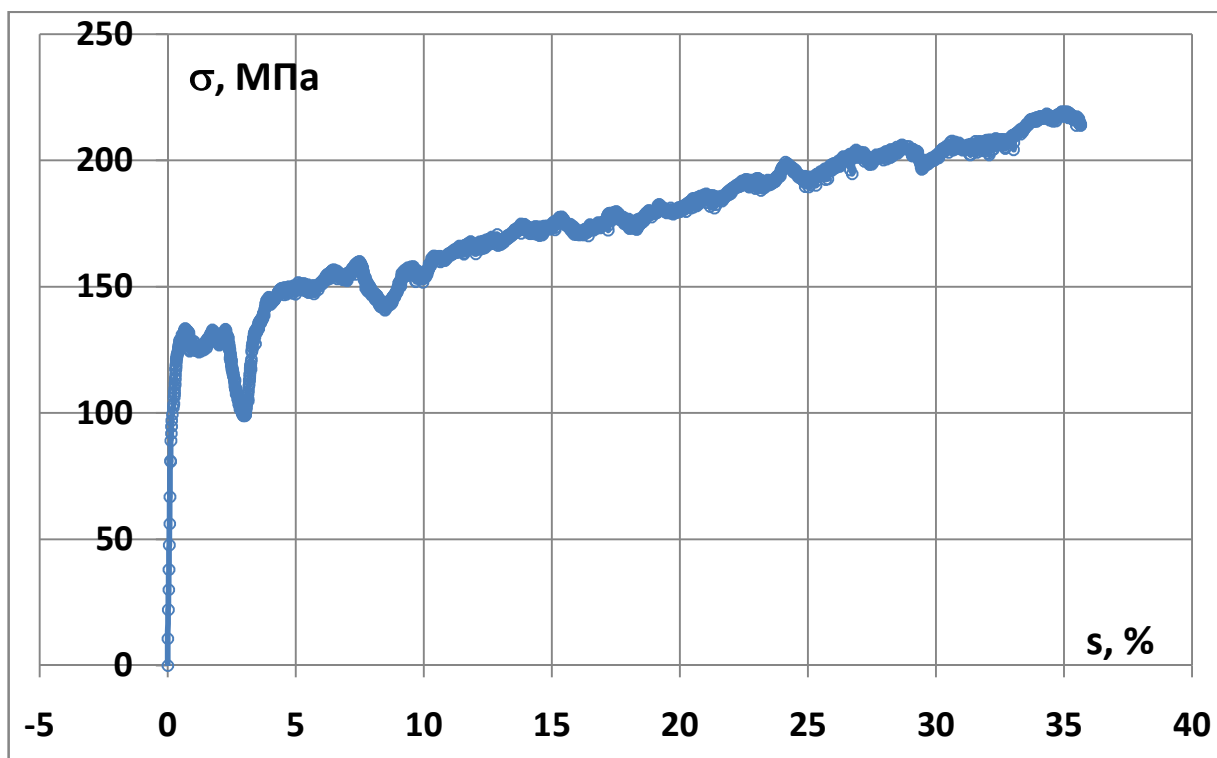


Рис. 4.21. Диаграмма деформирования $\sigma - s$.

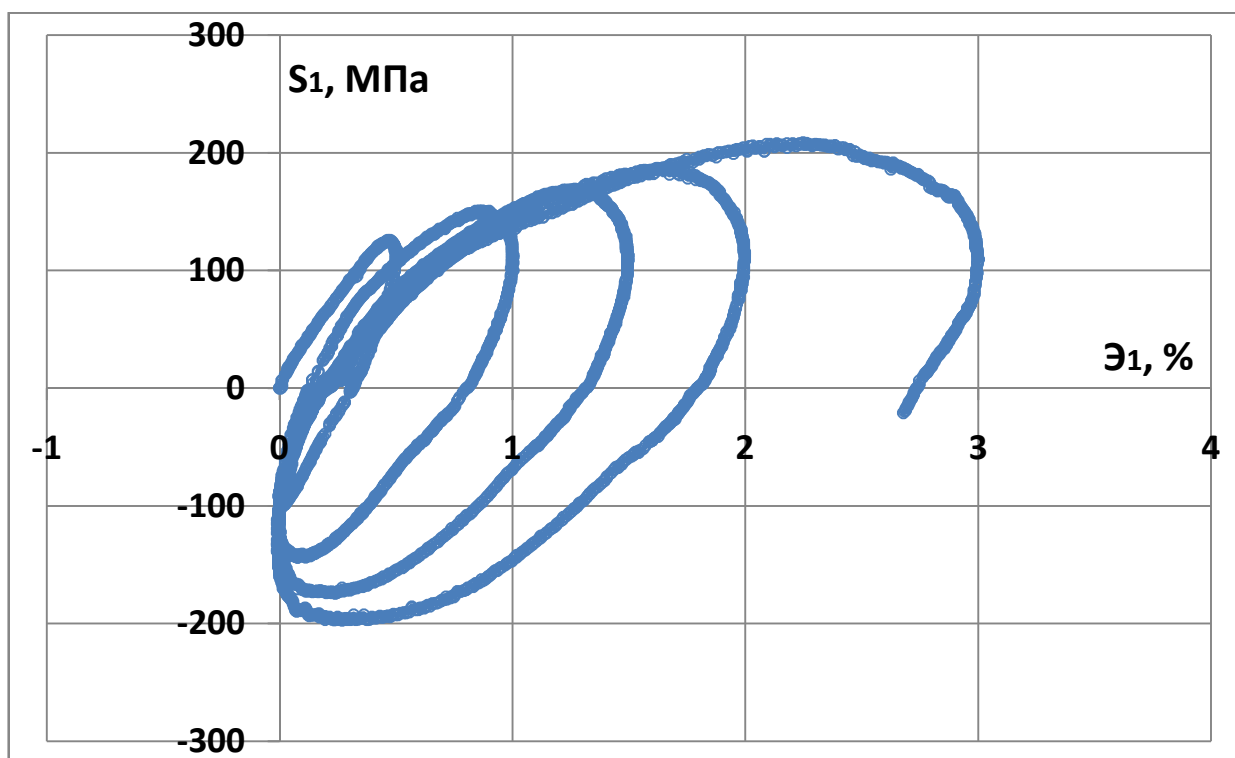


Рис. 4.22. Локальная диаграмма деформирования $S_1 - \varepsilon_1$.

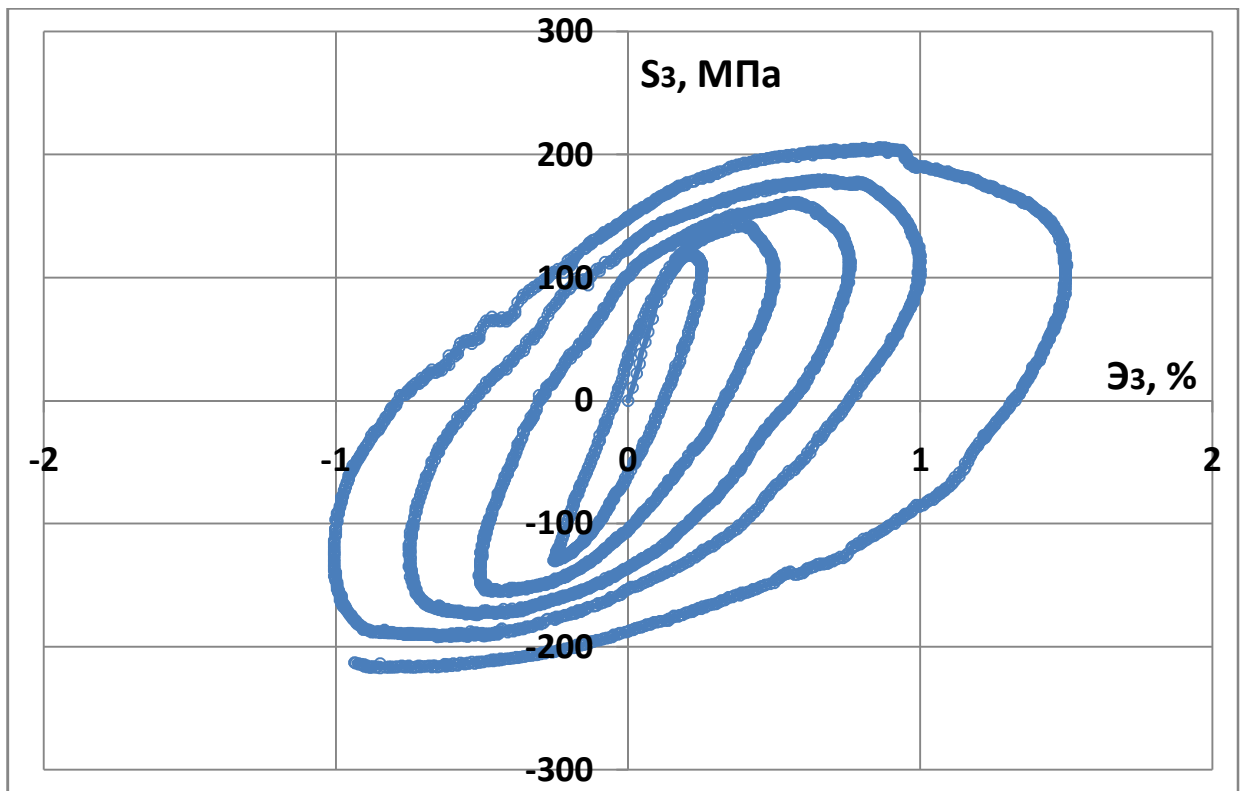


Рис. 4.23. Локальная диаграмма деформирования $S_z - \varepsilon_z$.

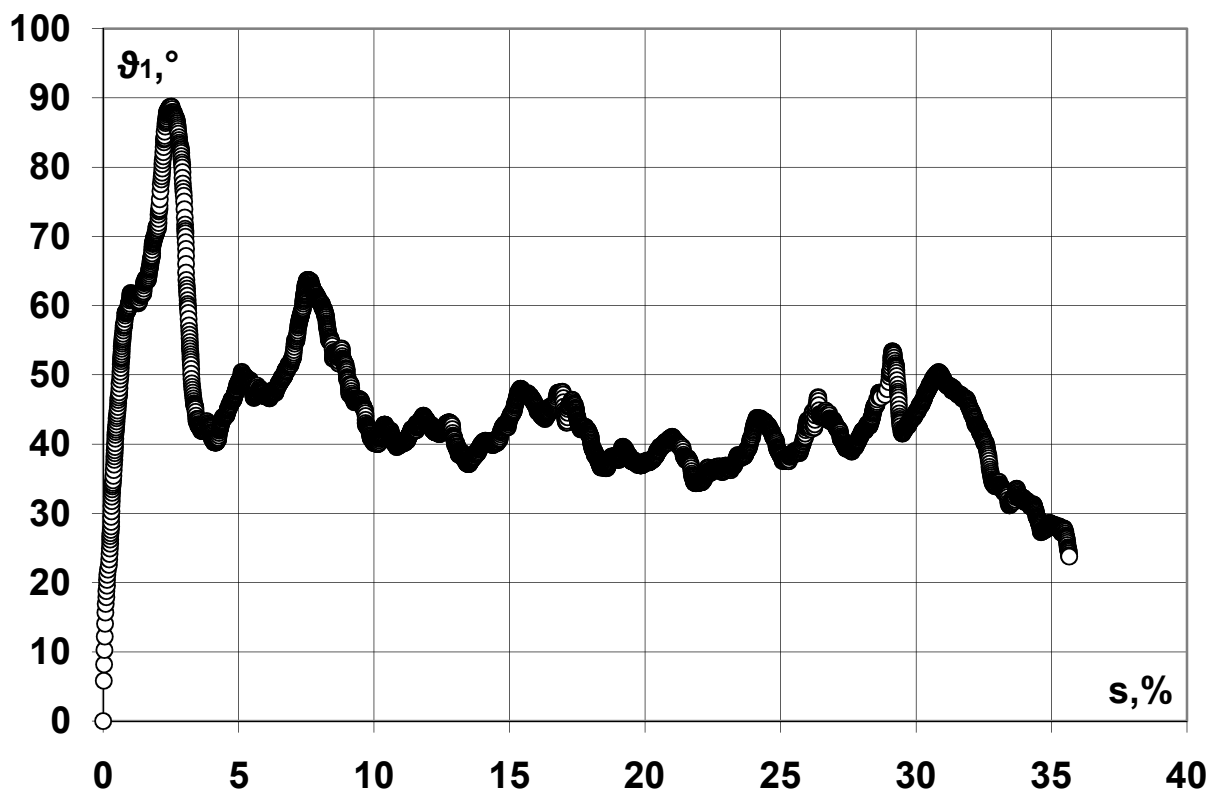


Рис. 4.24. Диаграмма $\varphi_1 - s$.

«Ранее, при проведении подобных экспериментов, было выявлено[43,52,53] следующее: изменение характера нагружения, а именно смена кривизны траектории деформирования, на диаграмме $\sigma - s$ вызывает “нырок напряжений”, которые схож с нырком, появляющимся при наличии угла излома траектории. Похожее явление мы видим и при текущих исследованиях на латуни Л63. На рисунке 4.21 выявлены зависимости, которые показывают, что вначале каждого участка, при увеличении Δz по модулю, значение напряжения растет, а далее, при уменьшении Δz до нуля, значение σ уменьшается. При этом процент убывания в сопоставлении с наибольшим значением не превышает значения 7% на данном участке.

Выявлено, что при проведении экспериментов по гладким траекториям с неизменной кривизной, проявляется постоянный режим деформирования с одинаковым значением угла сближения ϑ_1 . В нашем же случае видно, что при смене значения кривизны на диаграмме зависимости угла сближения от длины дуги траектории проявляется колебательный эффект.

4.4.2 Веер окружностей 45°

Проведены экспериментальные исследования по гладким траекториям различной кривизны на заданных участках в рамках исследования сложного деформирования латунных тонкостенных трубчатых образцов на автоматизированном комплексе СН-ЭВМ. Сложное деформирование включало в себя знакопеременное кручение и осевое растяжение-сжатие с одновременным смещением центра окружности траектории и уменьшением кривизны. Эксперименты, результаты которого показаны в векторном представлении деформаций и напряжений А.А.Ильюшина, выполнялись в пространстве деформаций Δ_1 - Δ_3 , а отклик реализовывался в векторном пространстве напряжений (плоскость S_1 - S_3). Исследовались скалярные и векторные свойства латуни Л63 в состоянии поставки, при этом нагружение

осуществлялось при постоянной температуре, деформации подразумеваются малыми. ε_1 - ε_3 Траектория деформирования

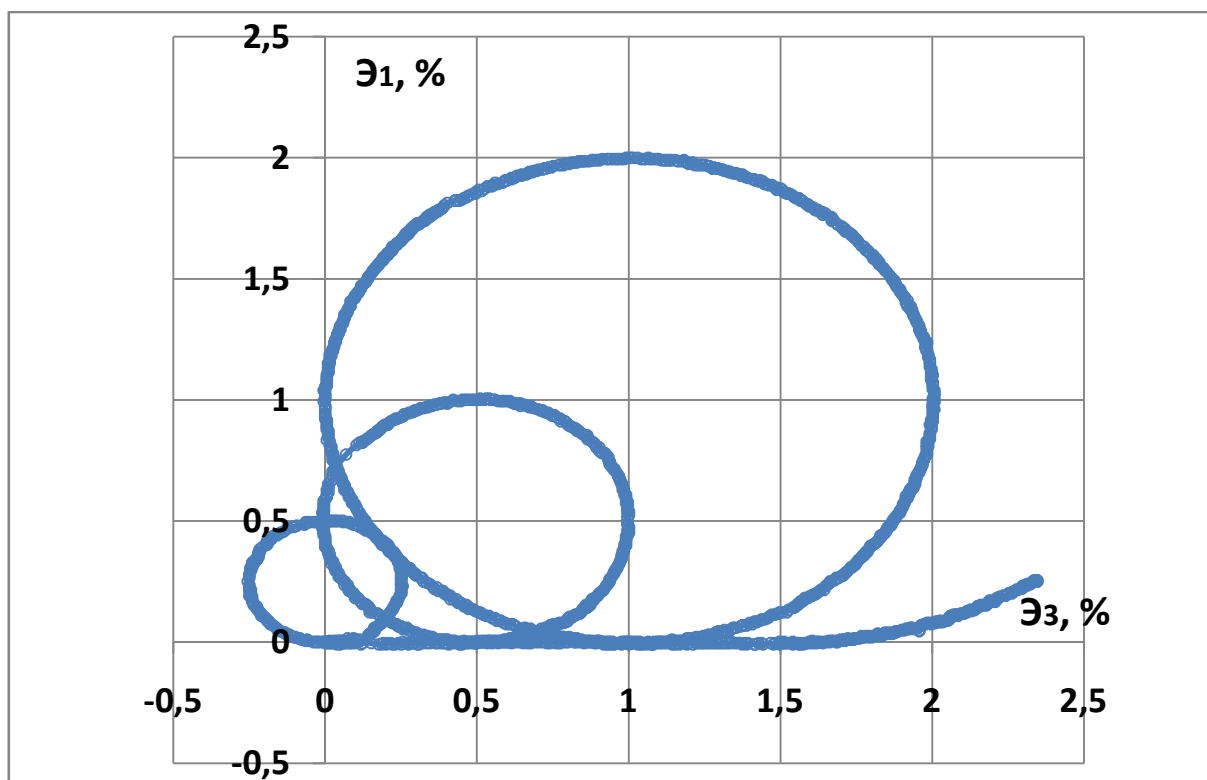


Рис.4.25

S_1 - S_3 Траектория нагружения материала

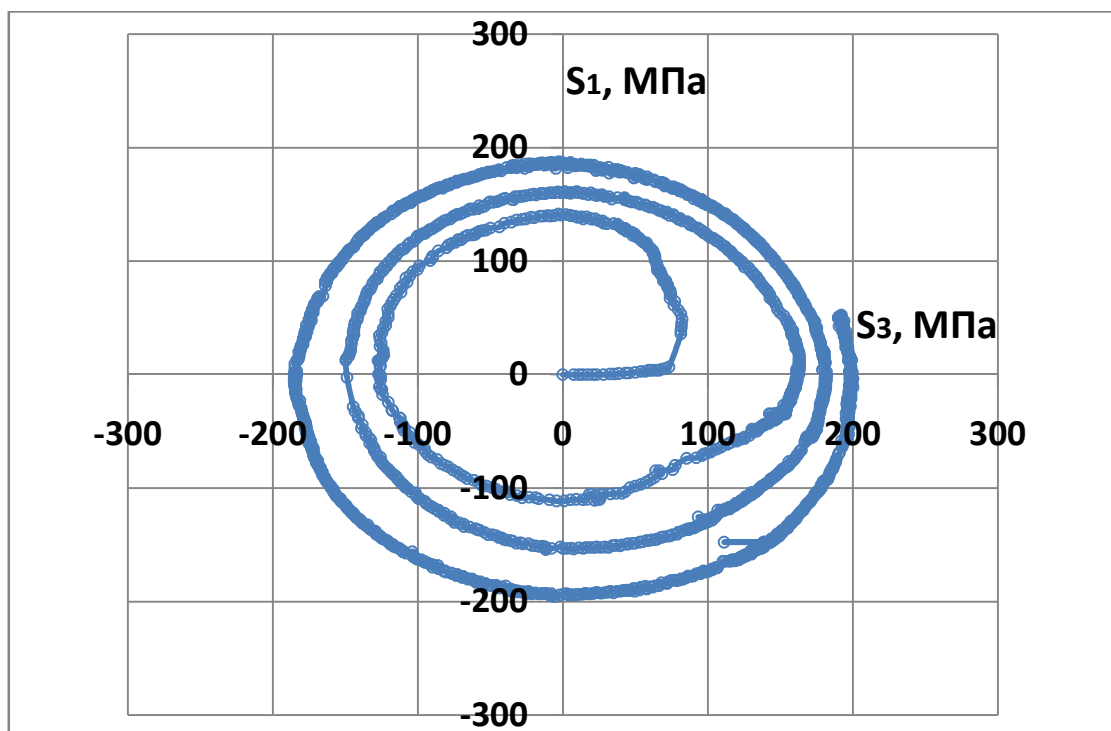


Рис.4.26

Программу деформирования, показанную на рисунке 4.25, можно описать следующим образом: начинающиеся из начала координат три окружности различного радиуса $R_1 = 0.25\%$, $R_2 = 0.5\%$, $R_3 = 1\%$ и различной кривизны ± 400 , ± 200 , ± 100 . Центры второй и третьей окружности заданы таким образом, чтобы оси ε_1 и ε_3 являлись касательными к траектории деформирования для каждой окружности.

σ-ε Диаграмма прослеживания процесса

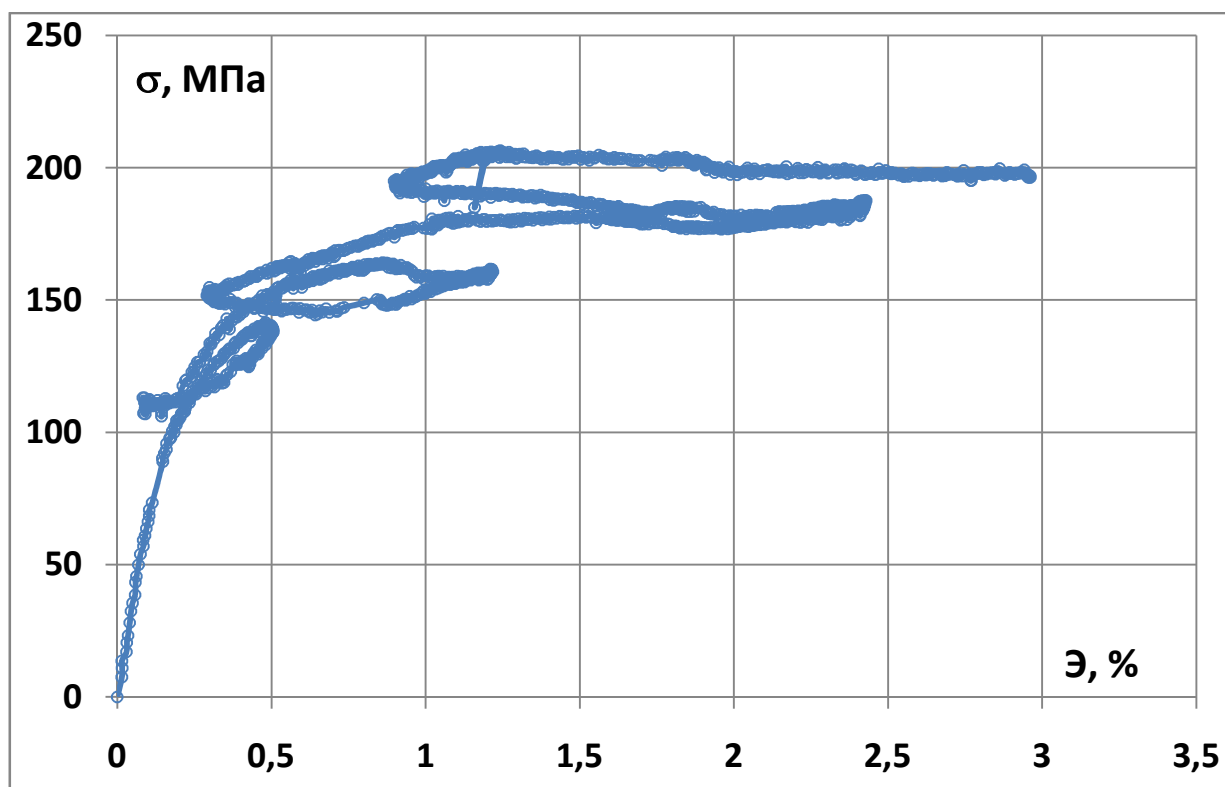


Рис.4.27

«При переходе с одного участка на другой, т.е. при изменении радиуса окружности и, как следствии, смене кривизны, наблюдался «нырок» на диаграмме σ - S (рис 4.28). Похожий эффект наблюдается на двузвенных ломаных траекториях при наличии угла излома. В свою очередь отклик (рис.4.26) показывает, что «присутствует процесс деформирования без упругой разгрузки. На рисунке 4.27 представлена диаграмма прослеживания процесса, а на рисунке 4.28 – диаграмма деформирования. Локальные диаграммы деформирования представлены на рисунках» 4.29 – 4.30.»

σ - S

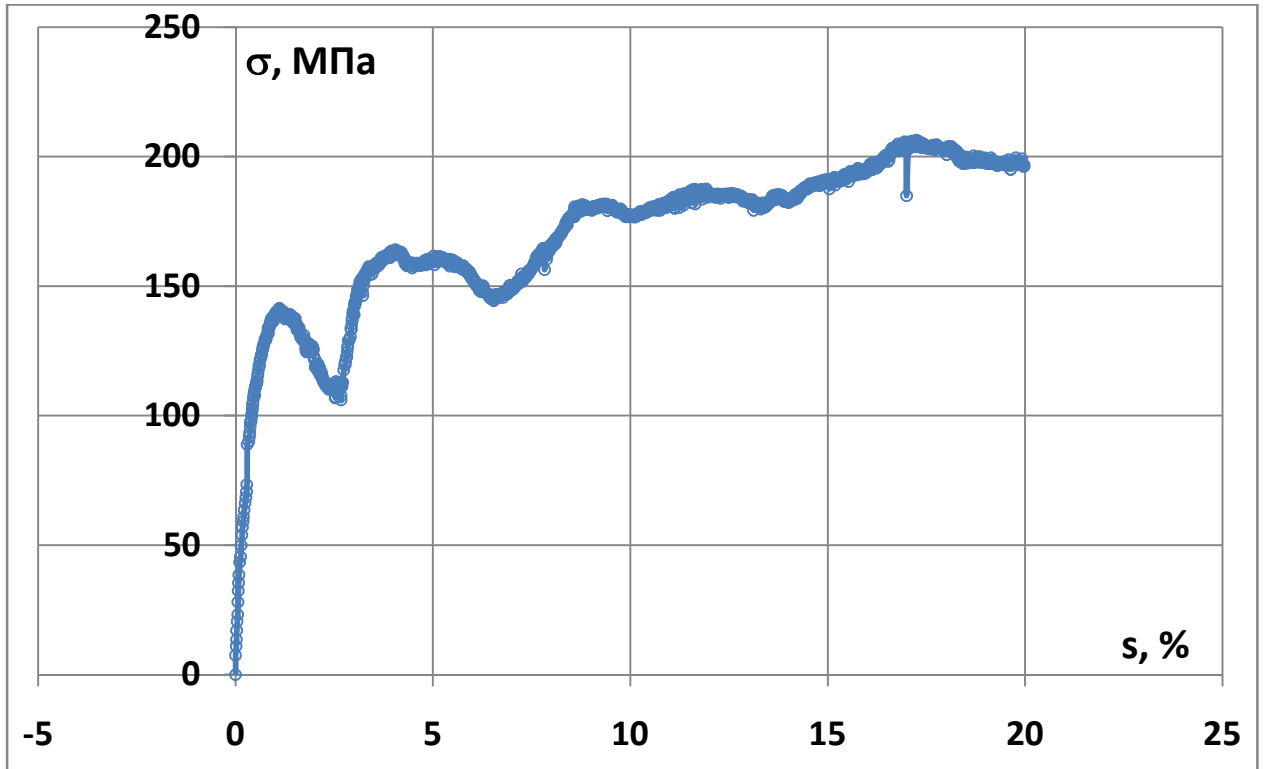


Рис.4.28

S_1 - Δ_1

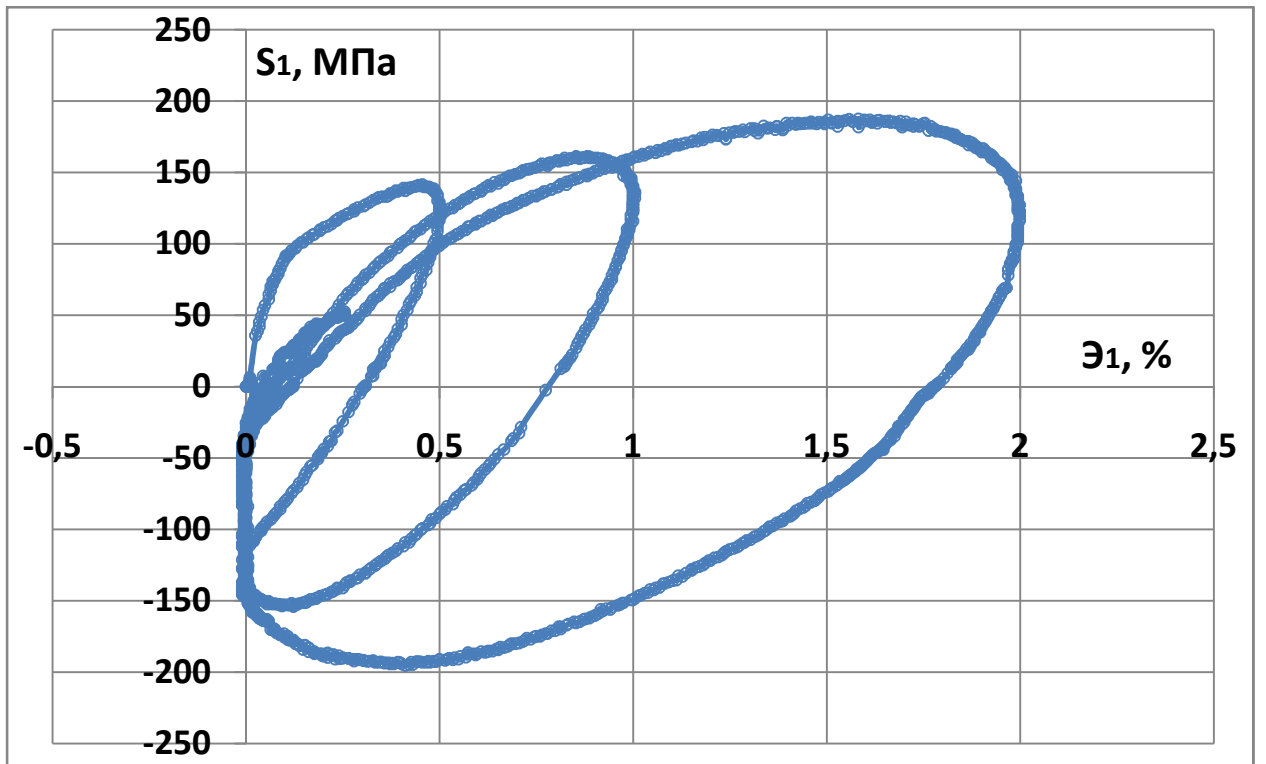


Рис.4.29

S₃-Э₃

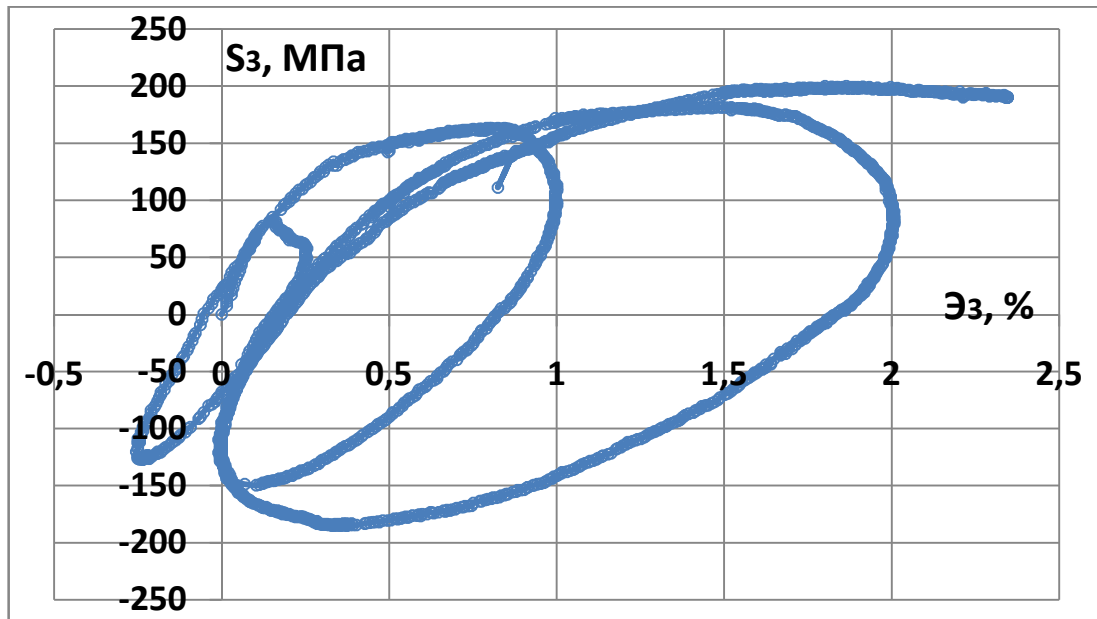


Рис.4.30

Векторные свойства материала представлены на рисунке 4.31. Замечено, что при смене значения кривизны на диаграмме зависимости угла сближения от длины дуги траектории проявляется колебательный эффект.

ϑ₁-S

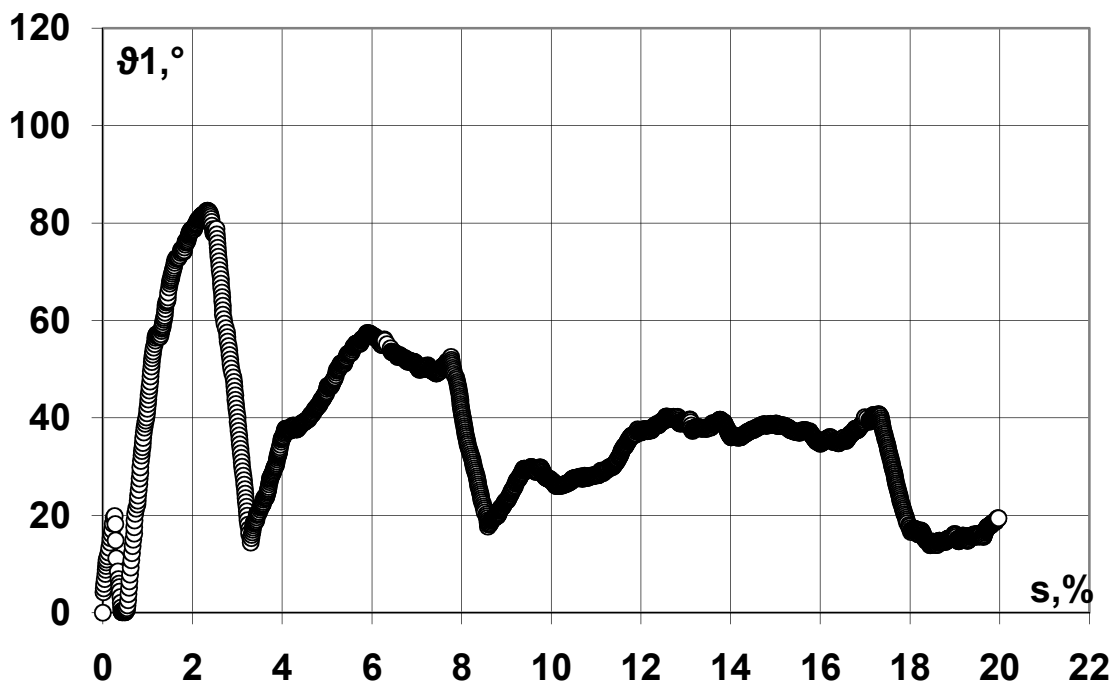


Рис.4.31

4.4.3 Восемь полуокружностей

Показаны эксперименты по гладким траекториям постоянной знакопеременной кривизны участков в рамках исследования сложного деформирования латунных тонкостенных трубчатых образцов на автоматизированном комплексе СН-ЭВМ. Сложное деформирование включало в себя знакопеременное кручение и осевое растяжение-сжатие с одновременным смещением центра окружности траектории по оси ε_1 . Эксперименты, результаты которого показаны в векторном представлении деформаций и напряжений А.А.Ильюшина, выполнялись в пространстве деформаций ε_1 - ε_3 , а отклик строился в векторном пространстве напряжений на плоскости S_1 - S_3 . Нагружение осуществлялось при постоянной температуре, деформации подразумеваются малыми.

ε_1 - ε_3 Траектория деформирования

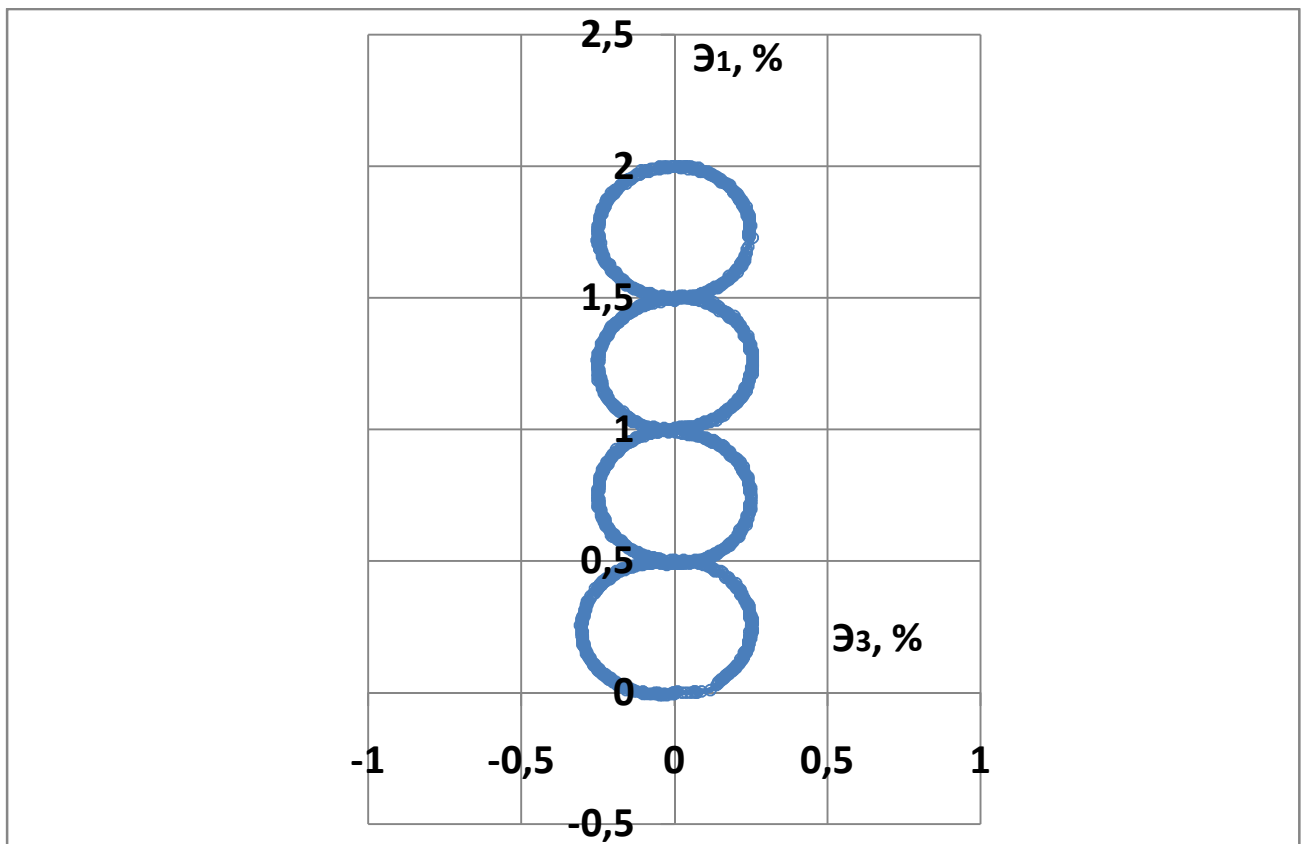


Рис.4.32

S1-S3 Траектория нагружения материала

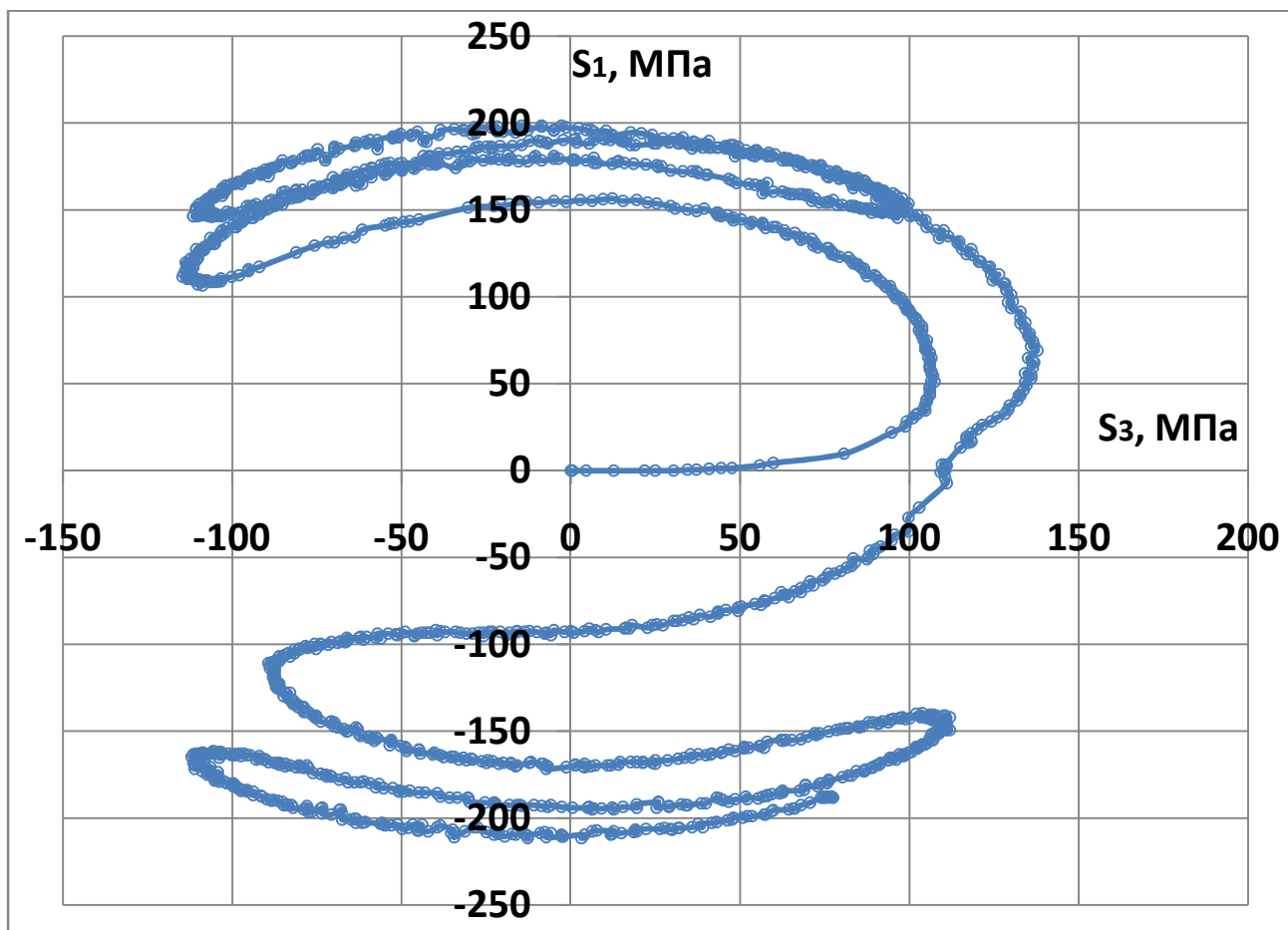


Рис.4.33

Программу деформирования, показанную на рисунке 4.32, возможно описать следующим образом: начинающиеся из начала координат четыре полуокружности одинакового радиуса $R_1 = 0.25\%$, с кривизной ± 400 . При достижении первой полуокружностью $\mathcal{E}_1 = 0.5\%$, кривизна меняется по знаку и продолжается построение второй полуокружности. Аналогичным образом происходит переход на третью и четвертую полуокружность. При завершении формирования четвертой полуокружности смена знака кривизны не происходит, знак кривизны меняется при завершении построения до целой окружности. Далее происходит сжатие образца со знакопеременным кручением.

σ-Э Диаграмма прослеживания процесса

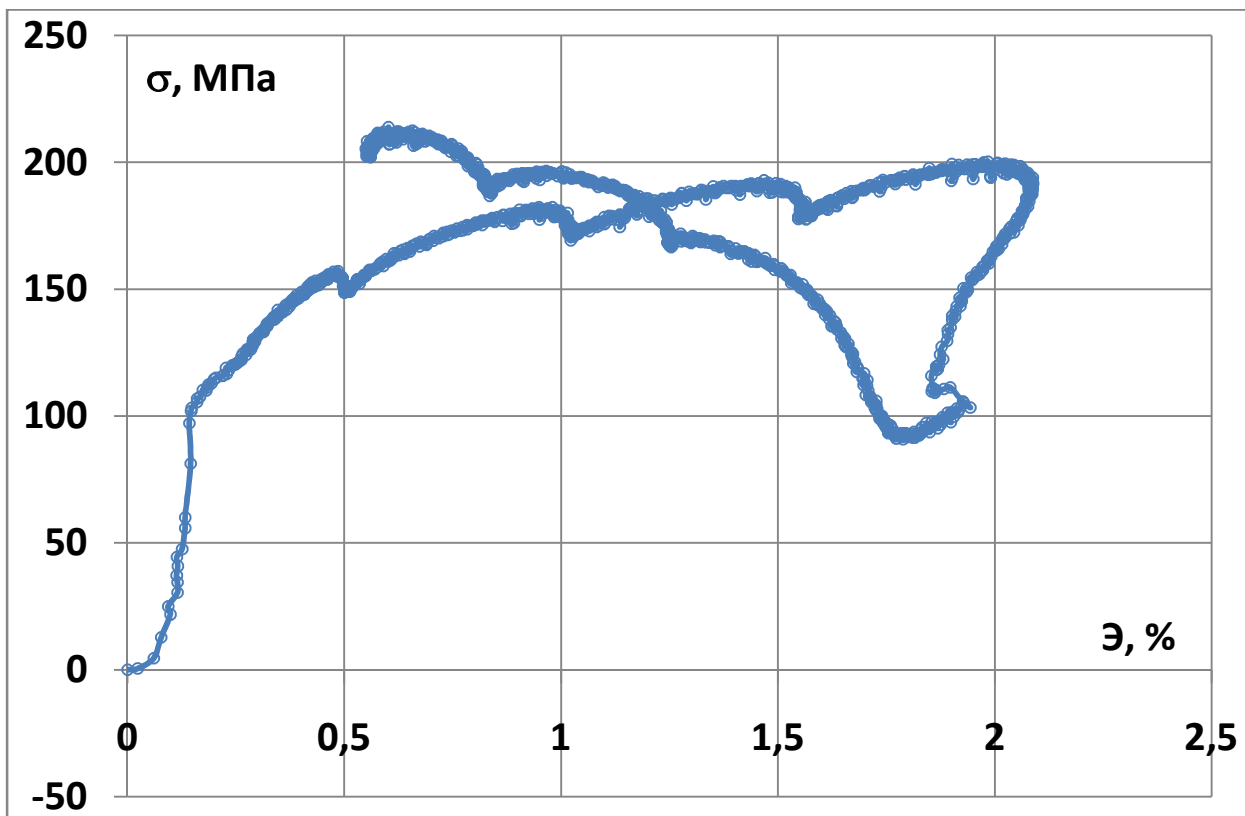


Рис.4.34

«При переходе с одного участка на другой, т.е. при изменении знака кривизны окружности, наблюдался «нырок» на диаграмме деформирования (рис. 4.35). Похожий эффект наблюдается на двузвенных ломаных траекториях при наличии угла излома. В свою очередь отклик (рис.4.33) показывает, что присутствует процесс деформирования без упругой разгрузки. На рисунке 4.34 представлена диаграмма прослеживания процесса, а на рисунке 4.35 – диаграмма деформирования. Локальные диаграммы деформирования представлены на рисунках 4.36 – 4.37.»

σ -S

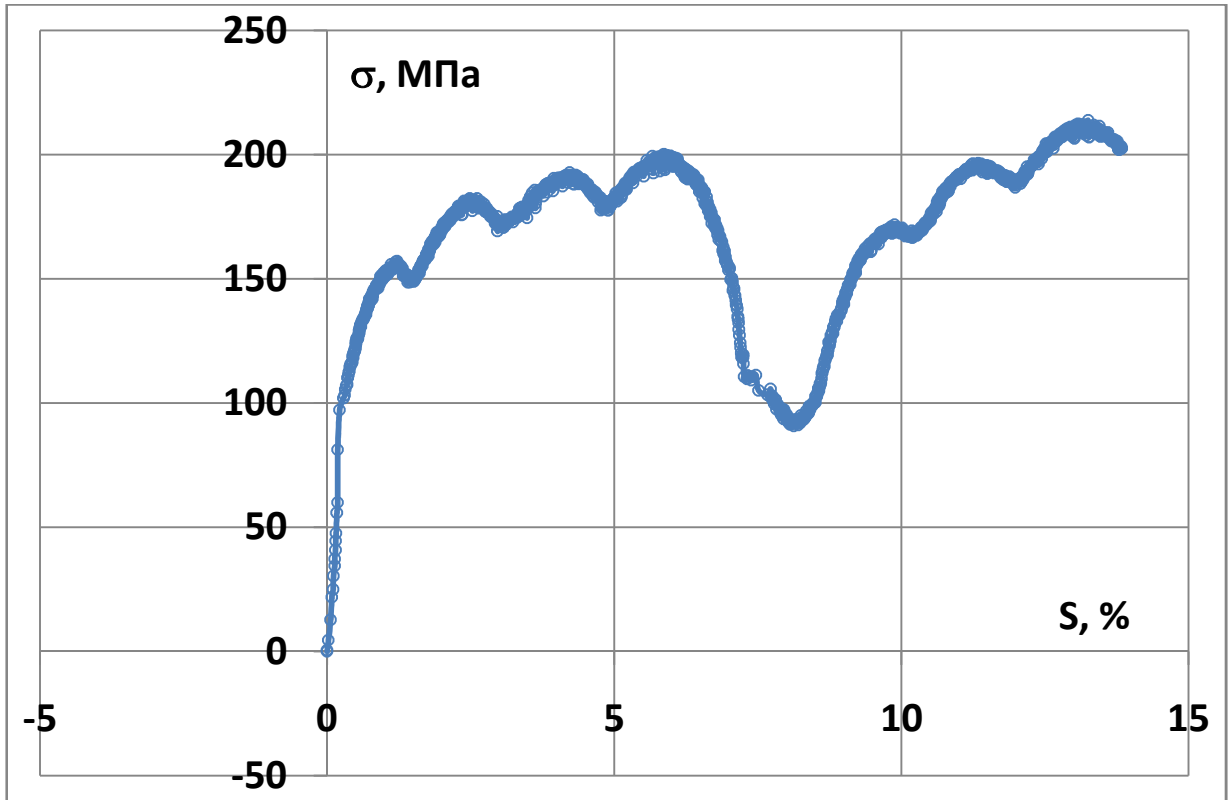


Рис.4.35

S_1 - Δ_1

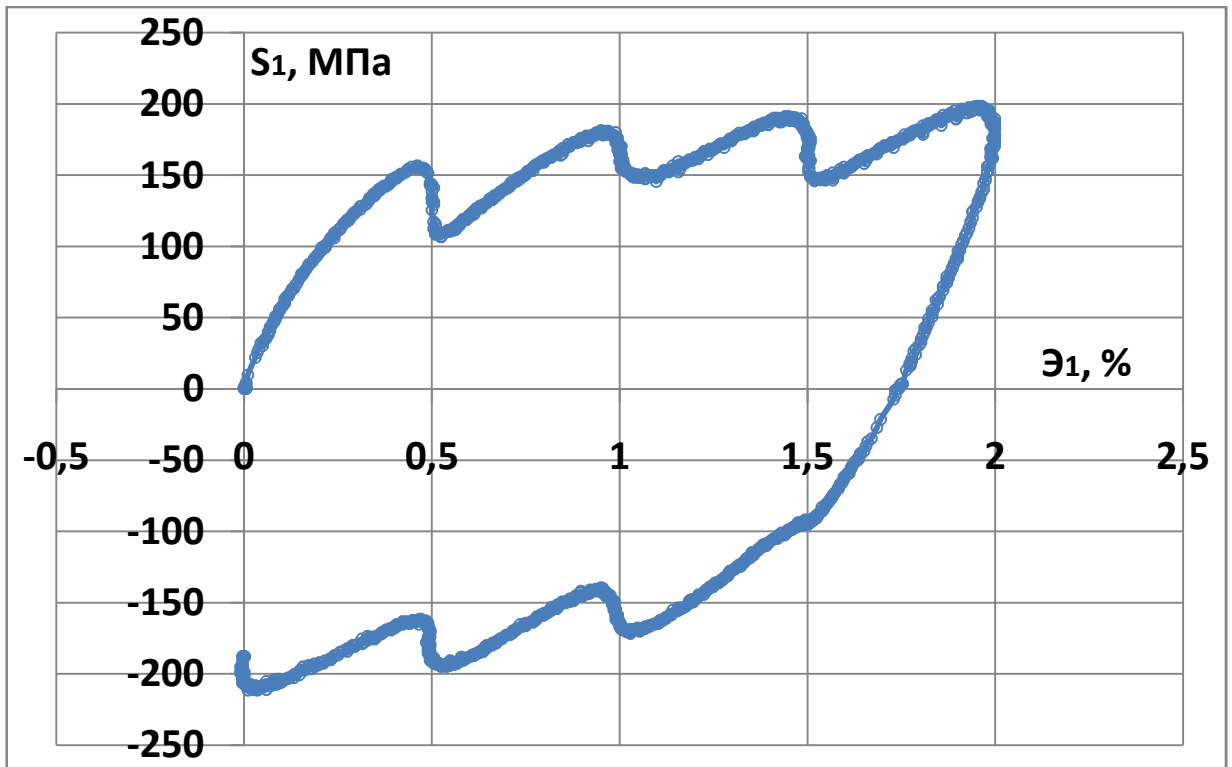


Рис.4.36

$S_3-\varepsilon_3$

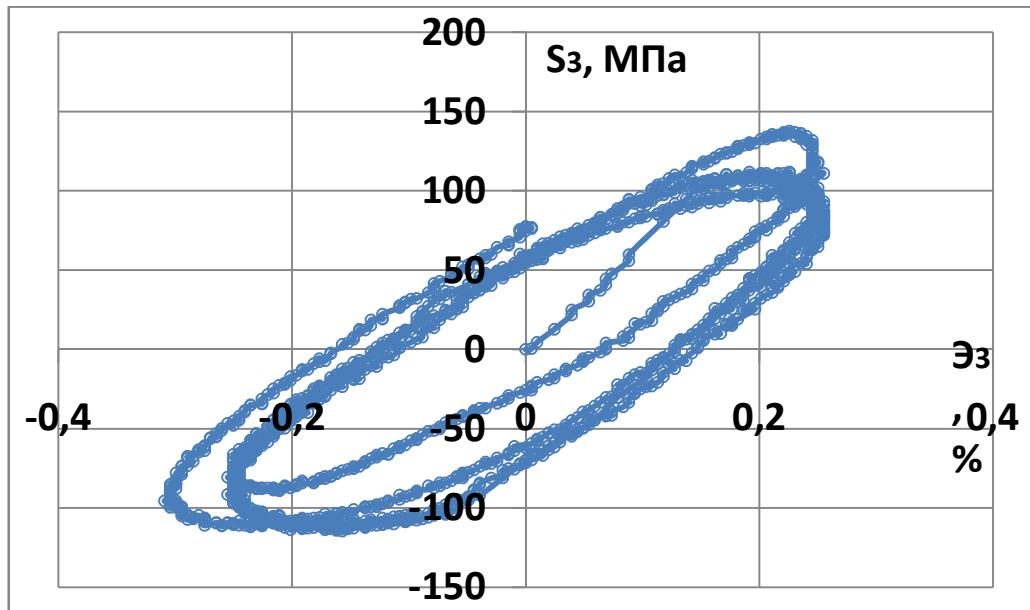


Рис.4.37

Векторные свойства материала представлены на рисунке 4.38. Замечено, что при смене значения кривизны на диаграмме зависимости угла сближения от длины дуги траектории проявляется ярко выраженный колебательный эффект.

ϑ_1-S

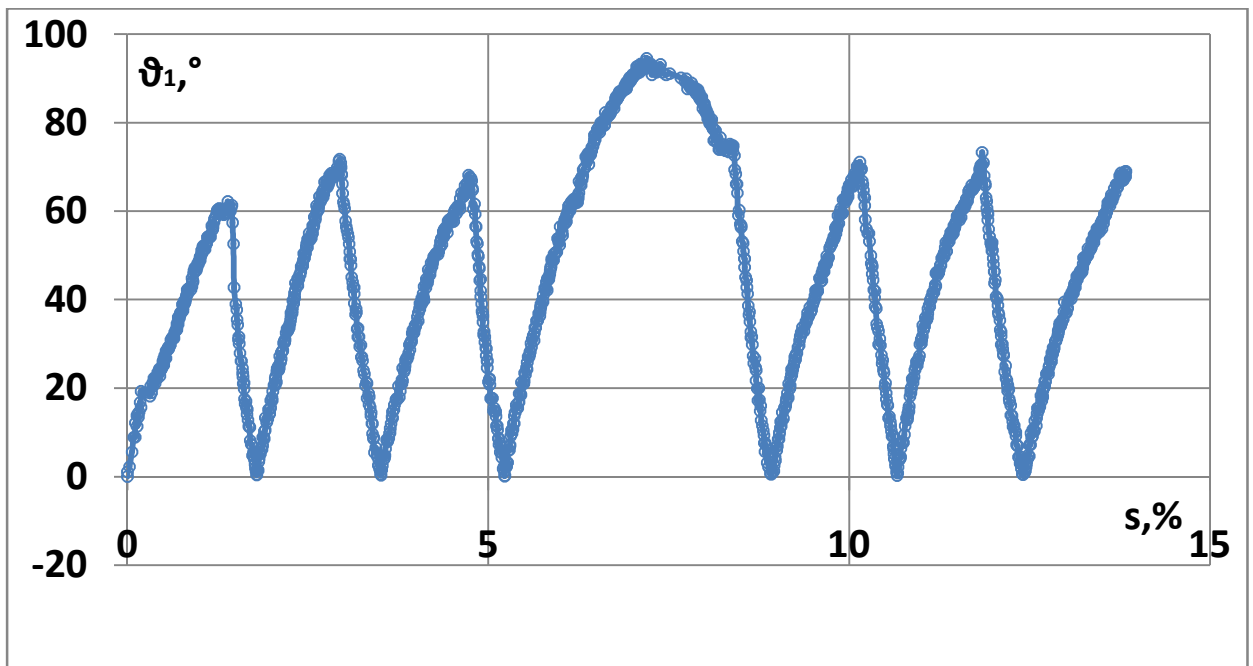


Рис.4.38

4.4.4 Смещенная скручивающаяся спираль

Выполнено экспериментальное исследование центральной окружности с плавным переходом в центральную скручивающуюся спираль (рис. 4.39). Испытания реализовались в векторном пространстве деформаций. Выход на криволинейную траекторию осуществлялся после растяжения по $\varepsilon_1 = 1\%$, с последующим изломом на 90° . Далее реализовывалась криволинейная траектория постоянной кривизны с центром в начале координат. После осуществления одного витка окружности с постоянным радиусом $R=1\%$, выполнялся плавный переход на скручивающуюся спираль. Выполнено 4 полноценных витка траектории, при этом шаг спирали был равен $0,25\%$. Конечной точкой траектории выступило начало координат плоскости ε_1 - ε_3 .

ε_1 - ε_3 Траектория деформирования

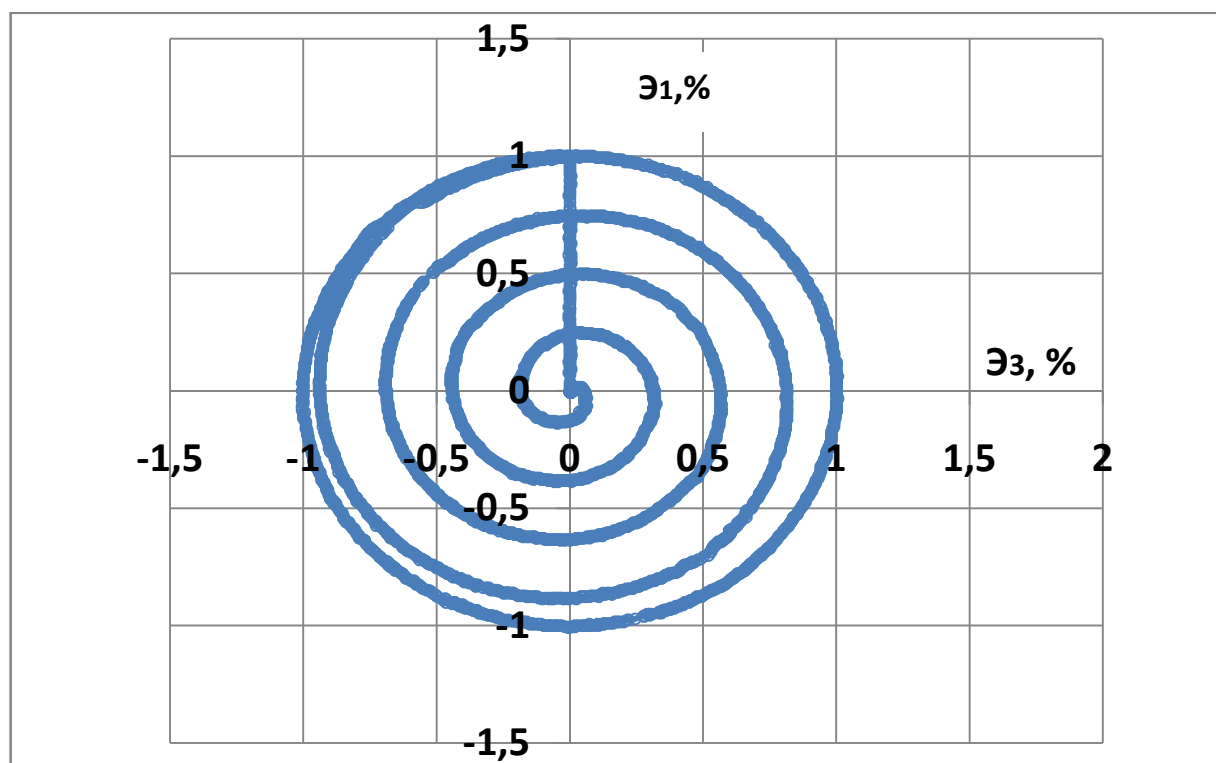


Рис.4.39

На рисунке 4.40 показан отклик по напряжениям в плоскости $S_1 - S_3$

S₁-S₃ Траектория нагружения материала

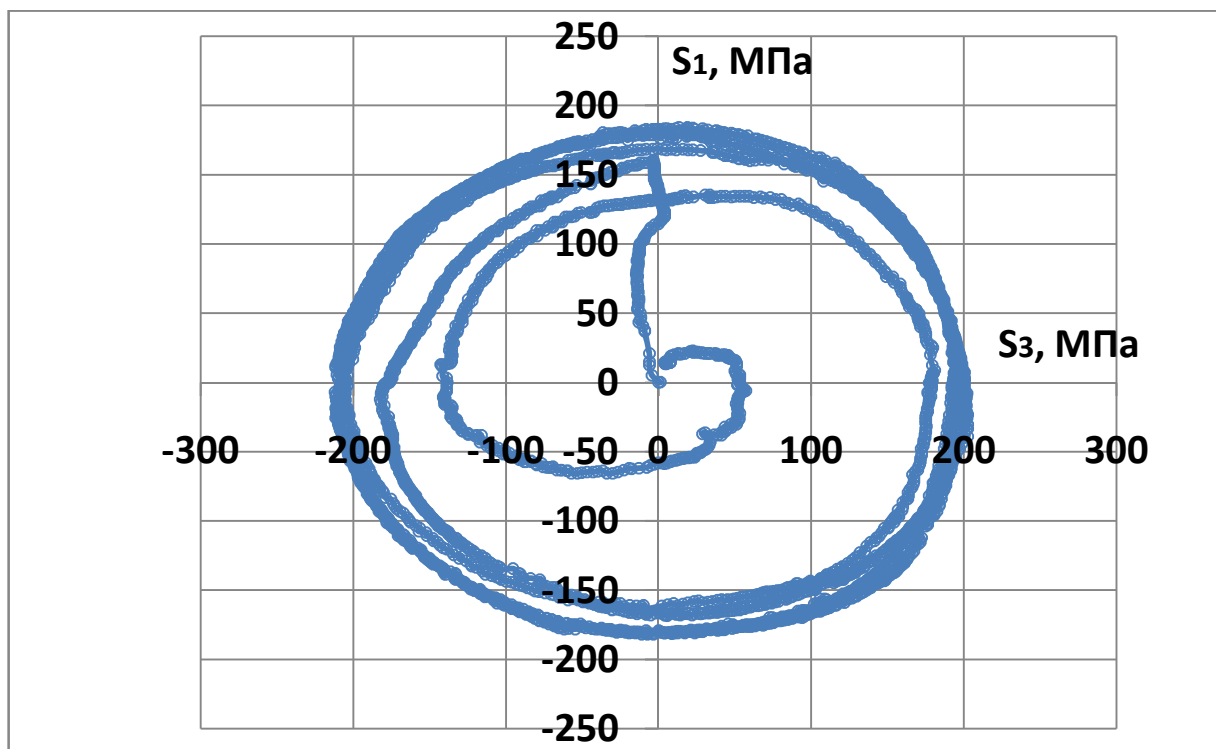


Рис.4.40

σ-Э Диаграмма деформирования

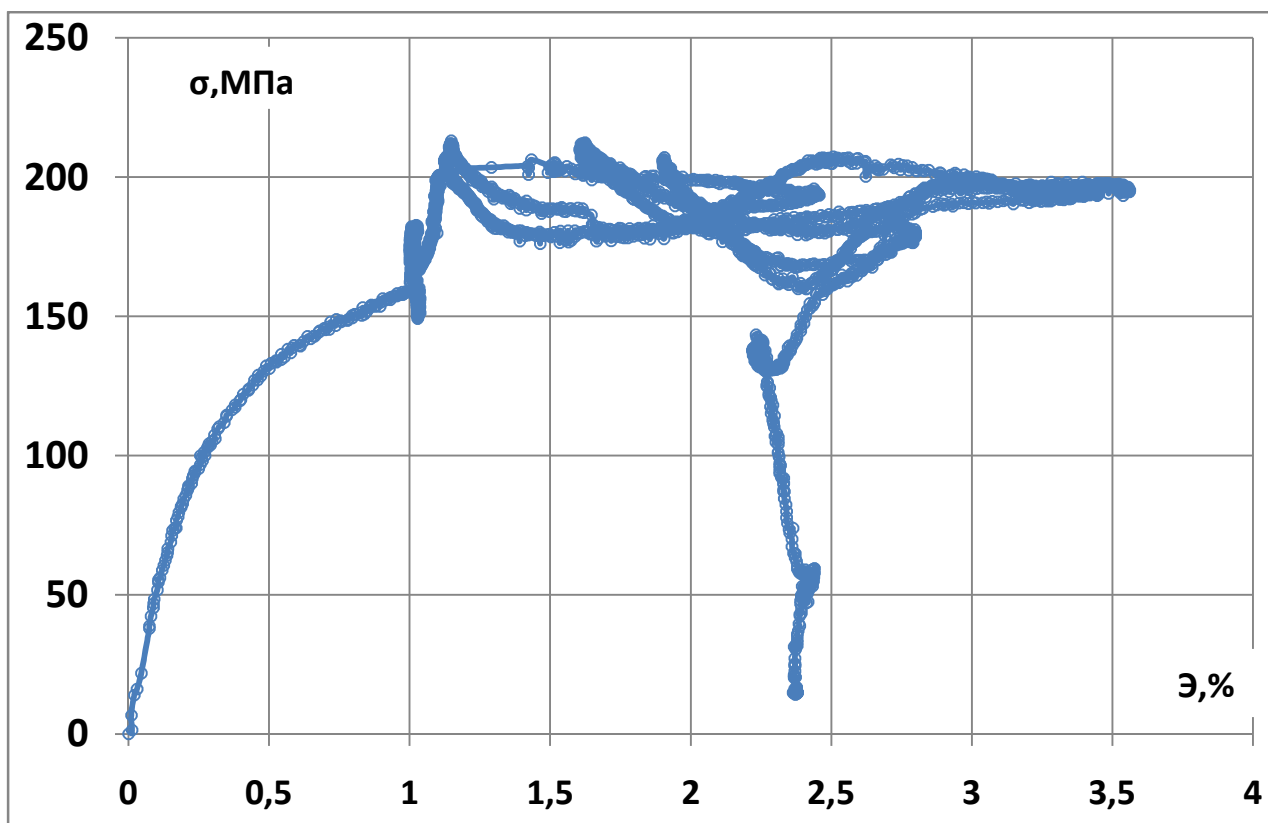


Рис.4.41

σ -S

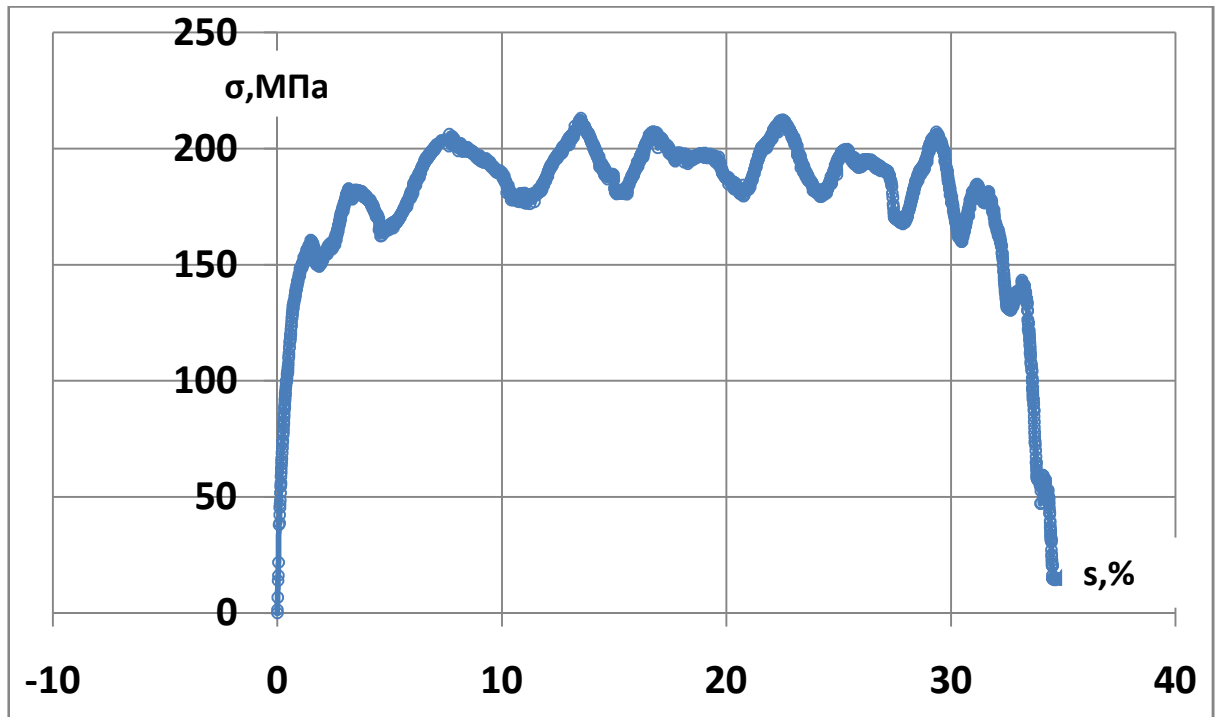


Рис.4.42

На рисунках 4.41 – 4.42 представлены скалярные свойства материала, полученные в данном эксперименте. На рисунках 4.43 – 4.44 показаны локальные диаграммы деформирования S_1 - Δ_1 и S_3 - Δ_3

S_1 - Δ_1

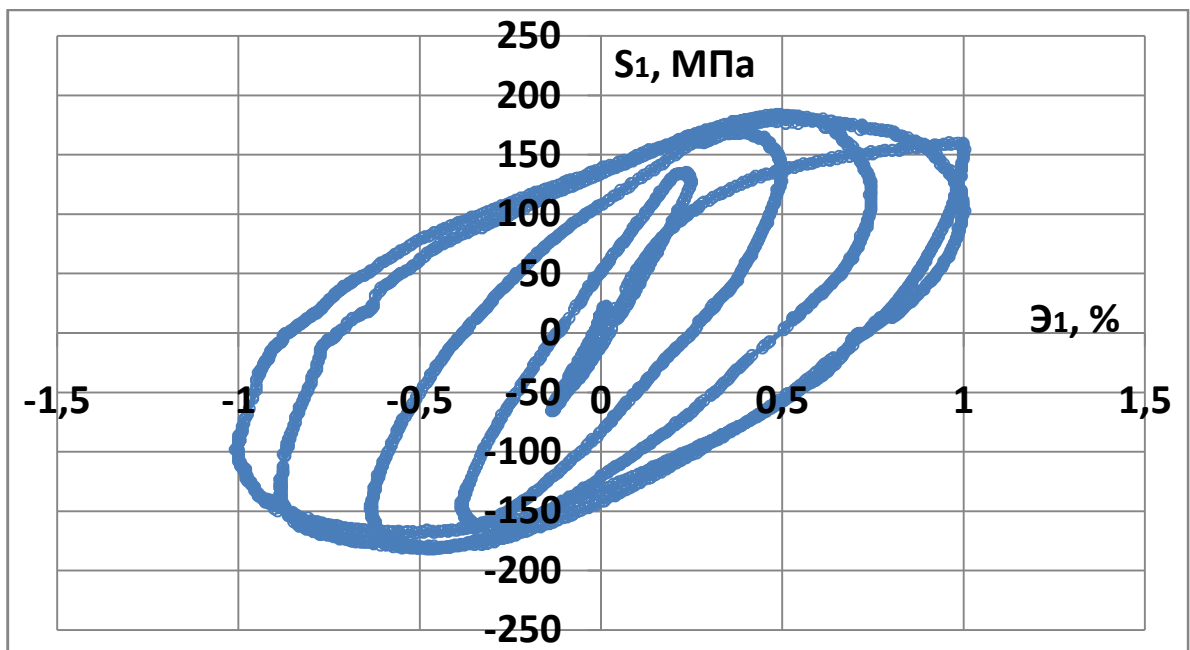


Рис.4.43

S_3 - ε_3

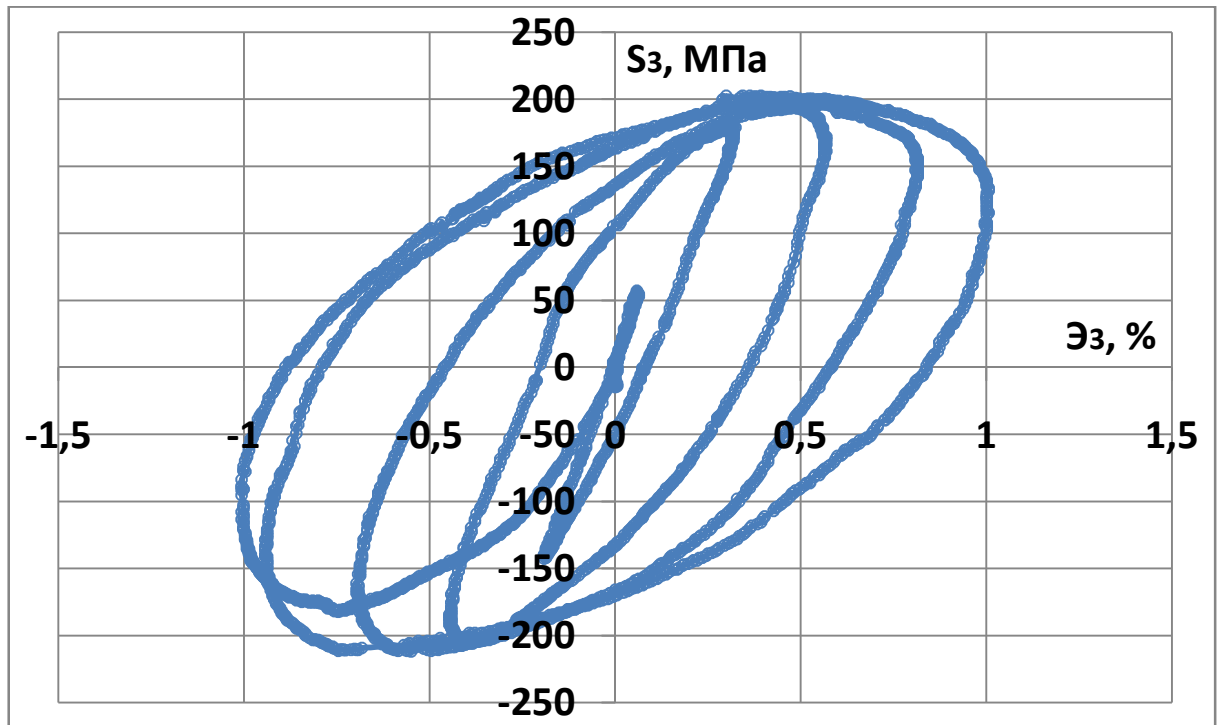


Рис.4.44

На рисунке 4.45 представлены векторные свойства , а именно зависимость угла сближения ϑ_1 от приращения длины дуги траектории Δs .

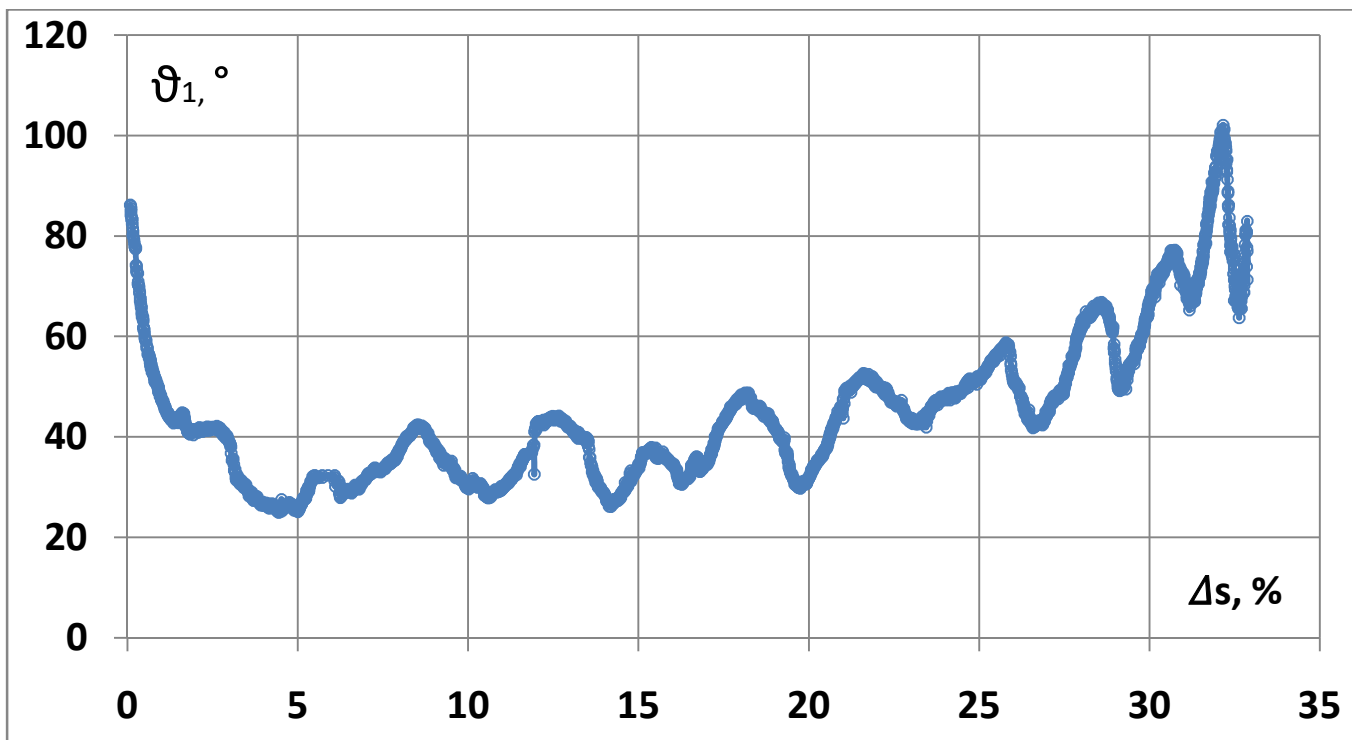


Рис.4.45

4.4.5 Смещенный веер окружностей 45°

Экспериментальное исследование по изучению скалярных и векторных свойств проводилось на латунных тонкостенных трубчатых образцах с толщиной стенки в 1мм, радиусом срединной поверхности 15,5мм и длиной рабочей части 110мм. На рисунке 4.46 представлена траектория деформации в векторном пространстве Э1-Эз.

Э1-Эз Траектория деформирования

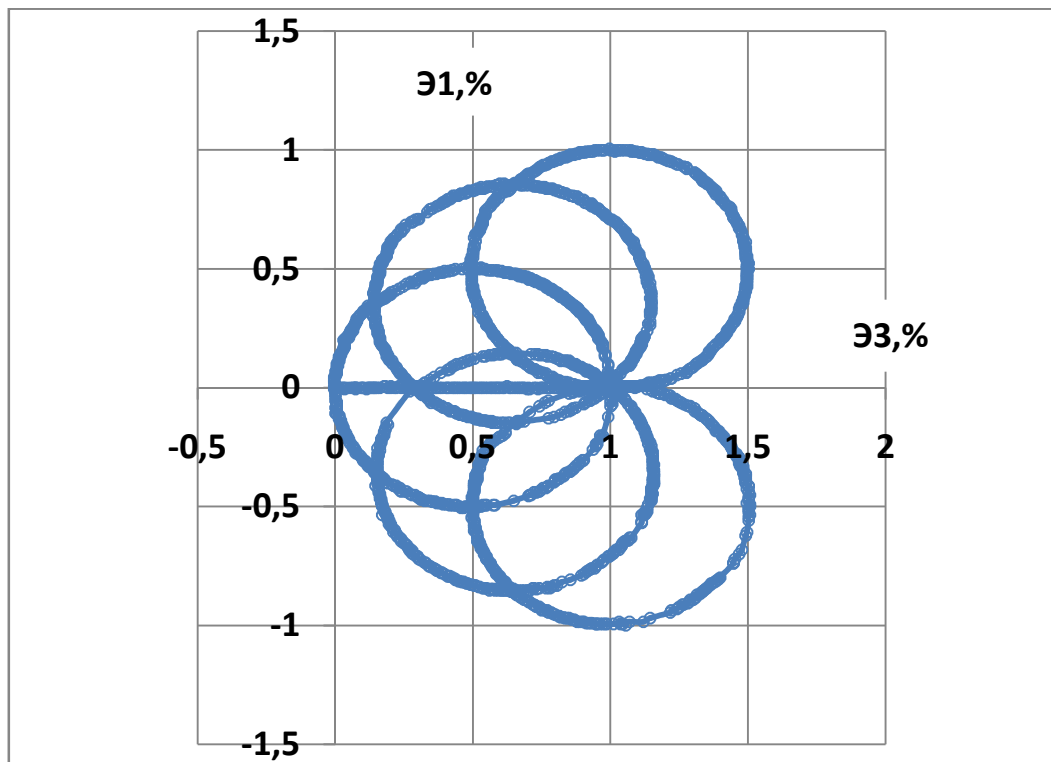


Рис.4.46

В ходе испытания на первом участке было реализован процесс простого деформирования кручением до $\text{Эз} = 1\%$. Далее из этой точки начинался процесс сложного деформирования по криволинейной траектории постоянной кривизны с радиусом $R = 0.5\%$. При этом точка излома отсутствовала. Далее выполнялся излом траектории на 45° и повторялось построение окружности с аналогичным радиусом. Построение следующих участков выполнялось аналогичным образом, с аналогичными углами излома траектории, радиусами и кривизнами. Таким образом получилось

реализовать пять завершенных окружностей, при этом образец не потерял устойчивость и траектория деформирования была построена до конца рис.4,46.

S1-S3 Траектория нагружения материала

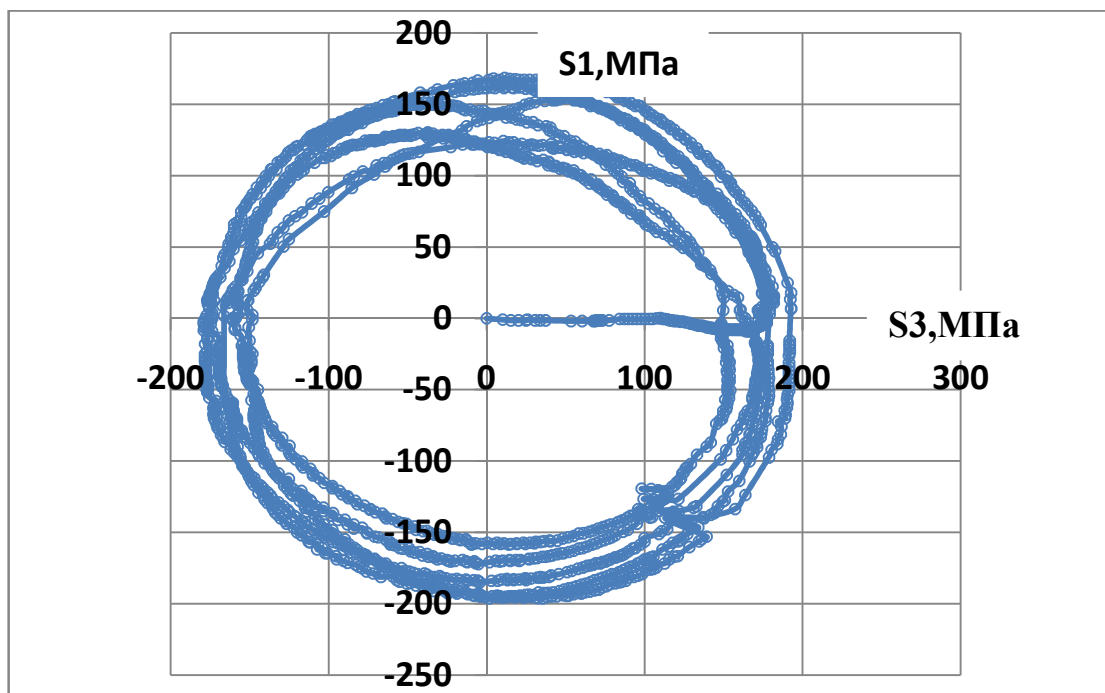


Рис.4.47

σ - ϵ Диаграмма деформирования

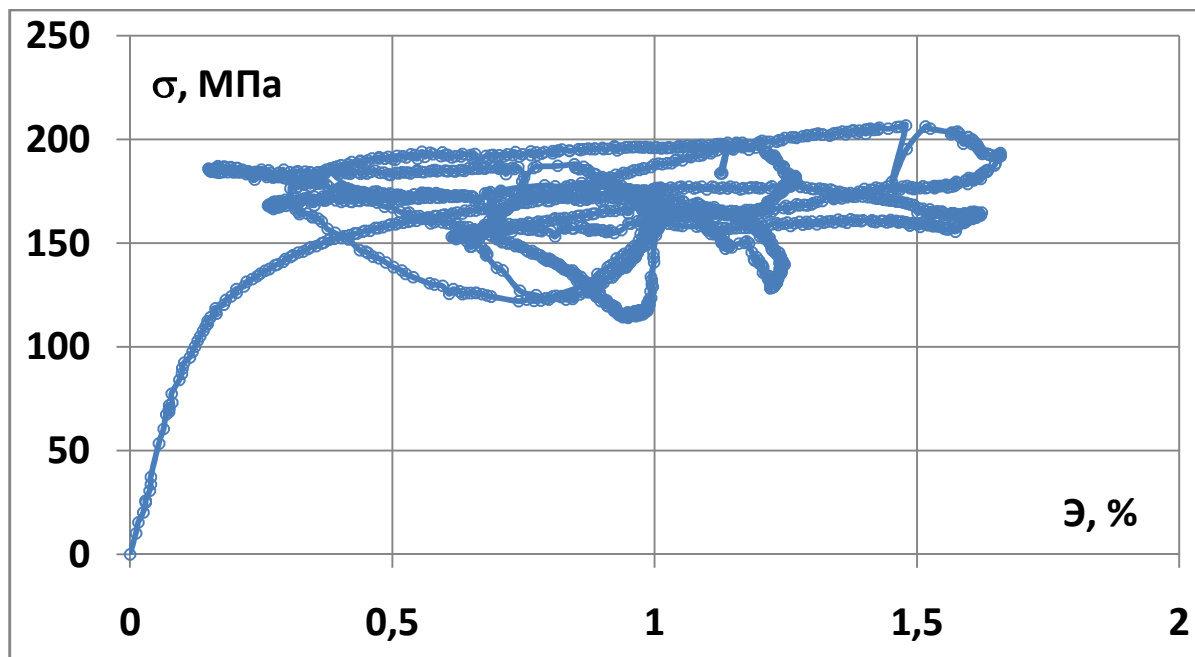


Рис.4.48

Отклик в пространстве напряжений представлен на рисунке 4.47. На рисунке 4.49 представлена диаграмма прослеживания процесса, а на рисунке 4.48 – диаграмма деформирования. Локальные диаграммы деформирования представлены на рисунках 4.50 и 4.51.

σ - S

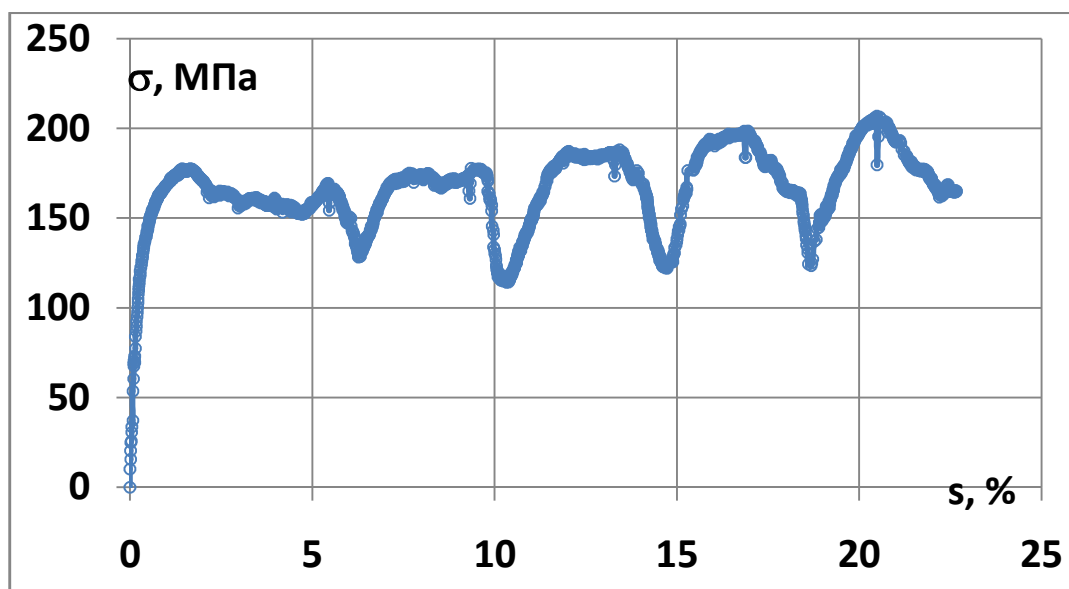


Рис.4.49

S_1 - Δ_1

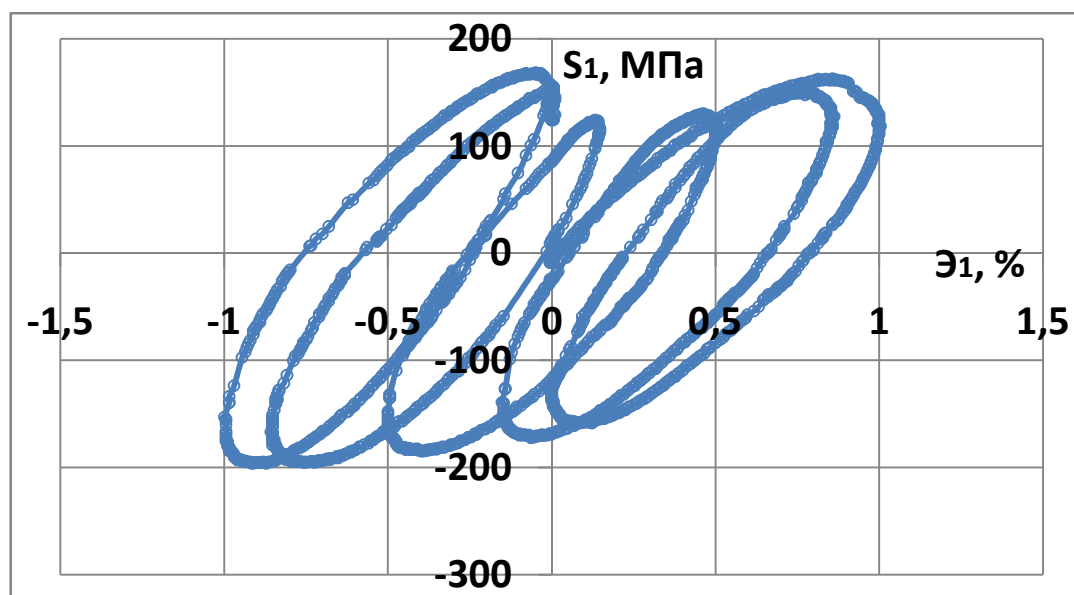


Рис.4.50

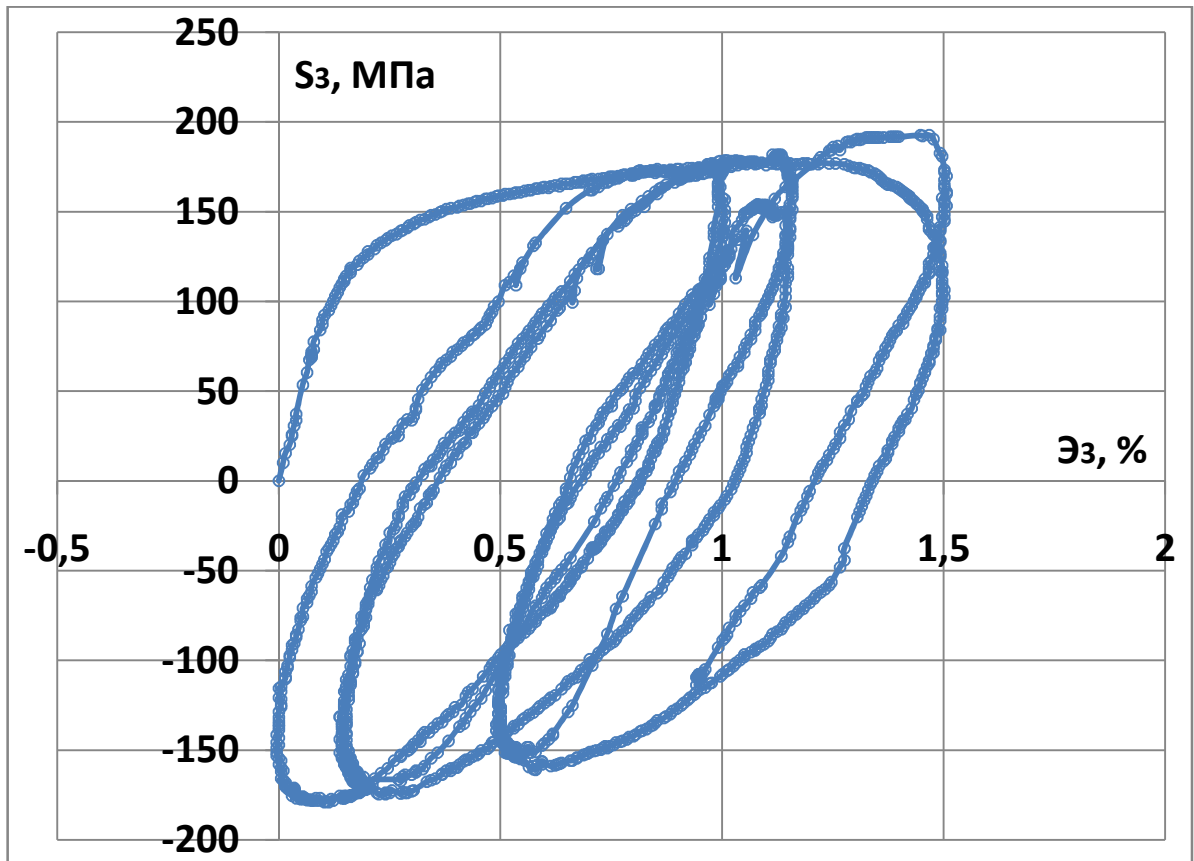


Рис.4.51

Анализ векторных свойств (рис 4.52) показал, что на первой окружности, при заданной кривизне, угол сближения ϑ_1 возрастает до 58° , а далее начинает корректироваться, доходя до отметки в 45° . Затем, при изломе траектории деформирования на 45° , угол сближения скачкообразно увеличивается на аналогичную величину. Такое же поведение угла сближения характерно и при дальнейших переломах программы деформирования.

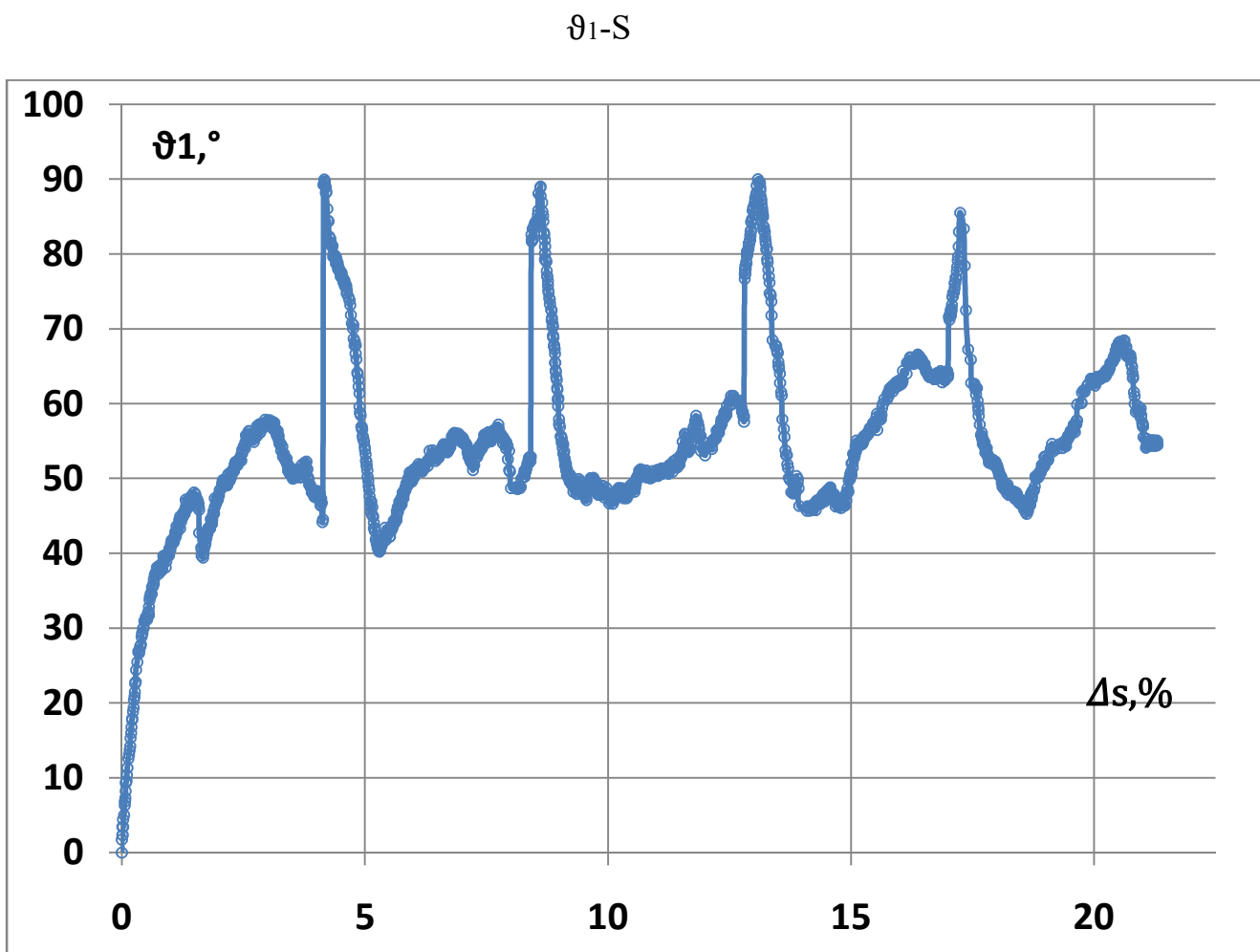


Рис.4.52

4.4.6 Траектория деформирования ин и ян

Представлена траектория деформирования, реализованная в векторном пространстве деформации в плоскости \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3 . Эксперименты выполнялись на автоматизированном комплексе СМ-ЭВМ на базе лаборатории механических испытаний кафедры «Сопротивления материалов, теории упругости и пластичности» Тверского государственного технического университета.

Э1-Эз Траектория деформирования

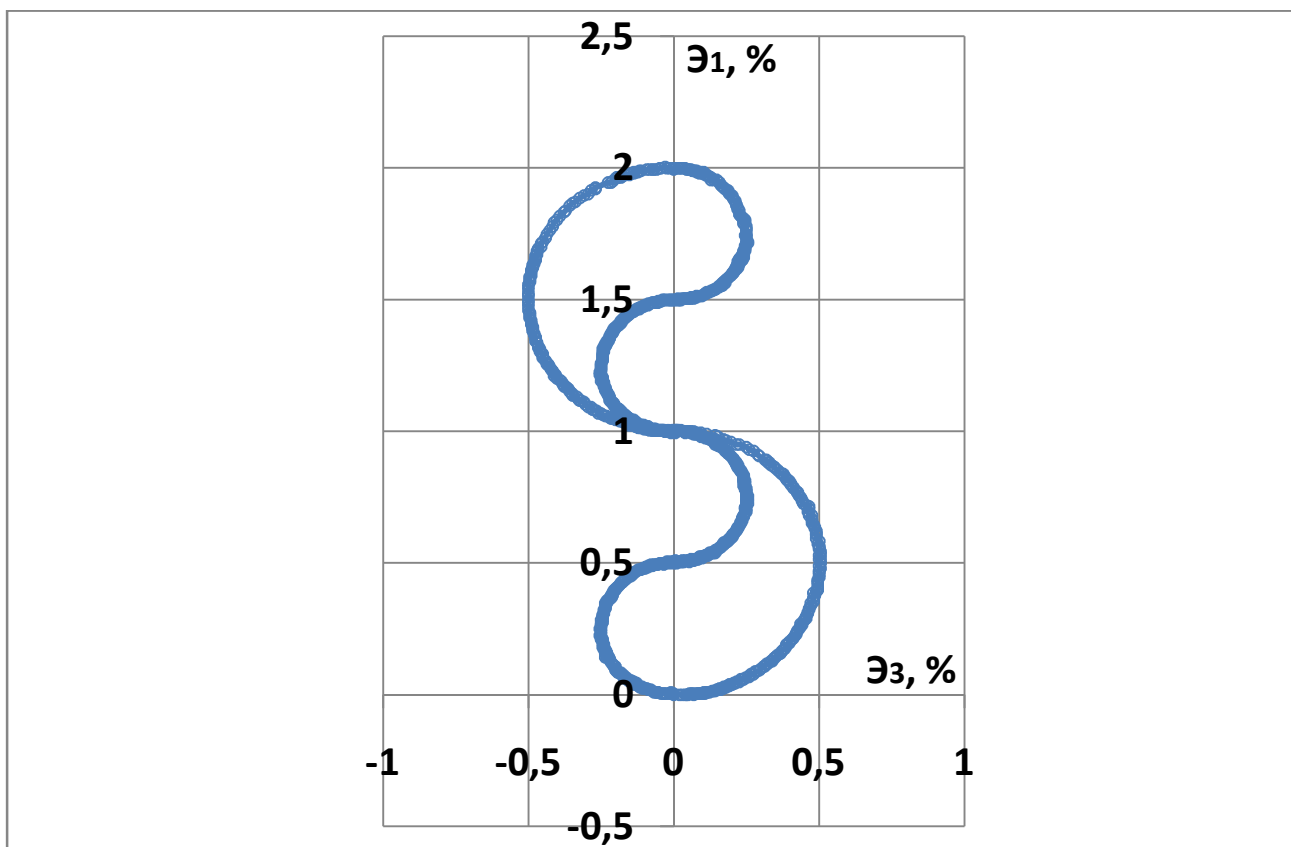


Рис.4.53

Уникальность данной программы (рис.4.53) заключается в том, что в одном экспериментальном исследовании удалось совместить две различные кривизны, при этом у каждой из них изменяется знак. В качестве первого участка нагружения была выбрана гладкая траектория радиусом $R=0.5\%$ и представляющая из себя половину окружности. На втором участке значение кривизны сохранялось, но менялся ее знак, при этом была реализована также половина окружности. На третьем участке знак кривизны был неизменен, но вдвое уменьшился радиус полуокружности. Четвертый и последующие участки сохранили значение кривизны, но на каждом из них менялся ее знак. По завершению программы траектория пришла в начало координат.

S₁-S₃ Траектория нагружения материала

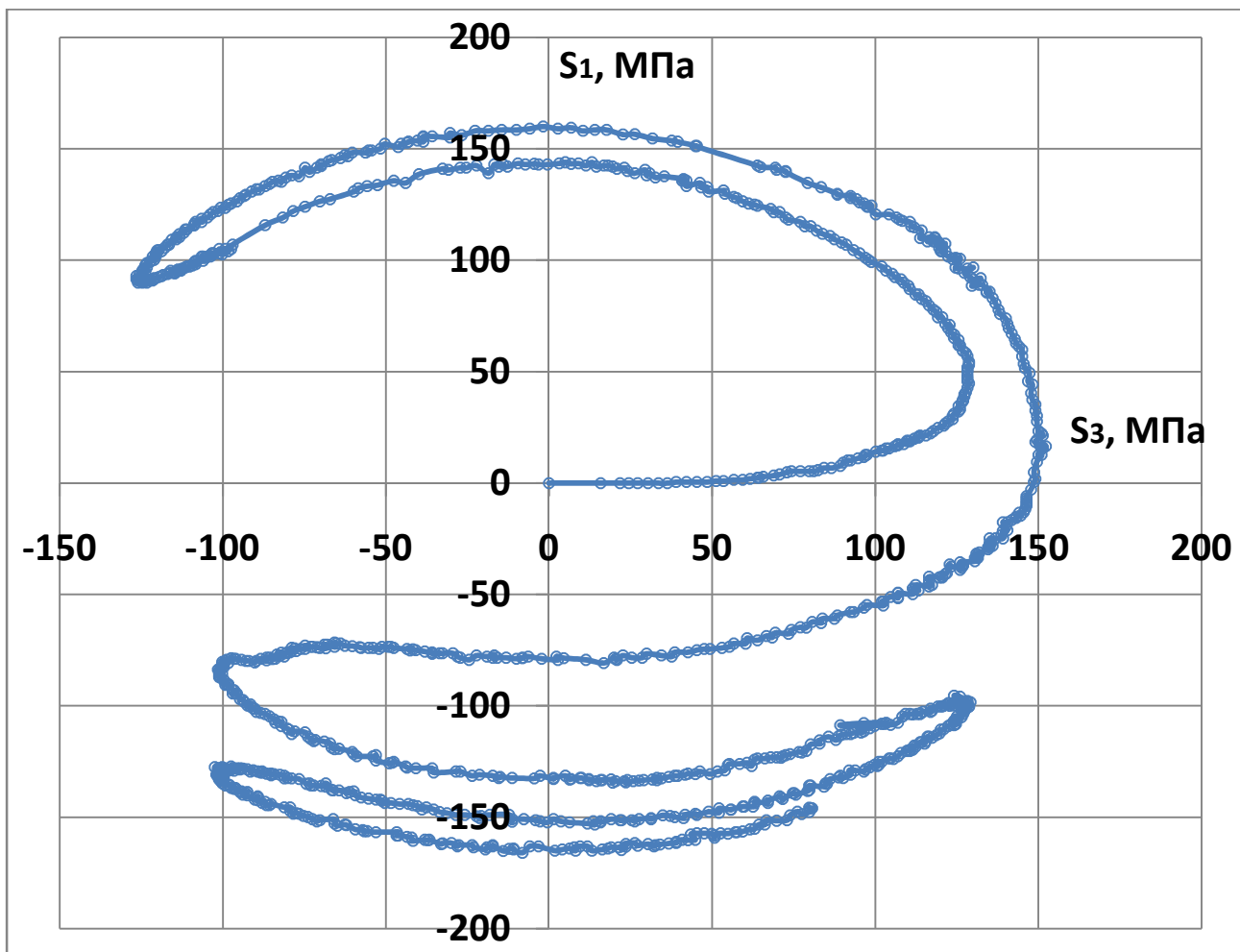


Рис.4.54

Отклик в пространстве напряжений представлен на рисунке 4.54. На рисунке 4.56 представлена диаграмма прослеживания процесса, которая характеризует скалярные свойства материала, на рисунке 4.55 – диаграмма деформирования. Локальные диаграммы деформирования представлены на рисунках 4.57 и 4.58. На диаграмме S_1 - ε_1 хорошо прослеживается процесс растяжения-сжатия, на котором имеются характерные «нырки», образующиеся при смене знака кривизны.

σ-Э Диаграмма деформирования

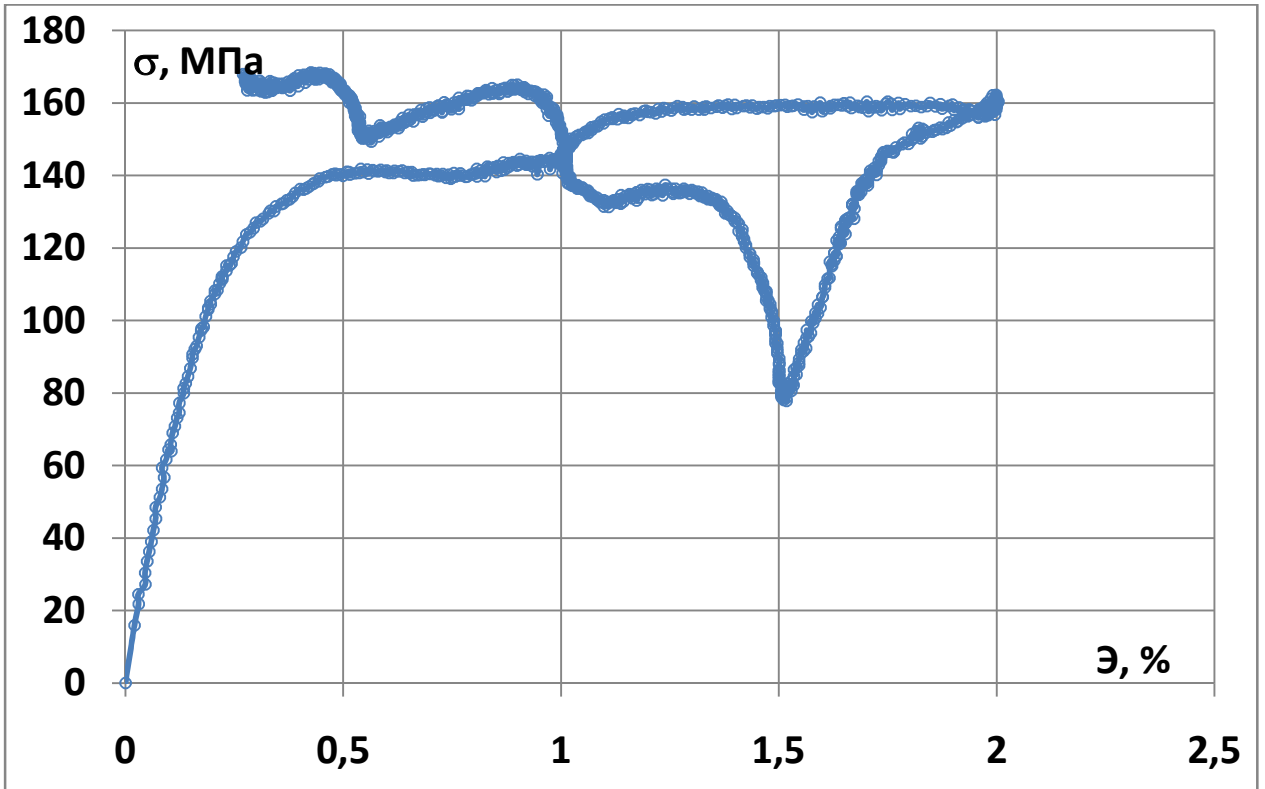


Рис.4.55

σ-S

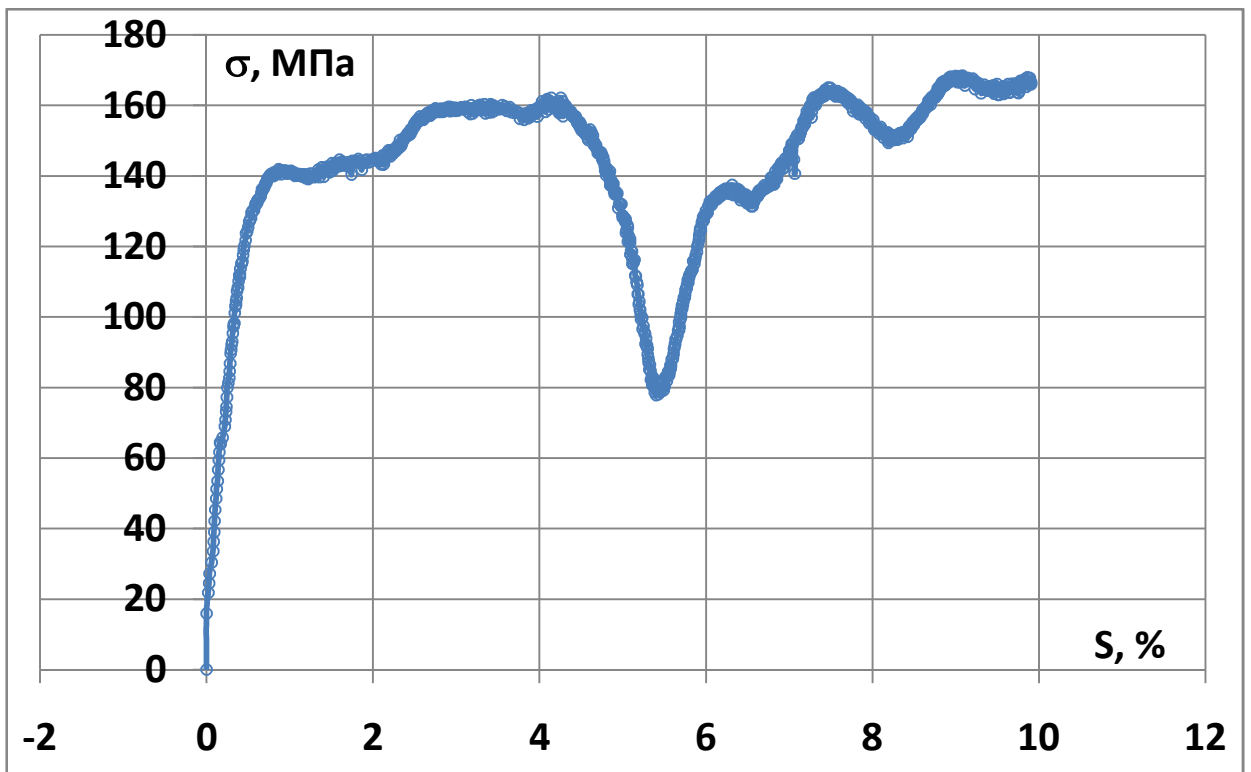


Рис.4.56

$S_1-\varepsilon_1$

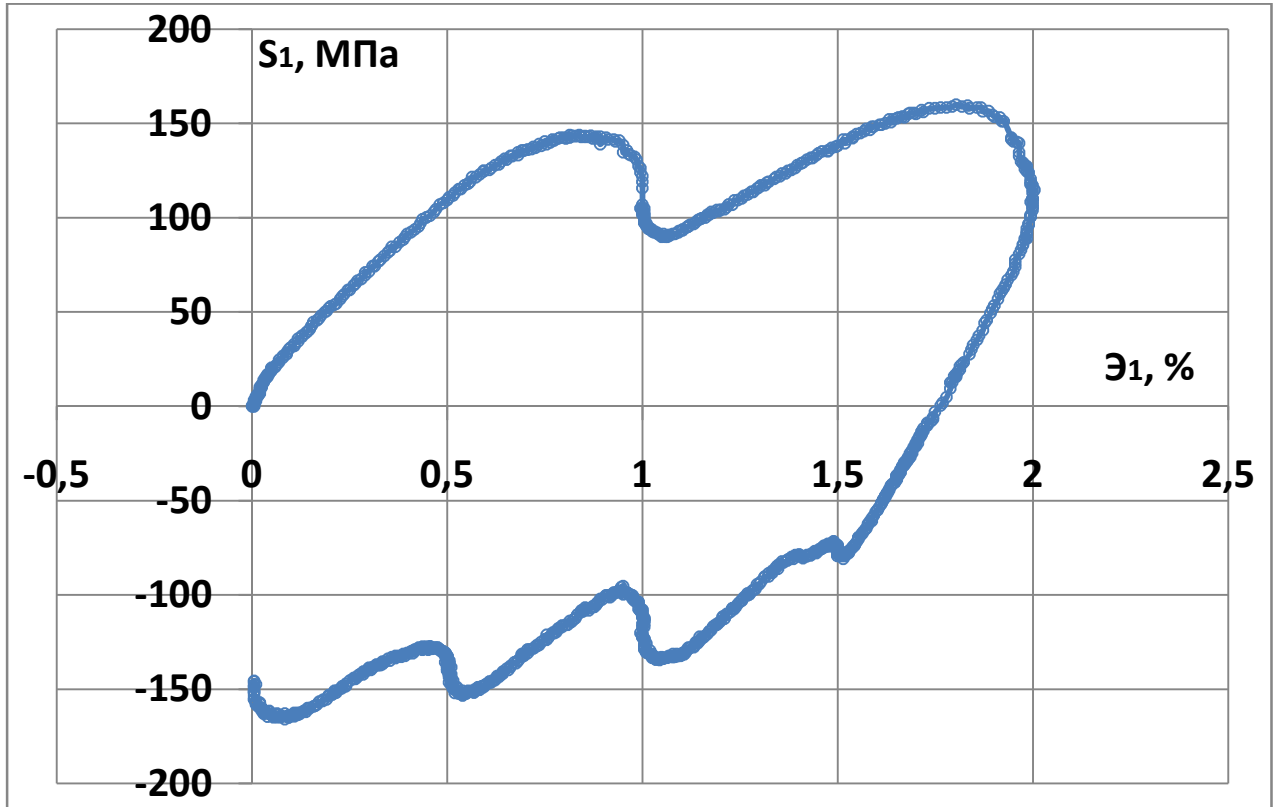


Рис.4.57

$S_3-\varepsilon_3$

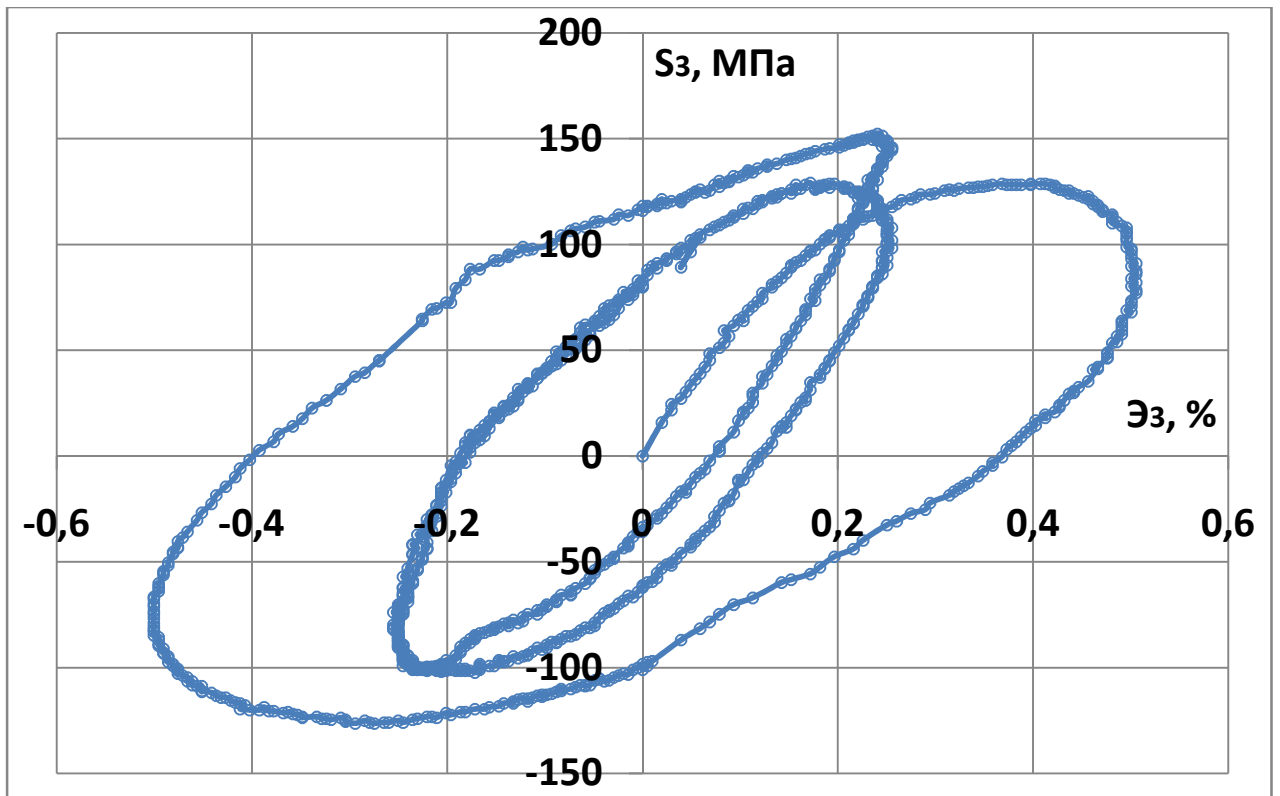


Рис.4.58

Изучение векторных свойств (рис 4.59) показал, что по аналогии с опытом «Восемь полуокружностей» имеет место быть волнообразное поведение угла сближения. При этом замечено, что на участках с меньшей кривизной угол сближения также имел меньшие значения. Падение значения угла сближения до нуля обуславливается изменением знака кривизны.

ϑ_1 -S

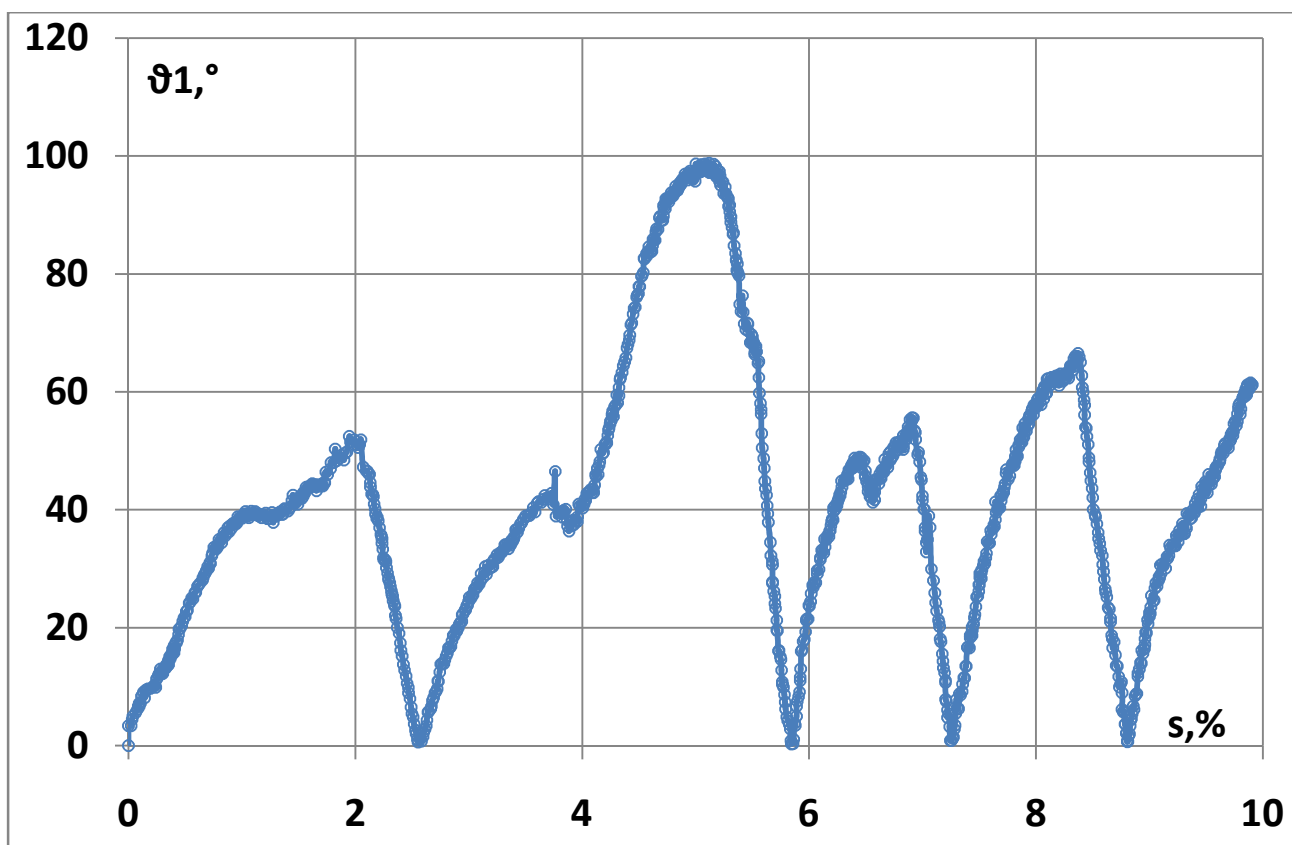


Рис.4.59

Результаты и выводы

1. Проведены экспериментальные исследования латунных тонкостенных трубчатых образцов марки Л63 на экспериментально-расчетном комплексе СН-ЭВМ на базе лаборатории кафедры «Сопротивление материалов, теории упругости и пластичности» Тверского государственного технического университета по базовым, двузвенным ломаным и криволинейным траекториям. Определен химический состав и микроструктура исследуемого материала из которого изготавливались образцы для испытаний.
2. Изучены механические свойства материала латунь Л63 на сложных процессах деформирования по программе смещенного веера ломаных плоских траекторий. Отмечено, что в экспериментальных исследованиях по типу двузвенных ломаных траекторий образуются прямые и обратные «нырки» на диаграммах прослеживания процессов и диаграммах деформирования. На нисходящей части «нырка» имеет место быть частичная упругая разгрузка, на восходящей части нырка реализовывался активный процесс упругопластического деформирования.
3. В экспериментальных исследованиях гладких плоских криволинейных траекторий установлено, что при изломах прямолинейной траектории на угол 90° и последующем переходе к криволинейному деформированию с постоянной кривизной имеет место быть «нырок», аналогичный тем, которые присутствуют на двузвенных ломаны траекториях.
4. Предложены приближения реальных программ прослеживания процессов при различных процессах деформирования и частичной сложной разгрузки.
5. В экспериментах по траекториям типа двузвенных ломаных угол сближения, характеризующий векторные свойства материала, при изломе траектории деформирования скачкообразно изменяется примерно на величину угла излома, постепенно начинает уменьшаться и стабилизируется на $6-7^\circ$.

6. В экспериментах по криволинейным траекториям постоянной и переменной кривизны обнаружены закономерности в зависимостях между механическими и векторными свойствами:

а) при изломах прямолинейной траектории на угол 90° и последующем переходе к криволинейному деформированию с постоянной кривизной угол сближения скачкообразно увеличивается на величину угла излома траектории с дальнейшей стабилизацией на уровне 30° - 40° , а угол сближения зависит от кривизны траектории деформирования.

б) при наличии угла излома, который образуется при переходе с криволинейной траектории на другую криволинейную траекторию, угол сближения также скачкообразно увеличивался на величину угла излома.

в) на криволинейных траекториях постоянной кривизны, где меняется ее знак замечено, что векторные свойства имеют волнообразный характер. При смене знака кривизны угол сближения падает до нуля и только потом начинает снова расти.

Список литературы:

1. Теория пластичности. Сб.статей.–М.: ГИИЛ, 1948. –452с.
2. Абрамова Л.В., Крюкова И.В. К теории упругопластических деформаций металлов по траекториям в виде двузвенных ломаных // Проблемы прочности, 1981. №1. – С.8-12.
3. Арзамасов Б.Н., Крашенинников А.И., Пастухова Ж.П., Рахштадт А.Г. Научные основы материаловедения. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1994. 366с.
4. Бондарь В.С. Неупругость. Варианты теории. М.: Физматлит, 2004. – 144с.
5. Бондарь В.С., Фролов А.Н. Математическое моделирование процессов неупругого поведения и накопления повреждений материала при сложном нагружении // Известия АН СССР. МТТ, 1990. №6. – С.99-107.
6. Васин Р.А., Ильюшин А.А. Об одном представлении законов упругости и пластичности в плоских задачах // Изв. АН СССР. МТТ, 1983. №4. – С.114- 118.
7. Васин Р.А. Некоторые вопросы связи напряжений и деформаций при сложном нагружении // Упругость и неупругость. М.: МГУ, 1971. Вып.1. – С.59-126.
8. Гультияев В.И. Экспериментальные исследования процессов деформирования стали 45 на винтовых траекториях постоянной кривизны и кручения // Упругость и неупругость. Материалы международного научного симпозиума по проблемам механики деформируемых тел, посвященного 100-летию А.А.Ильюшина.- Москва: МГУ, 20-21 января 2011г. С.470.
9. Гультияев В.И. Выпучивание и устойчивость цилиндрической оболочки за пределом упругости в условиях ползучести // Автореф. дисс. на соискание уч. степени к.т.н. Тверь: ТГТУ, 2000г.
10. Гультияев В.И. Испытания конструкционных материалов по пространственным винтовым траекториям // Проблемы прочности, пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела.- Материалы 7-го международного научного симпозиума, посвященного 80-летию В.Г.Зубчанинова.- Тверь: ТГТУ, 2011г. С.100-104.
11. Гультияев В.И., Гараников В.В., Акимов А.В., Зубчанинов В.Г. Тензомер для измерения деформаций образца при сложном напряженном состоянии // Свидетельство на полезную модель №15396 от 10 октября 2000г.
12. Гультияев В.И., Зубчанинов В.Г. О достоверности постулата изотропии в теории пластичности // Труды 7 Международной конференции исследования структуры материалов С.Петербург, 17-20 июня 2008г.
13. Гультияев В.И., Зубчанинов В.Г., Ведерников В.Н. Экспериментальное исследование сложного нагружения материалов на траекториях типа веера // Труды 7 Международной конференции исследования структуры материалов С.Петербург, 17-20 июня 2008г.
14. Гультияев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Влияние состояний полной и неполной пластичности материала на глобальную диаграмму

- деформирования. Сборник материалов V Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии» Тула, 30 июня – 2 июля 2004г.
15. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Математическое моделирование процессов пластического деформирования для траекторий средней кривизны. Межвуз. сборник «Проблемы прочности и пластичности», вып. 71, Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2009. С.20-25.
16. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. О влиянии состояний полной и неполной пластичности материала на их глобальную диаграмму деформирования и векторные свойства. Механика материалов и прочность конструкций. Трубы. СПбГУ. №489. С.-Петербург: СПбГПУ. 2004г.
17. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Сложное нагружение и разгружение конструкционных материалов. Современные проблемы математики, механики, информатики: Материалы Международной научной конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – 288с.
18. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Структурные изменения стали 45 в процессе деформирования. Известия Тульского государственного университета. Серия Строительные материалы, конструкции и сооружения. Вып. 8. Тула: Изд-во ТулГУ, 2005. С. 26-29.
19. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование влияния деформационной анизотропии на свойства сталей// Современные проблемы пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела.- Тезисы докладов 4-го международного симпозиума.- Тверь: ТГТУ, 2006г. С.25.
20. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование влияния неполной пластичности на сложное нагружение-разгружение материалов. // Сборник научных материалов IV Междунар. Конф. «Актуальные проблемы строительства». Тула, ТГТУ, 2003. – С.23-25
21. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование закономерностей процессов сложного нагружения-разгружения Труды IV Междунар. симпозиума «Современные проблемы прочности». В.Новгород: НГУ, 2003. – С.68-73.
22. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование закономерностей процессов сложного нагружения – разгружения. Научные труды VI международного симпозиума «Современные проблемы прочности» им.В.А.Лихачева, г. Старая Русса. 20-24 октября 2003г.
23. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния оболочек при сложном нагружении за пределом упругости. // Механика пластин и оболочек. Труды XX междунар. Конф. По теории оболочек и пластин. Нижний Новгород: ННГУ, 2002. – С. 146-150
24. Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальные исследования предельной поверхности материала. Межвуз. сборник

- «Проблемы прочности и пластичности», вып. 67, Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. С. 90-94.
25. Гуляев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование процессов сложного деформирования материалов на многозвенных траекториях. Межвуз. сборник «Проблемы прочности и пластичности», вып. 67, Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. С.95-98.
26. Гуляев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование процессов сложного деформирования материалов на многозвенных траекториях. Современные проблемы термовязкопластичности: Труды II школы-семинара. Москва: МАМИ, 2007.-с.19-24.
27. Гуляев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальные исследования процессов сложного пластического деформирования материалов по траекториям типа веера. Межвуз. сборник «Проблемы прочности и пластичности», вып. 67, Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. С. 14-19.
28. Гуляев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальные исследования предельной поверхности материала // Межвуз. сборник «Проблемы прочности и пластичности», вып. 67, Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. С. 90-94.
29. Гуляев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование сложного деформирования стали 45 по траекториям типа «плоский винт» // Известия Тульского государственного университета. Серия Строительные материалы, конструкции и сооружения. Вып. 9. Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. С. 77-83.
30. Гуляев В.И., Зубчанинов В.Г., Зубчанинов Д.В. Экспериментальное исследование процессов сложного нагружения материалов на многозвенных траекториях // Современные проблемы термовязкопластичности: Труды II школы-семинара. Москва: МАМИ, 2007.-с.19-24.
31. Гуляев В.И., Трофимов В.И., Кукуть В.А. Способ строительства каркасных зданий. // Патент на изобретение №2283401 от 10 сентября 2006г.
32. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. 544с.
33. Гуляев, В. И. Закономерности пластического деформирования конструкционных материалов при сложном нагружении : специальность 01.02.04 "Механика деформируемого твердого тела" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Гуляев Вадим Иванович. – Тверь, 2012. – 43 с. – EDN QIBXGZ.
34. Дао Зуй Бик. Модификация соотношений упругопластических процессов средней кривизны // Вестник МГУ. Матем. и механика, 1981. № 5. – С.103-106.
35. Дао Зуй Бик. Экспериментальная проверка упрощенных вариантов теории пластичности. // Вестник МГУ. Матем. и механика, 1966. №1. – С.107-118.
36. Двужилов А.С. Экспериментальное исследование латуни Л63 при сложном нагружении по двузвенным ломаным / В.Г. Зубчанинов, В.И.

Гультияев, А.А. Алексеев, А.С. Двужилов // *Авиационные двигатели*. – 2023. – № 1(18). – С. 99-103.

37. Двужилов А.С. Исследование латуни Л63 по гладкой криволинейной траектории типа «веер смещенных окружностей» / В.Г. Зубчанинов, В.И.

Гультияев, А.С. Двужилов // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева*. Серия: Механика предельного состояния. – 2023. – № 1(55). – С. 26-32.

38. Двужилов А.С. Экспериментальные исследования сложного нагружения латуни Л63 на двузвенных ломаных траекториях типа «смещенный веер»./ В.Г. Зубчанинов, В.И. Гультияев, А.А. Алексеев, А.С. Двужилов // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева*. Серия: Механика предельного состояния. – 2023. – № 1(55). – С. 18-25.

39. Двужилов А. С. Математическое моделирование процессов пластического деформирования материалов / А. С. Двужилов, В. Г. Зубчанинов // *Математическое моделирование в естественных науках*. – 2014. – Т. 1. – С. 88-91.

40. Двужилов. А. С. О механических свойствах стали 30ХГСА при простом и сложном нагружениях / В. Г. Зубчанинов, А. С. Двужилов, А. В. Федяев [и др.] // *Вестник Тверского государственного технического университета*. – 2014. – № 2(26). – С. 78-82.

41. Двужилов, А. С. Математическое моделирование процессов деформирования латуни для двузвенных траекторий / А. С. Двужилов, В. Г. Зубчанинов, В. И. Гультияев // *Проблемы прочности, пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела : Материалы VIII Международного научного симпозиума, посвященного 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РФ профессора В.Г. Зубчанинова, Тверь, 09–11 декабря 2015 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверской государственной технической университет»*. – Тверь: Тверской государственной технической университет, 2015. – С. 142-144.

42. Двужилов, А. С. Методика обработки экспериментальных данных при растяжении металла за пределом упругости / А. С. Двужилов, Ю. Н. Клементьева // *Теоретические, экспериментальные и прикладные исследования молодых учёных Тверского государственного технического университета : Сборник научных трудов*. – Тверь : Тверской государственной технической университет, 2017. – С. 396-402.

43. Двужилов А. С. Моделирование процессов упругопластического деформирования прямолинейных ломаных траекторий / В. Г. Зубчанинов, А. С. Двужилов, В. И. Гультияев // *Математическое моделирование и экспериментальная механика деформируемого твердого тела : межвузовский сборник научных трудов / Тверской государственной технической университет. Том Выпуск 2*. – Тверь : Тверской государственной технической университет, 2018. – С. 54-57.

44. Zubchaninov, V. G. The plastic deformation of steel on closed curved trajectories / V. G. Zubchaninov, N. L. Okhlopkov // Проблемы прочности. – 1996. – No. 4. – P. 19-26.
45. Зубчанинов, В.Г. Гипотеза ортогональности в теории пластичности / В.Г.Зубчанинов // Проблемы механики деформ. твердого тела. СПб.: СПбГУ, 2004. – С.137-140.
46. Зубчанинов, В.Г. К использованию общей математической теории пластичности в теории устойчивости/ В.Г.Зубчанинов // Устойчивость в механике деформ. твердого тела. Калинин(Тверь): КПИ, 1982. – С.100-115.
47. Зубчанинов, В.Г. К модели неполной пластичности Е.И. Шемякина/ В.Г.Зубчанинов // Проблемы механики деформ. твердых тел и горных пород. М.: Физматлит, 2006. – С.284-287.
48. Зубчанинов, В.Г. К основам общей математической теории пластичности / В.Г.Зубчанинов // Упругость и неупругость. М.: МГУ, 2001. – С.139-146.
49. Зубчанинов, В.Г. Математические модели полного и неполного пластического деформирования сплошных сред/ В.Г.Зубчанинов // Современные проблемы пластичности и устойчивости в механике деформ. твердого тела. Тверь: ТГТУ, 2006. – С. 4-13.
50. Зубчанинов, В.Г. Математическая теория пластичности/ В.Г.Зубчанинов // Тверь: ТГТУ, 2002. – 300с.
51. Зубчанинов, В.Г. Механика сплошных деформируемых сред/ В.Г.Зубчанинов// Тверь: ТГТУ, 2000. – 703с.
52. Зубчанинов, В.Г. Общие соотношения связи между напряжениями и деформациями в теории пластичности/ В.Г.Зубчанинов // Вестник Тверского гос. техн. университета, 2002. №1. – С.35-39.
53. Зубчанинов, В.Г. Об активных и пассивных процессах, полной и неполной пластичности при сложном нагружении / В.Г.Зубчанинов // Проблемы нелинейной механики. Тула: ТГУ, 2003. – С.164-177.
54. Зубчанинов, В.Г. Об определяющих соотношениях теории упругопластических процессов/ В.Г.Зубчанинов // Прикл. механика, 1989. Т.25. №5. – С.3-12.
55. Зубчанинов, В.Г. Об определяющих соотношениях теории упругопластических процессов/ В.Г.Зубчанинов // Прикл. механика, 1991. Т.27. №12. – С.3-13.
56. Зубчанинов, В.Г. Общая теория устойчивости оболочек и пластин за пределом упругости при сложном нагружении/ В.Г.Зубчанинов // Современные проблемы прочности, пластичности и устойчивости. Материалы V Международн. симпозиума. Тверь: ТГТУ, 2000. – С.3-18.
57. Зубчанинов, В.Г. Общая теория устойчивости оболочек и пластин за пределом упругости при сложном нагружении / В.Г.Зубчанинов // Механика оболочек и пластин. Сб. докладов XX Междунар. конф. по теории оболочек и пластин. Н.Новгород: ННГУ, 2002. – С.9-41.

58. Зубчанинов, В.Г. Общие соотношения связи между напряжениями и деформациями в теории пластичности / В.Г.Зубчанинов // Вестник Тверского гос. техн. университета, 2002. №1. – С.35-39.
59. Зубчанинов, В.Г. Определяющие соотношения теории неупругих процессов в пространстве напряжений. Сообщение 1. Теоретические основы / В.Г.Зубчанинов // Проблемы прочности, 1992. №6. – С.3-13.
60. Зубчанинов, В.Г. Определяющие соотношения теории неупругих процессов в пространстве напряжений. Сообщение 2. Экспериментальные основы / В.Г.Зубчанинов // Проблемы прочности, 1992. №6. – С.3-12.
61. Зубчанинов, В.Г. Определяющие соотношения общей теории пластичности / В.Г.Зубчанинов // Устойчивость и пластичность при сложном нагружении. Тверь: ТГТУ, 1994. — С.14-37.
62. Зубчанинов, В.Г. Определяющие соотношения теории процессов пластического деформирования материалов при сложном нагружении / В.Г.Зубчанинов // Прочность и пластичность. Труды IX конф. М.: Ин-т проблем механики РАН, 1996. Т.1. – С.80-85. 103
63. Зубчанинов, В.Г. Основы теории упругости и пластичности / В.Г.Зубчанинов // М.: Высшая школа, 1990. – 367с.
64. Зубчанинов, В.Г. Проблемы теории пластичности / В.Г.Зубчанинов // Проблемы механики. М.: Физматлит, 2003. – С.394-405.
65. Зубчанинов, В.Г. Постулат локальной размерности образа процесса и определяющие соотношения в теории пластичности / В.Г.Зубчанинов // Прикл. механика, 1998. Т.34. №5. – С.86-97.
66. Зубчанинов, В.Г. Постулат физической определенности / В.Г.Зубчанинов // Устойчивость и пластичность в механике деформ. твердого тела. Тверь: ТПИ, 1993. Часть 3. — С.4-21.
67. Зубчанинов, В.Г. Проблемы математической теории пластичности / В.Г.Зубчанинов // Проблемы механики деформ. тел и горных пород. М.: МГТУ, 2001. – С.219-240.
68. Зубчанинов, В.Г. Проблемы математической теории пластичности / В.Г.Зубчанинов // Проблемы прочности, 2000. №1. – С.22-41.
69. Зубчанинов, В.Г. Процессы и состояния полного и неполного пластического деформирования материалов при сложном нагружении / В.Г.Зубчанинов // Изв. Тульского гос. ун – та. Серия математика, механика, информатика, 2004. Т.10. Вып. 3. – С.82-97.
70. Зубчанинов, В.Г. Сложное нагружение при чистом формоизменении / В.Г.Зубчанинов // Проблемы механики неупругих деформаций. М.: Физматлит, 2001. – С.142-149.
71. Зубчанинов, В.Г. Теория устойчивости пластин и оболочек за пределом упругости при сложном нагружении / В.Г.Зубчанинов // Общие задачи и методы исследования пластичности и вязкоупругости материалов и конструкций (материалы VIII Всесоюзн. конф. по проблемам прочности и пластичности). Пермь, 1983. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С.40-49.
72. Зубчанинов, В.Г. Устойчивость и выпучивание упругопластических систем при сложном нагружении / В.Г.Зубчанинов // Устойчивость в

- механике деформ. твердого тела. Материалы II Всесоюзн. симпозиума. Тверь: ТГУ, 1986. – С.10-54.
73. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование и обоснование теории упругопластических процессов / В.Г.Зубчанинов // Устойчивость и пластичность в механике деформ. тв. тела. Часть.1. Тверь: ТПИ, 1992. – С.94-159.
74. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование пластических свойств стали на многозвенных пространственных траекториях / В.Г.Зубчанинов, А.В.Акимов, В.Дабуль, Н.Л.Охлопков // Устойчивость и пластичность в механике деформируемого твердого тела: Материалы 3 симп. Ч.III. Тверь: ТГТУ, 1993. – С.164-177.
75. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование процессов сложного нагружения сплава АМГ6 / В.Г.Зубчанинов, С.Аль-Делами // Проблемы прочности. 1993. №5. – С.36-42. 104
76. Зубчанинов, В.Г. Влияние разгрузки материала на ползучесть сплава 01570 и АМГ6 / В.Г.Зубчанинов, В.В.Гараников // Проблемы прочности. 1990. № 9. – С.33-34.
77. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование процесса сложного нагружения сплава 01570 по траекториям в виде двузвенных ломаных при различных температурах / В.Г.Зубчанинов, С.Аль-Делами, В.В.Гараников // Проблемы прочности. 1993. №3. – С.35-39.
78. Зубчанинов, В.Г. Автоматизированный комплекс для исследования упруговязкопластических свойств материалов при сложном нагружении / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, А.В.Акимов // Решение о выдаче свидетельства на полезную модель.-М., ВНИИГПЭ, 1997.- №97108023/20(008702).
79. Зубчанинов В.Г. Влияние замены неаналитических траекторий с точками излома гладкими траекториями / В.Г. Зубчанинов, В.И. Гультяев, А.А. Алексеев// Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2020.№2.с.52-63.
80. Зубчанинов, В.Г. К теории пластичности для траекторий малой кривизны и локально-простых процессов / В.Г.Зубчанинов, Д.В.Зубчанинов // Современные проблемы механики и прикладной математики. Воронеж: ВГУ, 2003. – С.123-126.
81. Зубчанинов, В.Г. О влиянии сложного нагружение-разгрузки на закономерности пластического деформирования материалов / В.Г.Зубчанинов, Д.В.Зубчанинов // Научно-технические ведомости СанктПетербургского гос. политехн. университета. 2003. №3. – С.64-67.
82. Зубчанинов, В.Г. О процессах сложного нагружения материалов / В.Г.Зубчанинов, Д.В.Зубчанинов // Сб. материалов III междунар. конф. «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии». Тула: ТГУ, 2002. – С.29-31.
83. Зубчанинов, В.Г. Локально-простые процессы деформирования / В.Г.Зубчанинов, Д.Е.Иванов // Устойчивость в механике деформ. твердого тела. Калинин: КГУ, 1987. – С.6-11.

84. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование упругопластического деформирования сталей 40 и 40Х при сложном нагружении по плоским траекториям / В.Г.Зубчанинов, Д.Е.Иванов, А.В.Акимов // Устойчивость и пластичность в механике деформируемого твердого тела: Материалы 3 симп. Ч.Ш. Тверь: ТПИ, 1993. – С.44-93.
85. Зубчанинов, В.Г. Пластичность и устойчивость / В.Г.Зубчанинов, А.А.Ильюшин // Механика деформ. твердого тела. Тула: ТПИ, 1983. – С.8-20.
86. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование процессов сложного нагружения стали 45 по двузвенным траекториям / В.Г.Зубчанинов, М.Ш.Мошкович // Устойчивость и пластичность в механике деформ. твердого тела. Часть 2. Тверь: ТГТУ, 1993. – С.136-144.
87. Зубчанинов, В.Г. О деформировании конструкционных сталей по замкнутым траекториям непропорционального нагружения / В.Г.Зубчанинов, 105 Н.Л.Охлопков // Математическое моделирование систем и процессов. Пермь: ПГТУ, 1998. №6. – С.30-37.
88. Зубчанинов, В.Г. О некоторых особенностях упрочнения конструкционных сталей при деформировании по замкнутым криволинейным траекториям / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков // Проблемы прочности. 1996. №5. – С.17-22.
89. Зубчанинов, В.Г. Пластическое деформирование стали по замкнутым криволинейным траекториям / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков // Проблемы прочности. 1996. № 4. – С.19-25.
90. Зубчанинов, В. Г. Механика процессов пластических сред / В. Г. Зубчанинов. – Moscow : ООО Издательская фирма "Физико-математическая литература", 2010. – 352 с. – ISBN 978-5-9221-1235-2. – EDN MUWSFH.
91. Зубчанинов, В.Г. Упрочнение конструкционных материалов при сложном деформировании по замкнутым плоским траекториям / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков // Проблемы прочности .1997. №3. – С.19-29.
92. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследование закономерностей пластического деформирования металлов по плоским криволинейным траекториям /В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков// Прикладная механика.1997.Т.33. №7. – С.19-29.
93. Зубчанинов, В.Г. О деформировании металлов по плоским криволинейным траекториям переменной кривизны. Сообщение 1. Векторные и скалярные свойства/ В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Проблемы прочности. 1999. №4. – С.5-11.
94. Зубчанинов, В.Г. О деформировании металлов по плоским криволинейным траекториям переменной кривизны. Сообщение 2.Функции процесса / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Проблемы прочности. 1999. №4. – С.12-18.
95. Зубчанинов, В.Г. Проверка физической достоверности гипотезы компланарности на многозвенных ломаных траекториях в пространстве напряжений / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Современные проблемы прочности, пластичности и устойчивости. Тверь: ТГТУ, 2001. – С.55-61.

96. Зубчанинов, В.Г. Сложное деформирование металлов по плоской криволинейной траектории вида архимедовой спирали / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Устойчивость, пластичность и ползучесть при сложном нагружении. Тверь: ТГТУ, 2000. – С.78-84.
97. Зубчанинов, В.Г. Сложное деформирование металлов по плоской криволинейной траектории в виде астроида / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Прикладная механика. 2000. Т.36. №7. – С.130-136.
98. Зубчанинов, В.Г. Сложное деформирование металлов по плоским криволинейным траекториям переменной кривизны / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Устойчивость и пластичность в механике деформ. твердого тела. Материалы. IV Междунар. симпозиума. Тверь: ТГТУ, 1998. – С.77-87
99. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальная пластичность. Книга 1. Процессы сложного деформирования / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Тверь: ТГТУ, 2003. – 170с. 106
100. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальная пластичность. Книга 2. Процессы сложного нагружения / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Тверь: ТГТУ, 2004. – 184с.
101. Зубчанинов, В.Г. Механика процессов пластических сред / В.Г.Зубчанинов // М.:Физматлит, 2010.-352с.
102. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное обоснование определяющих соотношений теории процессов для пространственных траекторий нагружения / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, В.В.Гараников // Современные проблемы механики и прикладной математики. Воронеж: ВГУ, 2003. – С.127-132.
103. Зубчанинов, В.Г. Проверка физической достоверности частных теорий пластичности на многозвенных траекториях деформаций / Н.Л.Охлопков, В.Дабуль // Устойчивость и пластичность при сложном нагружении. Тверь: ТГТУ, 1994. – С.112-122.
104. Зубчанинов, В.Г. Некоторые результаты экспериментальных исследований сложного деформирования трубчатых образцов из стали 45 по многозвенным пространственным траекториям / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, А.В.Акимов, В.Дабуль // Устойчивость и пластичность при сложном нагружении. Тверь: ТГТУ, 1994. – С.60-85.
105. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальное исследования процессов сложного активного и пассивного деформирования металлов по траекториям вида архимедовых спиралей / В.Г.Зубчанинов, Н.Л.Охлопков, А.В.Акимов, В.В.Гараников // Устойчивость, пластичность, ползучесть при сложном нагружении. Тверь: ТГТУ, 1998. – С.103-114 .
106. Зубчанинов, В.Г. Пластичность и устойчивость / В.Г.Зубчанинов, А.А.Ильюшин // Механика деформ. твердого тела. Тула: ТПИ, 1983. – С.8-20.
107. Жуков А.М. Некоторые особенности поведения материалов при упругопластическом деформировании // Вопросы теории пластичности. М.: Изд – во АН СССР, 1961. – С.30-57.

108. Жуков А.М. Сложное нагружение в теории пластичности изотропных материалов // Изв. АН СССР. ОТН, 1955. №8. – С.81–92.»
109. Ивлев Д.Д. О постулате изотропии в теории пластичности // Изв. АН СССР. ОТН, Механика и машиностроение, 1960. №2. – С.125-127.
110. Ивлев Д.Д. О работе В.С.Ленского «Некоторые новые данные о пластичности металлов при сложном нагружении // Изв. АН СССР. ОТН, Механика и машиностроение, 1960. №6. – С.179-181.
111. Ивлев Д.Д. Теория идеальной пластичности. М.: Наука, 1966.
112. Ильин В.А., Поздняк Э.Г. Линейная алгебра. М.: Физматлит, 2002. – 317с.
113. Ильюшин А.А. Механика сплошных сред. М.: МГУ, 1971. – 247с.
114. Ильюшин А.А. Механика сплошных сред. М.: МГУ, 1990. – 310 с.
115. Ильюшин А.А. Научные основы прочности и пластичности твердых тел // Вестник АН СССР, 1958. №6. – С.49-55 (совм. с В.С. Ленским).
116. Ильюшин А.А. Некоторые вопросы теории пластических деформаций // ПММ, 1943. Т.7. №4. – С.245-272.
117. Ильюшин А.А. Об одной модели, поясняющей аппроксимационный метод СН-ЭВМ в теории пластичности // Упругость и неупругость. М.: МГУ, 1971. Вып.1. – С.52-58.
118. Ильюшин А.А. Вопросы общей теории пластичности // ПММ, 1960. Т.24. Вып.3. – С.399-411.
119. Ильюшин А.А. Об основах общей математической теории пластичности // Вопросы теории пластичности. М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С.3-29.
120. Ильюшин А.А. О постулате пластичности // ПММ, 1961. Т.25. Вып3. – С.503- 507.
121. Ильюшин А.А. Деформация вязкопластического тела // Ученые записки Московского ун – та, 1940. Вып.39. – С.3-81.
122. Ильюшин А.А. Еще о постулате изотропии // Изв. АН СССР. ОТН, Механика и машиностроение, 1962. №1. – С.201-204.
123. Ильюшин А.А. К вопросу о вязкопластическом течении материала // Труды. Т.1. (1935 – 1945). М.: Физматлит, 2005. – С.115-131.
124. Ильюшин А.А. К теории малых упругопластических деформаций // ПММ, 1946. Т.10. Вып.3. – С.347-356.
125. Ильюшин А.А. Метод СН-ЭВМ в теории пластичности // Проблемы прикладной математики и механики. М.: Наука, 1971. – С.166-178.
126. Ильюшин А.А. О приращении пластической деформации и поверхности текучести // ПММ, 1960. Т.24. Вып.4. – С.663-666.
127. Ильюшин А.А. О связи между напряжениями и деформациями в механике сплошной среды // ПММ, 1954. Т18. Вып 6. – С.641-666.
128. Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории. М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 271с.
129. Ильюшин А.А. Пластичность. Часть1. Упругопластические деформации. М.-Л.: Гостехиздат, 1948. – 376С. (М.: Изд-во ЛОГОС, 2004-376с).

130. Ильюшин А.А. Связь между теорией Сен-Венана – Леви-Мизеса и теорией малых упругопластических деформаций // ПММ, 1945. Т.9. Вып.3. – С.207-218.
131. Ильюшин А.А. Теория упругопластических деформаций и ее приложение // Изв. АН СССР. ОТН, 1948. №6. – С.769-788.
132. Ильюшин А.А. Теория пластичности при простом нагружении тел, материал которых обладает упрочнением // ПММ, 1947. Т.11. Вып.2. – С.293-296.
133. Ильюшин А.А. Труды. Т.1. (1935-1945). М.: Физматлит, 2003. – 350с.
134. Ильюшин А.А. Труды. Т.2. Пластичность. (1946-1966). М.: Физматлит, 2004. – 479с.
135. Ильюшин А.А., Ленский В.С. О соотношениях и методах современной теории пластичности // Успехи механики деформируемых сред. М.: Наука, 1975. – С.240-255.
136. Ишлинский А.Ю. Общая теория пластичности с линейным упрочнением // Укр. матем. журнал. Киев: АН Укр., 1954, Т.6. №3. – С.304-325.
137. Ишлинский А.Ю. Прикладные задачи механики. Т.1. Механика вязкопластических и не вполне упругих тел. М.: Наука.1986, – 359с.
138. Ишлинский А.Ю., Ивлев Д.Д. Математическая теория пластичности. М.: Физматлит, 2001. – 701с.
139. Кадашевич Ю.И., Новожилов В.В. Теория пластичности, учитывающая остаточные микронапряжения // ПММ. 1958. Т.22. №1. – С.78-89.
140. Ключников В.Д. Математическая теория пластичности. М.: МГУ, 1979. – 207с.
141. Койтер В. Общие теоремы теории упругопластических сред. М.: ИИЛ, 1961. – 78с.
142. Коровин И.М. Некоторые вопросы пластичности металлов при нагружении по траекториям с точкой излома // Изв. АН СССР. МТТ, 1969. №3. С.152-158.
143. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начало тензорного исчисления. М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 426с.
144. Кравчук А.С. О методе последовательных приближений в теории пластичности при сложном нагружении // Изв. АН СССР. МТТ, 1970. №4. – С.188-191.
145. Кравчук А.С. О теории пластичности для траекторий деформирования средней кривизны. М.: МГУ, 1971. Вып.2. – С.91-100.
146. Климов Д.М. Вязкопластические течения // Д.М.Климов, А.Г.Петров, Д.В.Георгиевский// М.: Наука. – 2005. – 395с.
147. Ленский В.Г. Гипотеза локальной определенности в теории пластичности // Изв. АН СССР. ОТН. Механика и машиностроение, 1962. №5. – С.154-158.

148. Ленский В.С. Некоторые новые данные о пластичности металлов при сложном нагружении // Изв. АН СССР. ОТН, Механика и машиностроение, 1960. – С.93-100.
149. Ленский В.С. Современные вопросы и задачи пластичности в теоретическом и прикладном аспектах // Упругость и неупругость. М.: МГУ, 1978. Вып.5. –С.65-93.
150. Ленский В.С. Упрощенные варианты теории пластичности // Прикладная механика, 1969. Т.5. Вып.3. – С.18-22.
151. Ленский В.С. Экспериментальная проверка законов изотропии и запаздывания при сложном нагружении // Изв. АН СССР. ОТН, 1958. –С.15-24.
152. Ленский В.С. Экспериментальная проверка основных постулатов общей теории упругопластических деформаций // Вопросы теории пластичности. М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С.58-82.
153. Ленский, В.С. Трехчленные соотношения общей теории пластичности / В.С. Ленский, Э.В.Ленский // Изв. АН СССР. МТТ, 1985. – С.111-115.
154. Ленский, В.С. Проверка законов пластичности в трехмерном пространстве девиатора деформаций / В.С. Ленский, И.Д. Машков // Упругость и неупругость. М.: МГУ, 1971. Вып.2. – С.158-167
155. Лихачев В.А., Малинин В.Г. Структурно аналитическая теория прочности. С. Петербург: Наука, 1993. – 471с.
156. Малый, В.И. О подобии векторных свойств материалов в упругопластических процессах / В.И.Малый // Прикладная механика, 1978. Т.14. №3. – С.19-27.
157. Малый, В.И. О разложении функционала напряжений по малому параметру / В.И.Малый // Вестник МГУ. Матем. и механика, 1967. №2. – С.73- 80.
158. Маркин, А.А. Об изменении упругопластических свойств при конечном деформировании / А.А.Маркин // Изв. АН СССР. МТТ, 1990. №2. – С.120-126.
159. Матченко, Н.М. Общая задача теории идеальной пластичности анизотропных материалов / Н.М.Матченко, Л.А.Толоконников // Изв.АН СССР МТТ, 1973. №3. — С.72 – 78.
160. Москвитин, В.В. Циклические нагружения элементов конструкций / В.В.Москвитин // М.: Наука, 1981. – 344 с.
161. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел / А.Надаи // М.: ИИЛ, 1954. – 647с.
162. Новожилов, В.В. И еще о постулате изотропии / В.В.Новожилов // Изв. АН СССР. ОТН, Механика и машиностроение, 1962. №1. – С.205-208.
163. 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. №2. – С.176-181.
164. Новожилов, В.В. О формах связи между напряжениями и деформациями в первоначально изотропных средах (Геометрическая сторона вопроса) / В.В.Новожилов // ПММ, 1963. Т.27. Вып.5. – С.794-812.

165. Охаши, И. Некоторые экспериментальные данные об общем законе пластичности Ильюшина / И.Охаши, М.Токуда, И. Курита, Т.Сузуки // Изв. АН СССР. МТТ, 1981. №6 – С.53-64.
166. Пластичность. Сб.статей под редакцией Работнова Ю.Н. / Б.Сен-Венан, Л.Прандтль, Г.Генки, М.Рош, А.Эйхингер, В.Лоде, А.Рейсс, К.Хознемзер, Р.Шмидт, В.Прагер, В.Одквист и др. // М.: ГИТТЛ.–1948.–452с.
167. Победря, Б.Е. К теории упругопластических процессов первоначально анизотропных сред / Б.Е.Победря // Проблемы механики деформ. твердого тела. Калинин: КГУ, 1986. – С.16-24. 110
168. Поздеев, А.А. Большие упругопластические деформации/ А.А.Поздеев, П.В.Трусов, Ю.И.Няшин // М.: Наука, 1986. – 232 с.
169. Прагер, В. Теория идеально-пластических тел/ В.Прагер, Ф.Ходж// М.: ИИЛ, 1956. –398с.
170. Саврасов И.А. экспериментальное исследование стали 45 по траектории деформирования типа «змейка» / Гультяев В.И., Саврасов И.А., Зубчанинов В.Г., Алексеев А.А. // В книге: Тезисы докладов 55-й Международной научнотехнической конференции преподавателей и студентов. Тезисы докладов. Витебск, 2022. С. 247-248.
171. Соколовский, В.В. Теория пластичности/ В.В.Соколовский// М.– Л.: ГИИТЛ, 1950. – 396с.
172. Тетерс, Г.А.О сложном нагружении материала при выпучивании оболочек в пластической области/ Тетерс Г.А.// извб АН Латв.ССР, 1963. - №5- с.44-50.
173. Тимошенко, С.П.Теория пластичности/ Тимошенко С.П.// Сб. статей. М.: ГИИЛ, 1948. – 452с.
174. Хилл, Р. Математическая теория пластичности/ Р.Хилл // М.: ГИТТЛ, 1965. – 407с.
175. Христианович, С.А. Деформация упрочняющегося пластического материала / С.А.Христианович // Изв. АН СССР. МТТ, 1974. №2. – С.148-174.
176. Христианович, С.А.К теории идеальной пластичности / С.А.Христианович , Е.И.Шемякин // Изв. АН СССР. МТТ, 1967. №4.
177. Христианович,С.А.О плоской деформации пластического материала при сложном нагружении / С.А.Христианович , Е.И.Шемякин // Изв. АН СССР. МТТ, 1969. №5. – С.138-149. 112
178. Шевченко, Ю.Н.Термовязкопластические процессы сложного деформирования элементов конструкций/ Ю.Н.Шевченко, М.Е.Бабешко, Р.Г.Терехов // Киев: Наукова Думка, 1992. – 326с.
179. Шевченко, Ю.Н. Физические уравнения термовязкопластичности/ Ю.Н.Шевченко, Р.Г.Терехов// Киев: Наукова Думка, 1982. – 240с.
180. Шемякин, Е.И. Вопросы прочности твердых тел и горных пород / Е.И.Шемякин // Проблема механики деформ. твердых тел и горных пород. М.: Физматлит, 2006. – С.26- 45.
181. Шемякин, Е.И. Синтетическая теории прочности / Е.И.Шемякин // Физическая мезомеханика, 1999. Т.2. №6. – С.63-69.

182. Gulyaev, V.I. «Mathematical Simulation of Ratcheting under Asymmetric Cyclic loading»/ V.S.Bondar, V.V.Danshin, V.I. Gulyaev // Assessment of Reliability of Materials and Structures: Problems and Solutions. International Conference. RELMAS'2008. St.Petersburg, Russia, June 17-20, 2008. Volume 1.

Приложение 1

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования
«Тверской государственный технический
университет» (ТвГТУ)

Наб. А.Никитина, д.22, г.Тверь, 170026
Тел. (4822) 52-63-35, факс (4822) 52-62-92
E-mail: common@tstu.tver.ru
http://www.tstu.tver.ru
ОКПО 02068284, ОГРН 1026900533747,
ИНН/КПП 6902010135 / 695201001

Утверждаю

Проректор по учебной

работе ТвГТУ д.ф.н., доц.
Майкова Э.Ю.



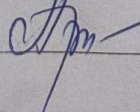
№ _____
На № _____ от _____

АКТ О ВНЕДРЕНИИ

результатов кандидатской диссертации в учебный процесс

Мы, ниже подписавшиеся представители Тверского государственного технического университета, составили настоящий акт о том, что в учебный процесс при подготовке магистров по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (магистерская программа: направленность (профиль) подготовки – «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог»), а также подготовки аспирантов по специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твёрдого тела», внедрена методика обработки и графического отображения базовых испытаний процессов сложного упругопластического деформирования материалов на автоматизированном испытательном комплексе СН-ЭВМ в лаборатории механических испытаний кафедры «Сопротивления материалов, теория упругости и пластичности» Тверского государственного Технического университета. Указанные методики и алгоритмы расчётов являются частью кандидатской диссертации А.С. Двужилова на тему «ЗАКОНОМЕРНОСТИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЛАТУНИ Л63 ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ ПО ЛОМАНЫМ И ГЛАДКИМ ТРАЕКТОРИЯМ ПОСТОЯННОЙ КРИВИЗНЫ»

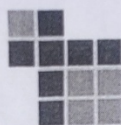
Декан ИСФ ТвГТУ, д.э.н., доцент


А.А.Артемьев

Зав. кафедрой АДОиФ, д.т.н. доцент


В.И.Гультьев

Приложение 2



ООО «ПромКонтроль»
ИНН/КПП 6950112955/695001001

«17» апреля 2023г. № ПК- 37/23



УТВЕРЖДАЮ


Генеральный директор Мекшун А.Е.

ТЕХНИЧЕСКИЙ АКТ ВНЕДРЕНИЯ

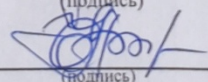
Мы нижеподписавшиеся представители ООО «ПромКонтроль» в лице генерального директора Мекшун А.Е., главного инженера проекта Никитина С.А. составили настоящий акт о том, что разработанные в данной диссертационной работе А.С. Двужиловым «ЗАКОНОМЕРНОСТИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЛАТУНИ Л63 ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ ПО ЛОМАНЫМ И ГЛАДКИМ ТРАЕКТОРИЯМ ПОСТОЯННОЙ КРИВИЗНЫ» методы расчёта на прочность и деформируемость конструкционных материалов в изделиях, а также методы экспериментальных исследований этого материала по установлению достоверности полученных результатов, внедрены в производственную практику в данной организации и позволяют совершенствовать процесс проектирования элементов конструкций, выполняемых из материалов со сложными механическими свойствами.

Выполненные исследования являются частью диссертационного исследования А.С. Двужилова и соответствуют госбюджетной тематике: «Разработка математических моделей упругопластического деформирования материалов при сложном напряжённом состоянии и нагружении», разрабатываемой на кафедре «Сопротивления материалов, теория упругости и пластичности» Тверского государственного технического университета.

Главный инженер проекта


_____/Никитин С.А./
(подпись)

Генеральный директор


_____/Мекшун А.Е./
(подпись)

Приложение 3

1. Растяжение (ANT31)

R=	15,512	h=	1,046							
	G MPa	Э%	S %	Time	Э1 %	Э2 %	Э3 %	S1 MPa	S2 MPa	S3 MPa
1	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,00
1	31,31082	6,86E-02	1,50E-02	285	0,058788	3,39E-02	9,81E-03	31,311	0	0,00
1	38,33978	6,93E-02	7,73E-02	301	0,063687	2,55E-02	9,81E-03	38,340	0	0,00
1	47,28573	8,80E-02	1,05E-01	317	7,84E-02	3,96E-02	4,91E-03	47,286	0	0,00
1	53,67569	9,68E-02	1,20E-01	333	0,088182	0,039598	4,91E-03	53,676	0	0,00
1	56,87067	1,08E-01	1,30E-01	349	0,09798	4,53E-02	4,91E-03	56,871	0	0,00
1	61,98264	1,17E-01	0,135903	365	0,107778	0,045255	4,91E-03	61,983	0	0,00
1	67,73627	1,20E-01	0,151358	381	0,112677	0,042426	4,91E-03	67,734	0	0,60
1	70,9286	1,32E-01	0,166813	397	0,122475	0,048083	9,81E-03	70,929	0	0,00
1	76,67956	0,142857	0,179958	413	0,132273	0,05374	0,004907	76,680	0	0,00
1	80,51577	0,150307	0,192354	429	1,42E-01	4,81E-02	0,009815	80,514	0	0,60
1	83,70852	0,157786	0,203668	445	1,47E-01	5,66E-02	0,009815	83,709	0	0,00
1	88,82252	0,165119	0,228433	461	0,156767	5,09E-02	0,009815	88,820	0	0,60
1	91,37647	0,170647	0,243888	477	1,62E-01	5,37E-02	0,009815	91,376	0	0,00
1	95,21045	0,176183	0,255201	493	1,67E-01	5,66E-02	0,009815	95,210	0	0,00
1	99,04443	0,190998	0,266515	509	0,181262	0,059397	0,009815	99,044	0	0,00
1	101,6022	0,194814	0,286111	525	1,86E-01	5,66E-02	0,009815	101,600	0	0,60
1	104,7971	0,200321	0,297425	541	1,91E-01	5,94E-02	0,009815	104,795	0	0,60
1	107,9904	0,215017	0,318536	557	0,205757	6,22E-02	0,004907	107,990	0	0,00
1	109,9074	0,220691	0,333514	573	0,210656	0,065054	0,009815	109,907	0	0,00
1	112,4633	0,231725	0,344828	589	0,220454	0,070711	0,009815	112,463	0	0,00
1	116,2973	0,243032	0,360282	605	0,230252	7,64E-02	0,014722	116,297	0	0,00
1	117,5753	0,250425	0,383573	621	2,35E-01	8,49E-02	0,014722	117,575	0	0,00
1	120,1313	0,254371	0,420301	637	0,244949	0,067882	0,009815	120,131	0	0,00
1	121,4093	0,26891	0,441709	653	0,254747	8,49E-02	0,014722	121,409	0	0,00
1	123,9653	0,272471	0,452273	669	2,60E-01	8,20E-02	0,009815	123,965	0	0,00
1	126,5213	0,283734	0,465419	685	2,69E-01	8,77E-02	0,014722	126,521	0	0,00
1	127,1603	0,287333	0,480874	701	0,274343	8,49E-02	0,009815	127,160	0	0,00
1	129,7176	0,298571	0,500694	717	0,284141	9,05E-02	0,014722	129,716	0	0,60
1	131,6332	0,306295	0,510492	733	0,293939	8,49E-02	0,014722	131,633	0	0,00
1	132,9126	0,313421	0,521806	749	0,298838	9,33E-02	0,014722	132,911	0	0,60
1	134,8282	0,321187	0,537261	765	3,09E-01	8,77E-02	0,014722	134,828	0	0,00
1	136,1062	0,333791	0,554232	781	3,18E-01	9,90E-02	0,014722	136,106	0	0,00
1	138,6622	0,343151	0,581	797	3,28E-01	9,90E-02	0,014722	138,662	0	0,00
1	139,3012	0,347046	0,603628	813	0,333131	0,096167	0,014722	139,301	0	0,00
1	140,5805	0,350988	0,614941	829	0,33803	9,33E-02	0,014722	140,579	0	0,60

1	142,4975	0,369032	0,628087	845	0,352727	1,07E-01	0,014722	142,496	0	-	0,60
1	145,0522	0,378408	0,653635	861	0,362525	0,10748	0,014722	145,052	0	-	0,00
1	144,4144	0,378408	0,670606	877	0,362525	1,07E-01	0,014722	144,413	0	-	0,60
1	146,3314	0,389411	0,678095	893	0,372322	1,13E-01	0,014722	146,330	0	-	0,60
1	147,6081	0,399	0,701385	909	0,38212	1,13E-01	0,019629	147,608	0	-	0,00
1	149,5251	0,409791	0,718	925	0,391918	1,19E-01	0,014722	149,525	0	-	0,00
1	150,1641	0,413881	0,728564	941	0,396817	1,16E-01	0,019629	150,164	0	-	0,00
1	150,8031	0,424869	0,74171	957	0,406615	1,22E-01	0,019629	150,803	0	-	0,00
1	152,7201	0,434255	0,756688	973	0,416413	1,22E-01	0,019629	152,720	0	-	0,00
1	153,3591	0,43818	0,774677	989	0,421312	1,19E-01	0,019629	153,359	0	-	0,00
1	153,9981	0,447608	0,78599	1005	0,43111	1,19E-01	0,019629	153,998	0	-	0,00
1	155,9151	0,454446	0,814275	1021	0,436009	0,127279	0,014722	155,915	0	-	0,00
1	157,1931	0,464036	0,836191	1037	0,445807	1,27E-01	0,019629	157,193	0	-	0,00
1	157,1931	0,47094	0,841848	1053	0,450706	1,36E-01	0,014722	157,193	0	-	0,00
1	159,1101	0,484414	0,861669	1069	4,65E-01	1,33E-01	0,019629	159,110	0	-	0,00
1	159,7491	0,491497	0,877124	1085	0,470302	1,41E-01	0,019629	159,749	0	-	0,00
1	159,7502	0,499313	0,894094	1101	0,4801	1,36E-01	0,019629	159,749	0	-	0,60
1	161,6661	0,50621	0,905408	1117	0,484999	1,44E-01	0,014722	161,666	0	-	0,00
1	161,6661	0,517379	0,922023	1133	0,494797	1,50E-01	0,019629	161,666	0	-	0,00
1	162,9441	0,5211	0,937888	1149	0,499696	1,47E-01	0,014722	162,944	0	-	0,00
1	162,3051	0,530502	0,954859	1165	0,509494	1,47E-01	0,014722	162,305	0	-	0,00
1	163,5831	0,537603	0,968005	1181	0,514393	1,56E-01	0,014722	163,583	0	-	0,00
1	161,0282	0,550463	0,987826	1197	0,524191	1,67E-01	0,019629	161,027	0	-	0,60
1	166,139	0,556533	1,014594	1213	0,533989	1,56E-01	0,019629	166,139	0	-	0,00
1	165,5	0,563646	1,030049	1229	0,538888	1,64E-01	0,019629	165,500	0	-	0,00
1	167,4181	0,578378	1,041363	1245	0,553585	1,67E-01	0,014722	167,417	0	-	0,60
1	168,056	0,58241	1,057228	1261	0,558484	1,64E-01	0,019629	168,056	0	-	0,00
1	168,056	0,589537	1,067792	1277	0,563383	1,73E-01	0,019629	168,056	0	-	0,00
1	167,4181	0,590269	1,084407	1293	0,568282	1,58E-01	0,019629	167,417	0	-	0,60
1	168,695	0,611596	1,110688	1309	0,582979	1,84E-01	0,019629	168,695	0	-	0,00
1	169,973	0,619291	1,133143	1325	0,592777	1,78E-01	0,019629	169,973	0	-	0,00
1	170,6131	0,626458	1,154551	1341	0,597676	1,87E-01	0,019629	170,612	0	-	0,60
1	170,612	0,633695	1,184484	1357	0,602575	1,95E-01	0,019629	170,612	0	-	0,00
1	169,973	0,641193	1,222862	1373	0,612373	1,90E-01	0,014722	169,973	0	-	0,00
1	172,529	0,650687	1,234176	1389	0,62217	1,90E-01	0,019629	172,529	0	-	0,00
1	172,53	0,663271	1,256306	1405	6,32E-01	2,01E-01	0,014722	172,529	0	-	0,60
1	173,807	0,667222	1,271283	1421	6,37E-01	1,98E-01	0,019629	173,807	0	-	0,00
1	173,168	0,679853	1,282597	1437	6,47E-01	2,09E-01	0,014722	173,168	0	-	0,00
1	174,446	0,687605	1,301044	1453	6,56E-01	2,04E-01	0,019629	174,446	0	-	0,00
1	173,807	0,693121	1,312358	1469	6,61E-01	2,06E-01	0,019629	173,807	0	-	0,00
1	171,251	0,70416	1,323671	1485	6,71E-01	2,12E-01	0,019629	171,251	0	-	0,00

1	174,447	0,70799	1,334236	1501	6,76E-01	2,09E-01	0,019629	174,446	0	0,60
1	175,724	0,719023	1,356691	1517	6,86E-01	2,15E-01	0,019629	175,724	0	0,00
1	176,363	0,721105	1,368005	1533	6,91E-01	2,06E-01	0,014722	176,363	0	0,00
1	173,169	0,735588	1,400538	1549	7,01E-01	2,23E-01	0,019629	173,168	0	0,60
1	177,641	0,746641	1,406195	1565	7,10E-01	2,29E-01	0,019629	177,641	0	0,00
1	177,002	0,755969	1,42165	1581	7,20E-01	0,229103	0,019629	177,002	0	0,00
1	177,641	0,77255	1,432963	1597	0,734847	0,237588	0,019629	177,641	0	0,00
1	173,168	0,768771	1,458888	1613	0,729948	0,240416	0,019629	173,168	0	0,00
1	178,919	0,777972	1,478709	1629	0,739746	2,40E-01	0,014722	178,919	0	0,00
										-
1	175,725	0,783613	1,500117	1645	0,744645	2,43E-01	0,019629	175,724	0	0,60
1	179,558	0,791213	1,517087	1661	0,754443	2,38E-01	0,019629	179,558	0	0,00
1	175,725	0,80576	1,543722	1677	0,764241	2,55E-01	0,019629	175,724	0	0,60
1	181,4749	0,815059	1,561009	1693	0,774039	2,55E-01	0,019629	181,475	0	0,00
										-
1	177,003	0,822388	1,580605	1709	0,778938	2,63E-01	0,019629	177,002	0	0,60
1	180,836	0,835436	1,600201	1725	0,793635	2,60E-01	0,019629	180,836	0	0,00
1	180,836	0,842758	1,617172	1741	0,798534	2,69E-01	0,019629	180,836	0	0,00
1	177,002	0,850281	1,628485	1757	0,808332	2,63E-01	0,019629	177,002	0	0,00
1	180,197	0,85375	1,643191	1773	0,808332	2,74E-01	0,014722	180,197	0	0,00
1	181,4749	0,868576	1,664302	1789	0,823029	2,77E-01	0,014722	181,475	0	0,00
1	178,919	0,872326	1,679757	1805	0,827928	2,74E-01	0,014722	178,919	0	0,00
1	184,0309	0,890861	1,692903	1821	0,842624	2,88E-01	0,019629	184,031	0	0,00
1	177,003	0,890766	1,728249	1837	0,842624	2,88E-01	0,014722	177,002	0	0,60
1	183,3919	0,900134	1,753014	1853	0,852422	2,88E-01	0,019629	183,392	0	0,00
										-
1	180,8369	0,911136	1,775286	1869	0,86222	2,94E-01	0,014722	180,836	0	0,60
										-
1	184,0319	0,913083	1,78585	1885	0,867119	2,86E-01	0,014722	184,031	0	0,60
1	182,7529	0,929792	1,816567	1901	0,881816	2,94E-01	0,019629	182,753	0	0,00
1	183,3919	0,931507	1,829713	1917	0,881816	3,00E-01	0,014722	183,392	0	0,00
1	182,1149	0,940877	1,839511	1933	0,891614	3,00E-01	0,019629	182,114	0	0,60
1	185,3089	0,964917	1,859385	1949	0,916109	3,03E-01	0,014722	185,309	0	0,00
1	175,085	0,959263	1,893852	1965	0,906311	3,14E-01	0,014722	175,085	0	0,00
										-
1	181,4759	0,970374	1,909307	1981	0,916109	3,20E-01	0,014722	181,475	0	0,60
1	185,9479	0,979715	1,920621	1997	0,925907	3,20E-01	0,019629	185,948	0	0,00
1	185,3089	0,992609	1,933766	2013	0,935705	3,31E-01	0,014722	185,309	0	0,00
1	185,3089	0,996378	1,950381	2029	0,940604	3,28E-01	0,019629	185,309	0	0,00
1	180,836	1,000081	1,970255	2045	0,945503	3,25E-01	0,019629	180,836	0	0,00
1	184,0309	1,011103	1,989058	2061	0,955301	3,31E-01	0,014722	184,031	0	0,00
1	187,2269	1,029735	2,004513	2077	0,969998	3,45E-01	0,019629	187,226	0	0,60
										-
1	186,5879	1,033329	2,016845	2093	0,974897	3,42E-01	0,014722	186,587	0	0,60
1	185,9479	1,044448	2,024334	2109	0,984695	3,48E-01	0,014722	185,948	0	0,00
1	187,8649	1,05001	2,035647	2125	0,989594	3,51E-01	0,014722	187,865	0	0,00
1	187,2259	1,055572	2,048793	2141	0,994493	3,54E-01	0,014722	187,226	0	0,00
1	184,0309	1,0667	2,06608	2157	1,004291	3,59E-01	0,014722	184,031	0	0,00

1	188,5039	1,07593	2,077393	2173	1,014089	3,59E-01	0,014722	188,504	0	0,00
1	182,7529	1,07969	2,096195	2189	1,018988	3,56E-01	0,019629	182,753	0	0,00
1	189,1429	1,096365	2,112811	2205	1,033685	3,65E-01	0,019629	189,143	0	0,00
1	184,0309	1,100106	2,128676	2221	1,033685	3,76E-01	0,014722	184,031	0	0,00
1	189,1429	1,11305	2,149788	2237	1,048382	3,73E-01	0,019629	189,143	0	0,00
1	188,5039	1,118614	2,173078	2253	1,053281	3,76E-01	0,019629	188,504	0	0,00
1	182,7529	1,124104	2,192899	2269	1,05818	3,79E-01	0,014722	182,753	0	0,00
1	187,2269	1,138895	2,198556	2285	1,072876	3,82E-01	0,014722	187,226	0	0,60
1	190,4218	1,144458	2,219179	2301	1,077775	3,85E-01	0,014722	190,421	0	0,60
1	186,5869	1,150023	2,239803	2317	1,082674	3,87E-01	0,014722	186,587	0	0,00
1	189,1439	1,1798	2,259399	2333	1,107169	4,07E-01	0,014722	189,143	0	0,60
1	185,3089	1,172239	2,29334	2349	1,10227	3,99E-01	0,009815	185,309	0	0,00
1	189,1429	1,175942	2,308318	2365	1,107169	3,96E-01	0,014722	189,143	0	0,00
1	187,2259	1,189	2,337712	2381	1,116967	4,07E-01	0,014722	187,226	0	0,00
1	191,0609	1,202102	2,348276	2397	1,126765	4,19E-01	0,014722	191,060	0	0,60
1	191,0609	1,209298	2,369683	2413	1,136563	4,13E-01	0,009815	191,060	0	0,60
1	190,4209	1,216865	2,3916	2429	1,141462	4,21E-01	0,014722	190,421	0	0,00
1	191,0599	1,227968	2,399088	2445	1,15126	4,27E-01	0,009815	191,060	0	0,00
1	190,4209	1,237207	2,412234	2461	1,161058	4,27E-01	0,014722	190,421	0	0,00
1	192,3379	1,248356	2,417891	2477	1,170856	4,33E-01	0,014722	192,338	0	0,00
1	185,3089	1,242733	2,434861	2493	1,165957	4,30E-01	0,009815	185,309	0	0,00
1	191,0599	1,261488	2,460786	2509	1,180654	4,44E-01	0,014722	191,060	0	0,00
1	192,3379	1,270663	2,482916	2525	1,190452	4,44E-01	0,014722	192,338	0	0,00
1	191,6998	1,277895	2,498371	2541	1,20025	4,38E-01	0,014722	191,699	0	0,60
1	189,1429	1,283467	2,513826	2557	1,205149	4,41E-01	0,014722	189,143	0	0,00
1	192,3388	1,296577	2,534449	2573	1,214947	4,53E-01	0,014722	192,338	0	0,60
1	189,7819	1,31531	2,540106	2589	1,229644	4,67E-01	0,014722	189,782	0	0,00
1	189,7819	1,31531	2,5703	2605	1,229644	4,67E-01	0,014722	189,782	0	0,00
1	186,5869	1,324474	2,585754	2621	1,239442	4,67E-01	0,014722	186,587	0	0,00
1	189,7819	1,332063	2,591411	2637	1,244341	4,75E-01	0,014722	189,782	0	0,00
1	193,6168	1,341221	2,606866	2653	1,254139	4,75E-01	0,014722	193,616	0	0,60
1	192,3388	1,352388	2,622321	2669	1,263937	4,81E-01	0,014722	192,338	0	0,60
1	193,6159	1,361549	2,642944	2685	1,273735	4,81E-01	0,014722	193,616	0	0,00
1	192,9769	1,369143	2,65609	2701	1,278634	4,89E-01	0,014722	192,977	0	0,00
1	190,4218	1,378298	2,669235	2717	1,288432	4,89E-01	0,014722	190,421	0	0,60
1	191,6998	1,385904	2,686206	2733	1,293331	4,98E-01	1,47E-02	191,699	0	0,60
1	193,6159	1,395008	2,701661	2749	1,303128	4,98E-01	9,81E-03	193,616	0	0,00
1	186,5869	1,395051	2,720108	2765	1,303128	0,497803	1,47E-02	186,587	0	0,00
1	192,3379	1,406224	2,737078	2781	1,312927	0,50346	1,47E-02	192,338	0	0,00
1	193,6159	1,417355	2,748392	2797	1,322724	0,509117	9,81E-03	193,616	0	0,00
1	194,2549	1,42096	2,768213	2813	1,327623	0,506289	1,47E-02	194,255	0	0,00
1	194,2549	1,439711	2,78318	2829	1,34232	0,520431	9,81E-03	194,255	0	0,00
1	189,7819	1,450934	2,805753	2845	1,352118	0,526088	1,47E-02	189,782	0	0,00

1	192,3379	1,452413	2,826864	2861	1,357017	0,517602	9,81E-03	192,338	0	0,00
1	195,5329	1,463626	2,848781	2877	1,366815	0,523259	1,47E-02	195,533	0	0,00
1	194,8939	1,474799	2,854438	2893	1,376613	0,528916	1,47E-02	194,894	0	0,00
1	194,2549	1,47278	2,865752	2909	1,376613	0,523259	1,47E-02	194,255	0	0,00
1	195,5329	1,491563	2,881207	2925	1,39131	0,537401	1,47E-02	195,533	0	0,00
1	195,5329	1,500707	2,898177	2941	1,40E+00	0,537401	0,014722	195,533	0	0,00
1	197,4499	1,528647	2,909491	2957	1,43E+00	0,551543	1,47E-02	197,450	0	0,00
1	179,558	1,515982	2,945211	2973	1,41E+00	0,554372	0,014722	179,558	0	0,00
1	187,2259	1,52717	2,958357	2989	1,420704	0,560029	0,014722	187,226	0	0,00
1	192,3388	1,536289	2,974972	3005	1,43E+00	0,560029	0,014722	192,338	0	0,60
1	195,5329	1,541882	2,980629	3021	1,44E+00	0,562857	0,014722	195,533	0	0,00
1	191,0609	1,548964	3,001252	3037	1,445199	0,5572	0,014722	191,060	0	0,60
1	194,2549	1,558664	3,022364	3053	1,45E+00	0,571342	1,47E-02	194,255	0	0,00
1	196,8109	1,578969	3,038979	3069	1,47E+00	0,576999	1,47E-02	196,811	0	0,00
1	194,8948	1,576911	3,065614	3085	1,469694	0,571342	1,47E-02	194,894	0	0,60
										-
1	196,8118	1,593685	3,081068	3101	1,48E+00	0,579828	1,47E-02	196,811	0	0,60
1	195,5329	1,591636	3,098039	3117	1,48E+00	0,574171	1,47E-02	195,533	0	0,00
1	194,8939	1,610464	3,114654	3133	1,499088	0,588313	1,47E-02	194,894	0	0,00
1	196,1719	1,608406	3,132643	3149	1,50E+00	0,582656	1,47E-02	196,172	0	0,00
1	192,9778	1,621651	3,153266	3165	1,51E+00	0,59397	1,47E-02	192,977	0	0,60
1	198,0889	1,630772	3,158923	3181	1,52E+00	0,59397	1,47E-02	198,089	0	0,00
1	194,8939	1,638436	3,181551	3197	1,52E+00	0,602455	0,014722	194,894	0	0,00
1	198,0889	1,656674	3,192864	3213	1,543179	0,602455	0,014722	198,089	0	0,00
1	193,6159	1,653145	3,217629	3229	1,54E+00	0,605283	0,014722	193,616	0	0,00
										-
1	198,0898	1,675525	3,228943	3245	1,557876	0,616597	1,47E-02	198,089	0	0,60
1	195,5329	1,669929	3,261671	3261	1,552976	0,613769	1,47E-02	195,533	0	0,00
1	197,4499	1,681121	3,280118	3277	1,562774	0,619426	1,47E-02	197,450	0	0,00
1	198,7278	1,688168	3,293264	3293	1,572572	0,613769	1,47E-02	198,728	0	0,00
1	200,0058	1,701423	3,318028	3309	1,58237	0,625082	1,47E-02	200,006	0	0,00
1	192,3379	1,707019	3,336017	3325	1,587269	0,627911	1,47E-02	192,338	0	0,00
1	198,7278	1,721727	3,356773	3341	1,601966	0,630739	1,47E-02	198,728	0	0,00
1	198,7278	1,723808	3,373744	3357	1,601966	0,636396	1,47E-02	198,728	0	0,00
1	188,5039	1,735002	3,39414	3373	1,611764	0,642053	1,47E-02	188,504	0	0,00
1	195,5329	1,746164	3,409594	3389	1,621562	0,64771	9,81E-03	195,533	0	0,00
1	198,7278	1,749704	3,424572	3405	1,626461	0,644881	1,47E-02	198,728	0	0,00
1	199,3669	1,765109	3,43206	3421	1,636259	0,661852	1,47E-02	199,367	0	0,00
1	199,3669	1,781916	3,453468	3437	1,650956	0,670337	1,47E-02	199,367	0	0,00
1	199,3669	1,781916	3,478232	3453	1,650956	0,670337	1,47E-02	199,367	0	0,00
1	191,0609	1,793123	3,510658	3469	1,660754	0,675994	1,47E-02	191,060	0	0,60
1	196,8109	1,804331	3,527628	3485	1,670552	0,681651	0,014722	196,811	0	0,00
1	199,3669	1,807803	3,538942	3501	1,675451	0,678823	0,014722	199,367	0	0,00
1	194,2549	1,819009	3,567226	3517	1,685249	0,684479	0,014722	194,255	0	0,00
1	197,4499	1,82809	3,584197	3533	1,695047	0,684479	0,014722	197,450	0	0,00
										-
1	200,0067	1,847028	3,59551	3549	1,709744	0,698622	0,014722	200,006	0	0,60

1	196,8118	1,841424	3,625705	3565	1,704845	0,695793	0,014722	196,811	0	0,60
1	200,6448	1,85398	3,64116	3581	1,719542	0,692965	0,014722	200,645	0	0,00
1	196,1728	1,861673	3,652473	3597	1,724441	0,70145	0,009815	196,172	0	0,60
										-
1	201,2847	1,86867	3,672294	3613	1,734239	0,695793	0,014722	201,284	0	0,60
1	196,8109	1,870784	3,703204	3629	1,734239	0,70145	0,014722	196,811	0	0,00
1	201,2838	1,894563	3,729484	3645	1,758734	0,704278	0,014722	201,284	0	0,00
1	194,2549	1,891072	3,759418	3661	1,753835	0,707107	0,014722	194,255	0	0,00
1	200,6457	1,902274	3,780529	3677	1,763633	0,712764	0,014722	200,645	0	0,60
1	198,0889	1,905762	3,801153	3693	1,768532	0,709935	0,014722	198,089	0	0,00
1	201,2838	1,924684	3,827433	3709	1,783229	0,724077	0,014722	201,284	0	0,00
1	201,2838	1,935891	3,842888	3725	1,793026	0,729734	0,014722	201,284	0	0,00
1	203,2008	1,943636	3,848545	3741	1,797925	0,73822	0,014722	203,201	0	0,00
1	197,4499	1,947068	3,865831	3757	1,802824	0,735391	0,009815	197,450	0	0,00
1	201,9228	1,956174	3,878977	3773	1,812622	0,735391	0,014722	201,923	0	0,00
1	202,5618	1,961746	3,895592	3789	1,817521	0,73822	0,009815	202,562	0	0,00
1	201,9228	1,980699	3,917	3805	1,832218	0,752362	0,009815	201,923	0	0,00
1	201,2838	1,986336	3,930145	3821	1,837117	0,75519	0,014722	201,284	0	0,00
1	194,2549	1,99968	3,940709	3837	1,846915	0,766504	0,009815	194,255	0	0,00
1	198,0889	2,000976	3,963948	3853	1,851814	0,758019	0,009815	198,089	0	0,00
1	203,2008	2,010047	3,978926	3869	1,861612	0,758019	0,009815	203,201	0	0,00
1	201,9228	2,026889	4,002165	3885	1,876309	0,766504	0,014722	201,923	0	0,00
1	202,5618	2,029035	4,019136	3901	1,876309	0,772161	0,014722	202,562	0	0,00
1	200,0058	2,042413	4,03459	3917	1,886107	0,783474	0,014722	200,006	0	0,00
1	203,2008	2,043675	4,051561	3933	1,891006	0,774989	0,009815	203,201	0	0,00
1	194,2549	2,054887	4,080028	3949	1,900804	0,780646	0,009815	194,255	0	0,00
1	199,3678	2,070432	4,098475	3965	1,910602	0,797617	0,009815	199,367	0	0,60
1	203,2017	2,077343	4,126557	3981	1,9204	0,79196	0,014722	203,201	0	0,60
1	198,7278	2,085086	4,152837	3997	1,925299	0,800445	0,009815	198,728	0	0,00
										-
1	201,2847	2,090724	4,167815	4013	1,930198	0,803273	0,014722	201,284	0	0,60
1	203,2008	2,107526	4,188571	4029	1,944895	0,811759	0,009815	203,201	0	0,00
1	202,5618	2,110962	4,220499	4045	1,949794	0,80893	0,009815	202,562	0	0,00
										-
1	196,1728	2,125623	4,238945	4061	1,964491	0,811759	0,009815	196,172	0	0,60
										-
1	196,1728	2,125623	4,266409	4077	1,964491	0,811759	0,009815	196,172	0	0,60
1	201,9228	2,133399	4,287165	4093	1,96939	0,820244	0,009815	201,923	0	0,00
1	204,4788	2,140288	4,30303	4109	1,979188	0,814587	0,009815	204,479	0	0,00
1	200,6448	2,151502	4,32749	4125	1,988986	0,820244	0,009815	200,645	0	0,00
1	204,4788	2,159274	4,333147	4141	1,993885	0,828729	0,009815	204,479	0	0,00
1	195,5329	2,168325	4,352742	4157	2,003683	0,828729	0,009815	195,533	0	0,00
										-
1	201,9237	2,181713	4,358399	4173	2,013481	0,840043	0,009815	201,923	0	0,60
1	203,2008	2,196368	4,379511	4189	2,028177	0,842871	0,009815	203,201	0	0,00
1	202,5618	2,196395	4,405563	4205	2,028177	0,842871	0,014722	202,562	0	0,00
1	205,1178	2,205446	4,424366	4221	2,037976	0,842871	0,014722	205,118	0	0,00
1	203,8398	2,213224	4,440981	4237	2,042874	0,851357	0,014722	203,840	0	0,00

1	204,4788	2,231324	4,451545	4253	2,06247	0,851357	0,014722	204,479	0	0,00
1	201,2838	2,22788	4,477825	4269	2,057571	0,854185	0,014722	201,284	0	0,00
1	205,1178	2,242513	4,497421	4285	2,072268	0,857013	0,009815	205,118	0	0,00
1	204,4788	2,248148	4,519551	4301	2,077167	0,859842	0,014722	204,479	0	0,00
1	204,4788	2,261538	4,532696	4317	2,086965	0,871156	0,014722	204,479	0	0,00
1	205,1178	2,264973	4,54401	4333	2,091864	0,868327	0,014722	205,118	0	0,00
1	205,1178	2,276192	4,559465	4349	2,101662	0,873984	0,014722	205,118	0	0,00
1	205,1178	2,285241	4,57261	4365	2,11146	0,873984	0,014722	205,118	0	0,00
1	205,7568	2,298631	4,591057	4381	2,121258	0,885298	0,014722	205,757	0	0,00
1	203,2008	2,298631	4,606035	4397	2,121258	0,885298	0,014722	203,201	0	0,00
1	200,6448	2,312014	4,625855	4413	2,131056	0,896611	0,009815	200,645	0	0,00
1	205,1178	2,321074	4,64131	4429	2,140854	0,896611	0,014722	205,118	0	0,00
1	205,7568	2,335699	4,668018	4445	2,155551	0,89944	0,009815	205,757	0	0,00
1	205,1178	2,340079	4,683473	4461	2,155551	0,910754	0,009815	205,118	0	0,00
1	196,8109	2,351306	4,714249	4477	2,165349	0,91641	0,009815	196,811	0	0,00
1	200,0058	2,354719	4,736522	4493	2,170248	0,913582	0,009815	200,006	0	0,00
1	205,1178	2,363753	4,756117	4509	2,180046	0,913582	0,009815	205,118	0	0,00
1	201,2838	2,377171	4,777228	4525	2,189844	0,924896	0,009815	201,284	0	0,00
1	203,8398	2,382785	4,788542	4541	2,194743	0,927724	0,009815	203,840	0	0,00
1	206,3958	2,414264	4,803997	4557	2,224137	0,939038	0,009815	206,396	0	0,00
1	197,4499	2,397425	4,849251	4573	2,20944	0,930553	0,009815	197,450	0	0,00
1	204,4788	2,410856	4,864218	4589	2,219238	0,941866	0,009815	204,479	0	0,00
1	207,6738	2,419863	4,879185	4605	2,229036	0,941866	0,004907	207,674	0	0,00
1	206,3958	2,431105	4,902424	4621	2,238834	0,947523	0,009815	206,396	0	0,00
1	204,4788	2,442333	4,908082	4637	2,248631	0,95318	0,009815	204,479	0	0,00
1	203,8398	2,442333	4,919395	4653	2,248631	0,95318	0,009815	203,840	0	0,00
1	200,6448	2,459177	4,929193	4669	2,263329	0,961665	0,009815	200,645	0	0,00
1	203,2008	2,462584	4,938991	4685	2,27E+00	0,958837	0,009815	203,201	0	0,00
1	207,6738	2,469423	4,955961	4701	2,278025	0,95318	0,009815	207,674	0	0,00
1	206,3958	2,487254	4,972932	4717	2,29E+00	0,975807	0,009815	206,396	0	0,00
1	202,5618	2,49287	5,004641	4733	2,29E+00	0,978636	0,009815	202,562	0	0,00
1	208,3128	2,499677	5,021256	4749	2,30252	0,972979	0,009815	208,313	0	0,00
1	207,6738	2,522132	5,034402	4765	2,32E+00	0,984293	0,009815	207,674	0	0,00
1	205,1178	2,516518	5,062685	4781	2,317217	0,981464	0,009815	205,118	0	0,00
1	203,8398	2,529961	5,073999	4797	2,33E+00	0,992778	0,009815	203,840	0	0,00
1	208,3128	2,533362	5,083797	4813	2,33E+00	0,98995	0,009815	208,313	0	0,00
1	207,6738	2,544591	5,099252	4829	2,34E+00	0,995606	0,009815	207,674	0	0,00
1	205,7568	2,547997	5,119875	4845	2,346611	0,992778	0,009815	205,757	0	0,00
1	207,0357	2,557024	5,13533	4861	2,36E+00	0,992778	0,009815	207,035	0	0,60
1	207,6738	2,570454	5,145128	4877	2,37E+00	1,004092	0,009815	207,674	0	0,00
1	207,0348	2,566056	5,150784	4893	2,37E+00	0,992778	0,009815	207,035	0	0,00
1	208,9518	2,58509	5,186756	4909	2,38E+00	1,00692	0,009815	208,952	0	0,00
1	207,6738	2,592914	5,203727	4925	2,385803	1,015405	0,009815	207,674	0	0,00
										-
1	207,0357	2,622182	5,21504	4941	2,42E+00	1,021062	0,009815	207,035	0	0,60
1	201,9228	2,610955	5,255929	4957	2,41E+00	1,015405	0,009815	201,923	0	0,00
1	204,4788	2,618775	5,280694	4973	2,41E+00	1,023891	0,009815	204,479	0	0,00

1	209,5908	2,627796	5,292007	4989	2,420096	1,023891	0,009815	209,591	0	0,00
1	201,2838	2,641236	5,320292	5005	2,429894	1,035204	0,009815	201,284	0	0,00
1	205,1178	2,642435	5,335747	5021	2,434793	1,026719	0,009815	205,118	0	0,00
1	209,5908	2,6637	5,356858	5037	2,44949	1,046518	0,009815	209,591	0	0,00
1	203,8398	2,6637	5,377482	5053	2,44949	1,046518	0,009815	203,840	0	0,00
1	210,2298	2,676117	5,388795	5069	2,464187	1,04369	0,009815	210,230	0	0,00
1	207,0348	2,683943	5,408391	5085	2,469086	1,052175	0,009815	207,035	0	0,00
1	209,5908	2,69296	5,414048	5101	2,478884	1,052175	0,009815	209,591	0	0,00
1	205,1178	2,698561	5,436676	5117	2,483783	1,055003	0,004907	205,118	0	0,00
1	210,2306	2,71542	5,451653	5133	2,49848	1,063489	0,009815	210,230	0	0,60
1	205,1178	2,71764	5,468624	5149	2,49848	1,069146	0,009815	205,118	0	0,00
1	210,2298	2,724438	5,479937	5165	2,508278	1,063489	0,009815	210,230	0	0,00
1	209,5908	2,743499	5,50519	5181	2,522974	1,077631	0,009815	209,591	0	0,00
1	208,9518	2,741268	5,510847	5197	2,522974	1,071974	0,004907	208,952	0	0,00
1	194,8939	2,7592	5,555753	5213	2,532773	1,094601	0,009815	194,894	0	0,00
1	201,9228	2,763742	5,586308	5229	2,54257	1,083288	0,009815	201,923	0	0,00
1	203,8398	2,771582	5,599453	5245	2,547469	1,091773	0,009815	203,840	0	0,00
1	208,9518	2,780577	5,616424	5261	2,557267	1,091773	0,004907	208,952	0	0,00
1	210,2298	2,795219	5,631402	5277	2,571964	1,094601	0,009815	210,230	0	0,00
1	210,8688	2,793008	5,646856	5293	2,57E+00	1,088944	0,009815	210,869	0	0,00
1	205,1178	2,808659	5,686987	5309	2,58E+00	1,105915	0,004907	205,118	0	0,00
1	208,3128	2,814289	5,703207	5325	2,59E+00	1,108743	0,009815	208,313	0	0,00
1	210,8688	2,840147	5,718662	5341	2,61E+00	1,117229	0,009815	210,869	0	0,00
1	205,7568	2,826696	5,755898	5357	2,60E+00	1,105915	0,009815	205,757	0	0,00
1	210,8688	2,837926	5,771353	5373	2,611156	1,111572	0,009815	210,869	0	0,00
1	206,3958	2,85138	5,797988	5389	2,62E+00	1,122886	0,009815	206,396	0	0,00
1	209,5908	2,862614	5,805477	5405	2,630752	1,128542	0,009815	209,591	0	0,00
1	210,8688	2,868232	5,822447	5421	2,635651	1,131371	0,009815	210,869	0	0,00
1	205,7568	2,879467	5,849216	5437	2,65E+00	1,137028	0,009815	205,757	0	0,00
1	210,2298	2,887324	5,860529	5453	2,650348	1,145513	0,009815	210,230	0	0,00
1	210,8688	2,899705	5,875983	5469	2,67E+00	1,142685	0,009815	210,869	0	0,00
1	207,6738	2,905322	5,887297	5485	2,67E+00	1,145513	0,009815	207,674	0	0,00
1	210,8688	2,910939	5,892954	5501	2,67E+00	1,148341	0,009815	210,869	0	0,00
1	210,2298	2,916557	5,917719	5517	2,679742	1,15117	0,009815	210,230	0	0,00
1	212,1468	2,923341	5,942484	5533	2,68954	1,145513	0,009815	212,147	0	0,00
1	211,5078	2,936795	5,965111	5549	2,699338	1,156827	0,009815	211,508	0	0,00
1	211,5078	2,950265	5,986223	5565	2,709136	1,16814	0,009815	211,508	0	0,00
1	211,5078	2,959265	5,997537	5581	2,718934	1,16814	0,009815	211,508	0	0,00
1	206,3958	2,96487	6,012991	5597	2,723833	1,170969	0,004907	206,396	0	0,00
1	212,1468	2,973886	6,027969	5613	2,733631	1,170969	0,009815	212,147	0	0,00
1	207,0348	2,977279	6,044939	5629	2,738529	1,16814	0,009815	207,035	0	0,00
1	212,1468	2,996355	6,069704	5645	2,753227	1,182283	0,009815	212,147	0	0,00
1	208,3128	2,99858	6,079502	5661	2,753227	1,187939	0,004907	208,313	0	0,00
1	212,1468	3,019987	6,101957	5677	2,777721	1,185111	0,009815	212,147	0	0,00
1	210,8688	3,016594	6,136069	5693	2,772823	1,187939	0,009815	210,869	0	0,00
1	212,1468	3,035669	6,149215	5709	2,787519	1,202082	0,004907	212,147	0	0,00

1	210,2298	3,033446	6,169873	5725	2,787519	1,196425	0,009815	210,230	0	0,00
1	210,2298	3,050298	6,187861	5741	2,802216	1,20491	0,009815	210,230	0	0,00
1	208,9518	3,048068	6,19535	5757	2,802216	1,199253	0,009815	208,952	0	0,00
1	208,9527	3,078377	6,206664	5773	2,826711	1,219052	0,004907	208,952	0	0,60
1	207,0348	3,070536	6,245379	5789	2,821812	1,210567	0,009815	207,035	0	0,00
1	211,5078	3,078389	6,260834	5805	2,826711	1,219052	0,009815	211,508	0	0,00
1	212,7858	3,093006	6,270632	5821	2,841408	1,22188	0,009815	212,786	0	0,00
1	209,5908	3,092995	6,281196	5837	2,841408	1,22188	0,004907	209,591	0	0,00
1	212,7858	3,117722	6,29251	5853	2,861004	1,238851	0,009815	212,786	0	0,00
1	214,0646	3,117722	6,313917	5869	2,861004	1,238851	0,009815	214,064	0	0,60
1	209,5916	3,128962	6,331906	5885	2,870802	1,244508	0,009815	209,591	0	0,60
1	213,4248	3,134581	6,344302	5901	2,875701	1,247336	0,009815	213,425	0	0,00
1	210,2298	3,145822	6,365057	5917	2,885499	1,252993	0,009815	210,230	0	0,00
1	212,7858	3,14695	6,378203	5933	2,890398	1,244508	0,009815	212,786	0	0,00
1	207,0348	3,162682	6,407506	5949	2,900196	1,261479	0,009815	207,035	0	0,00
1	212,7858	3,17167	6,427101	5965	2,909994	1,261479	0,009815	212,786	0	0,00
1	213,4248	3,18404	6,442556	5981	2,924691	1,25865	0,009815	213,425	0	0,00
1	211,5078	3,18628	6,465183	5997	2,924691	1,264307	0,009815	211,508	0	0,00
1	214,0638	3,203138	6,480638	6013	2,939388	1,272792	0,009815	214,064	0	0,00
1	210,8688	3,203138	6,501261	6029	2,939388	1,272792	0,009815	210,869	0	0,00
1	208,3128	3,216632	6,517876	6045	2,949186	1,284106	0,009815	208,313	0	0,00
1	211,5078	3,219986	6,535865	6061	2,954085	1,281277	0,004907	211,508	0	0,00
1	207,0348	3,231238	6,559104	6077	2,963883	1,286934	0,009815	207,035	0	0,00
1	212,7858	3,240216	6,574559	6093	2,973681	1,286934	0,004907	212,786	0	0,00
1	214,0638	3,257086	6,593005	6109	2,988377	1,29542	0,009815	214,064	0	0,00
1	214,7028	3,25484	6,60846	6125	2,988377	1,289763	0,009815	214,703	0	0,00
1	214,7028	3,268315	6,623915	6141	2,998176	1,301077	0,004907	214,703	0	0,00
1	210,8688	3,271686	6,649463	6157	3,003074	1,298248	0,004907	210,869	0	0,00
1	214,0638	3,282935	6,670871	6173	3,012872	1,303905	0,009815	214,064	0	0,00
1	214,7028	3,294174	6,676528	6189	3,022671	1,309562	0,009815	214,703	0	0,00
1	211,5078	3,299783	6,69533	6205	3,027569	1,31239	0,004907	211,508	0	0,00
1	214,0638	3,316654	6,705128	6221	3,042266	1,320876	0,009815	214,064	0	0,00
1	212,7858	3,314405	6,716086	6237	3,042266	1,315219	0,009815	212,786	0	0,00
1	214,7036	3,329008	6,731541	6253	3,056963	1,318047	0,004907	214,703	0	0,60
1	213,4248	3,339135	6,749988	6269	3,061862	1,332189	0,009815	213,425	0	0,00
1	214,7028	3,351483	6,755644	6285	3,076559	1,329361	0,004907	214,703	0	0,00
1	215,3418	3,351494	6,777052	6301	3,076559	1,329361	0,009815	215,342	0	0,00
1	214,0638	3,362732	6,790197	6317	3,086357	1,335018	0,009815	214,064	0	0,00
1	214,0638	3,370592	6,805652	6333	3,091256	1,343503	0,004907	214,064	0	0,00
1	214,7028	3,379591	6,82063	6349	3,101054	1,343503	0,009815	214,703	0	0,00
1	214,7036	3,38521	6,831943	6365	3,105953	1,346331	0,009815	214,703	0	0,60
1	215,3426	3,391962	6,843256	6381	3,115751	1,340674	0,009815	215,342	0	0,60
1	214,7028	3,40768	6,868805	6397	3,125549	1,357645	0,004907	214,703	0	0,00
1	214,7028	3,414425	6,880119	6413	3,135347	1,351988	0,004907	214,703	0	0,00
1	214,7028	3,433527	6,90123	6429	3,150044	1,36613	0,004907	214,703	0	0,00
1	211,5078	3,425662	6,921854	6445	3,145145	1,357645	0,004907	211,508	0	0,00

1	215,3418	3,448138	6,942477	6461	3,164741	1,368959	0,004907	215,342	0	0,00
1	214,7036	3,450388	6,952275	6477	3,164741	1,374616	0,004907	214,703	0	0,60
1	214,7028	3,450388	6,96542	6493	3,164741	1,374616	0,004907	214,703	0	0,00
1	217,8977	3,451514	6,972909	6509	3,16964	1,36613	0,004907	217,898	0	0,00
1	178,919	3,424541	6,99402	6529	3,140246	1,36613	0,004907	178,919	0	0,00
1	141,2182	3,349273	7,060275	6545	3,066761	1,346331	0	141,218	0	0,00
1	106,7191	3,279673	7,132916	6561	2,998176	1,329361	0	106,712	0	1,20
1	75,40395	3,205511	7,205204	6577	2,92959	1,301077	0	75,402	0	0,60
1	47,92848	3,147224	7,277846	6593	2,870802	1,289763	-0,00491	47,925	0	0,60
1	27,48339	3,084328	7,34212	6609	2,812014	1,267135	-0,00491	27,477	0	-
1	17,9321	3,053884	7,392449	6625	2,787519	1,247336	-0,00981	17,892	0	-
1	17,26333	3,056187	7,415689	6641	2,787519	1,252993	-0,00491	17,253	0	-
1	12,9061	3,046431	7,438345	6657	2,772823	1,261479	-0,02944	12,780	0	-
1	2,207725	3,01553	7,546077	6673	2,733631	1,267135	-0,12268	1,278	0	1,80
1	2,207725	3,004075	7,579949	6689	2,723833	1,261479	-0,11778	1,278	0	1,80
1	2,207725	2,999341	7,595404	6705	2,723833	1,250165	-0,11778	1,278	0	1,80
1	1,910262	3,001703	7,606717	6716	2,723833	1,255822	-0,11778	0,639	0	1,80

2. $\Theta_1 = 2\%$ излом 135° (ANT 30)

R=	15,51	h=	1,049							
	G MPa	$\Theta\%$	S %	Time	$\Theta_1\%$	$\Theta_2\%$	$\Theta_3\%$	S1 MPa	S2 MPa	S3 MPa
1	4,76	2,94E-02	0	72	0,0147	-0,0255	0,0000	4,23	0,00	2,19
1	19,94	3,15E-02	4,44E-02	134	0,0294	-0,0113	0,0000	19,55	0,31	3,93
1	41,11	6,32E-02	0,069125	180	0,0588	-0,0226	-0,0049	39,75	0,31	10,49
1	59,56	8,03E-02	0,107074	211	0,0784	-0,0170	-0,0049	56,66	0,31	18,36
1	66,35	9,65E-02	0,118388	224	0,0931	-0,0255	0,0000	62,94	0,00	20,98
1	71,05	9,94E-02	0,139795	240	0,0980	-0,0170	0,0000	67,46	0,31	22,30
1	76,42	0,111427	0,160419	256	0,1078	-0,0283	0,0000	73,10	0,31	22,30
1	80,32	0,118794	0,181042	272	0,1176	-0,0170	0,0000	77,03	0,00	22,73
1	83,02	0,123288	0,186699	288	0,1225	-0,0141	0,0000	79,85	0,00	22,73
1	86,81	0,138304	0,202154	304	0,1372	-0,0170	-0,0049	83,90	0,31	22,30
1	90,10	0,139025	0,217131	320	0,1372	-0,0226	0,0000	87,19	0,31	22,73
1	91,71	0,147946	0,232586	336	0,1470	-0,0170	0,0000	89,07	0,31	21,86
1	96,64	0,162284	0,2439	358	0,1617	-0,0141	0,0000	94,23	0,31	21,42
1	101,13	0,181461	0,259355	374	0,1813	-0,0085	0,0000	98,93	0,31	20,98
1	105,10	0,191583	0,279978	390	0,1911	-0,0141	0,0000	103,16	0,31	20,11
1	109,09	0,215629	0,295433	406	0,2156	-0,0057	0,0000	107,38	0,31	19,24
1	111,72	0,231102	0,31806	422	0,2303	-0,0198	0,0000	110,20	0,31	18,36
1	114,61	0,2402	0,354627	438	0,2401	-0,0085	0,0000	113,20	0,00	17,92
1	118,88	0,260031	0,371597	454	0,2596	-0,0141	0,0000	117,72	0,31	16,61

1	120,57	0,284141	0,401531	470	0,2841	0,0000	0,0000	119,60	0,31	15,30
1	121,97	0,289054	0,426783	486	0,2890	0,0028	0,0000	121,01	0,31	15,30
1	125,13	0,303789	0,446379	502	0,3037	0,0057	0,0000	124,29	0,31	14,43
1	127,41	0,328573	0,467003	518	0,3282	0,0141	0,0049	126,64	0,31	13,99
1	128,25	0,338136	0,495086	534	0,3380	0,0085	0,0000	127,58	0,31	13,11
1	129,57	0,353452	0,516197	550	0,3527	0,0226	0,0000	128,99	0,31	12,24
1	130,93	0,367957	0,540962	566	0,3674	0,0198	0,0000	130,40	0,31	11,80
1	133,70	0,387526	0,561585	582	0,3870	0,0198	0,0000	133,22	0,31	11,37
1	134,13	0,406891	0,582209	598	0,4066	0,0141	0,0049	133,69	0,31	10,93
1	135,04	0,422289	0,622611	614	0,4213	0,0283	0,0049	134,63	0,31	10,49
1	135,21	0,442213	0,637588	630	0,4409	0,0339	0,0000	134,80	0,00	10,49
1	139,22	0,452442	0,664673	646	0,4507	0,0396	0,0000	138,85	0,31	10,05
1	139,66	0,466442	0,691737	662	0,4654	0,0311	0,0000	139,32	0,31	9,62
1	141,09	0,486416	0,712361	678	0,4850	0,0368	0,0049	140,73	0,31	10,05
1	142,47	0,501262	0,730808	694	0,4997	0,0396	0,0000	142,14	0,31	9,62
1	142,91	0,517192	0,755572	710	0,5144	0,0537	0,0000	142,61	0,31	9,18
1	142,50	0,532105	0,781853	726	0,5291	0,0566	0,0000	142,14	0,31	10,05
1	145,25	0,551616	0,802476	742	0,5487	0,0566	-0,0049	144,96	0,31	9,18
1	146,22	0,562594	0,820923	758	0,5585	0,0679	0,0000	145,90	0,31	9,62
1	146,74	0,5835	0,841547	774	0,5781	0,0792	-0,0049	146,37	0,31	10,49
1	146,39	0,597676	0,864837	790	0,5928	0,0764	0,0000	146,08	0,00	9,62
1	145,91	0,617841	0,893121	806	0,6124	0,0820	0,0000	145,43	0,31	11,80
1	148,21	0,645873	0,910092	822	0,6369	0,1075	0,0000	147,78	0,31	11,37
1	149,69	0,655536	0,946063	838	0,6467	0,1075	0,0000	149,19	0,31	12,24
1	150,06	0,677785	0,966687	854	0,6663	0,1245	0,0000	149,66	0,31	10,93
1	151,53	0,693813	0,999112	870	0,6810	0,1329	0,0000	151,07	0,31	11,80
1	152,50	0,703432	1,030692	886	0,6908	0,1329	0,0000	152,01	0,31	12,24
1	151,63	0,719489	1,053319	902	0,7055	0,1414	0,0000	151,07	0,31	13,11
1	152,50	0,742148	1,07029	918	0,7250	0,1584	0,0000	152,01	0,31	12,24
1	153,43	0,763738	1,080088	934	0,7446	0,1697	0,0000	152,94	0,31	12,24
1	153,87	0,778696	1,108372	950	0,7593	0,1725	0,0000	153,41	0,31	11,80
1	154,80	0,801658	1,125343	966	0,7789	0,1895	0,0000	154,35	0,31	11,80
1	156,71	0,811182	1,156923	982	0,7887	0,1895	0,0000	156,23	0,31	12,24
1	155,34	0,82884	1,17955	998	0,8034	0,2036	0,0000	154,82	0,31	12,68
1	155,31	0,847863	1,204315	1014	0,8230	0,2036	0,0049	154,82	0,31	12,24
1	156,21	0,858725	1,226781	1030	0,8328	0,2093	0,0000	155,76	0,31	11,80
1	157,61	0,881957	1,251284	1046	0,8524	0,2263	-0,0049	157,17	0,31	11,80
1	157,58	0,903805	1,269731	1062	0,8720	0,2376	0,0000	157,17	0,31	11,37
1	158,55	0,91475	1,286702	1078	0,8818	0,2432	0,0000	158,11	0,31	11,80
1	159,52	0,935145	1,310348	1094	0,9014	0,2489	0,0000	159,05	0,31	12,24
1	158,05	0,950078	1,336273	1110	0,9161	0,2517	-0,0049	157,64	0,31	11,37
1	158,52	0,964108	1,372372	1126	0,9259	0,2687	0,0000	158,11	0,31	11,37
1	159,46	0,997112	1,395	1142	0,9553	0,2857	0,0049	159,05	0,31	11,37
1	159,87	1,013619	1,423624	1158	0,9700	0,2942	0,0000	159,52	0,31	10,49
1	162,27	1,024652	1,459345	1174	0,9798	0,2998	0,0049	161,87	0,31	11,37
1	159,89	1,041184	1,496074	1190	0,9945	0,3083	0,0000	159,52	0,31	10,93
1	157,58	1,057741	1,524358	1206	1,0092	0,3168	0,0000	157,17	0,31	11,37

1	162,21	1,078132	1,541329	1222	1,0288	0,3224	0,0000	161,87	0,31	10,49
1	162,18	1,0947	1,560924	1238	1,0435	0,3309	0,0000	161,87	0,31	10,05
1	159,87	1,105752	1,591701	1254	1,0533	0,3366	0,0000	159,52	0,31	10,49
1	162,65	1,129956	1,623055	1270	1,0778	0,3394	0,0000	162,34	0,31	10,05
1	164,08	1,150012	1,64551	1286	1,0925	0,3592	0,0000	163,75	0,31	10,49
1	162,65	1,164859	1,671368	1302	1,1072	0,3620	0,0000	162,34	0,31	10,05
1	162,65	1,18147	1,697648	1318	1,1219	0,3705	0,0000	162,34	0,31	10,05
1	163,56	1,207271	1,716451	1334	1,1415	0,3932	0,0000	163,28	0,31	9,62
1	164,03	1,223935	1,747249	1350	1,1562	0,4016	0,0000	163,75	0,31	9,62
1	164,01	1,244312	1,773174	1366	1,1758	0,4073	0,0049	163,75	0,31	9,18
1	164,90	1,279547	1,801059	1382	1,2051	0,4299	-0,0049	164,69	0,31	8,31
1	161,14	1,272098	1,851103	1398	1,2003	0,4214	-0,0049	160,93	0,31	8,31
1	164,90	1,301811	1,870924	1414	1,2247	0,4412	-0,0049	164,69	0,31	8,31
1	165,52	1,309131	1,902861	1430	1,2345	0,4356	0,0000	165,33	0,00	7,87
1	166,33	1,32965	1,928718	1446	1,2492	0,4554	0,0000	166,10	0,31	8,74
1	165,88	1,348077	1,951174	1462	1,2688	0,4554	0,0000	165,63	0,31	9,18
1	167,49	1,362868	1,969163	1478	1,2835	0,4582	0,0000	167,21	0,00	9,62
1	164,50	1,385407	2,001793	1494	1,2982	0,4837	0,0049	164,22	0,31	9,62
1	166,35	1,40016	2,030787	1510	1,3129	0,4865	0,0000	166,10	0,31	9,18
1	166,77	1,426077	2,05141	1526	1,3374	0,4950	0,0000	166,57	0,31	8,31
1	162,06	1,439211	2,083702	1542	1,3472	0,5063	0,0000	161,87	0,31	7,87
1	168,63	1,461539	2,096847	1558	1,3668	0,5176	0,0000	168,44	0,31	7,87
1	166,73	1,468725	2,13221	1574	1,3766	0,5119	0,0000	166,57	0,31	7,43
1	166,71	1,489462	2,166666	1590	1,3913	0,5317	0,0000	166,57	0,31	6,99
1	165,76	1,507782	2,181633	1606	1,4109	0,5317	0,0000	165,63	0,31	6,56
1	168,10	1,528576	2,207557	1622	1,4256	0,5515	0,0000	167,98	0,31	6,56
1	168,57	1,550946	2,234622	1638	1,4452	0,5629	-0,0049	168,44	0,31	6,56
1	169,21	1,567714	2,267155	1654	1,4599	0,5713	0,0000	168,91	0,31	10,05
1	168,28	1,578364	2,287778	1670	1,4746	0,5629	0,0000	167,98	0,31	10,05
1	162,57	1,606875	2,328486	1686	1,4942	0,5911	0,0000	162,34	0,31	8,74
1	167,24	1,625763	2,341632	1702	1,5089	0,6053	0,0000	167,04	0,31	8,31
1	166,77	1,638377	2,38174	1718	1,5236	0,6025	-0,0049	166,57	0,31	8,31
1	169,59	1,662856	2,403656	1734	1,5432	0,6194	0,0000	169,38	0,31	8,31
1	171,44	1,674056	2,426283	1750	1,5530	0,6251	0,0000	171,26	0,31	7,87
1	162,02	1,690867	2,456477	1766	1,5677	0,6336	0,0049	161,87	0,31	6,99
1	171,88	1,713271	2,479717	1782	1,5873	0,6449	0,0000	171,73	0,31	6,99
1	170,45	1,733556	2,505265	1798	1,6069	0,6505	0,0000	170,32	0,31	6,56
1	169,96	1,746904	2,527395	1814	1,6167	0,6619	0,0049	169,85	0,31	6,12
1	170,60	1,77709	2,550635	1830	1,6412	0,6817	0,0000	170,50	0,00	5,68
1	171,83	1,793925	2,575094	1846	1,6559	0,6901	-0,0049	171,73	0,31	5,68
1	170,51	1,799529	2,595717	1862	1,6608	0,6930	0,0000	170,32	0,31	7,87
1	166,29	1,821972	2,628347	1878	1,6804	0,7043	0,0000	165,63	0,31	14,86
1	171,80	1,840061	2,655411	1894	1,6999	0,7043	0,0000	171,26	0,31	13,55
1	170,76	1,864678	2,676523	1910	1,7195	0,7212	0,0000	170,32	0,31	12,24
1	168,30	1,881514	2,703608	1926	1,7342	0,7297	0,0000	167,98	0,31	10,49
1	172,50	1,898353	2,730672	1942	1,7489	0,7382	0,0000	172,20	0,31	10,05
1	171,53	1,913002	2,762819	1958	1,7636	0,7410	0,0049	171,26	0,31	9,62

1	171,02	1,93326	2,781621	1974	1,7832	0,7467	-0,0049	170,79	0,31	8,74
1	172,40	1,950089	2,810615	1990	1,7979	0,7552	0,0000	172,20	0,31	8,31
1	172,34	1,974745	2,832022	2006	1,8175	0,7722	0,0000	172,20	0,31	6,99
1	173,28	1,991596	2,852418	2022	1,8322	0,7806	0,0049	173,14	0,31	6,99
1	171,41	1,999438	2,877573	2038	1,8371	0,7891	0,0049	171,26	0,31	6,99
1	166,70	2,015246	2,921782	2054	1,8567	0,7835	0,0000	166,57	0,31	6,56
1	174,21	2,049999	2,960974	2070	1,8812	0,8146	0,0000	174,08	0,31	6,56
1	171,86	2,055619	2,987026	2086	1,8861	0,8174	0,0000	171,73	0,31	6,56
1	166,86	2,075855	3,02132	2102	1,9057	0,8231	-0,0049	166,74	0,00	6,12
1	174,67	2,094961	3,048619	2118	1,9204	0,8372	0,0000	174,55	0,31	6,56
1	169,21	2,109567	3,074168	2134	1,9351	0,8400	0,0000	168,91	0,31	10,05
1	167,31	2,13432	3,109941	2150	1,9547	0,8570	0,0049	167,04	0,31	9,62
1	174,79	2,148912	3,128387	2166	1,9694	0,8598	0,0000	174,55	0,31	9,18
1	174,26	2,169142	3,146377	2182	1,9890	0,8655	0,0049	174,08	0,31	7,87
2	170,94	2,180378	3,171141	2197	1,9988	0,8712	0,0000	170,79	0,31	6,99
2	168,61	2,174762	3,189588	2213	1,9939	0,8683	0,0049	168,44	0,31	7,43
2	165,17	2,171422	3,200902	2229	1,9890	0,8712	0,0098	164,86	0,00	10,05
2	161,27	2,162517	3,218141	2245	1,9792	0,8712	0,0196	160,46	0,31	16,18
2	158,86	2,152415	3,235428	2261	1,9743	0,8570	0,0245	157,64	0,31	19,67
2	157,01	2,149114	3,248574	2277	1,9694	0,8598	0,0294	155,29	0,31	23,17
2	154,87	2,137946	3,256063	2293	1,9596	0,8542	0,0344	152,48	0,31	27,10
2	152,93	2,137946	3,275883	2309	1,9596	0,8542	0,0344	149,66	0,31	31,48
2	151,30	2,132506	3,29835	2325	1,9547	0,8514	0,0442	147,31	0,31	34,54
2	148,62	2,119126	3,316339	2341	1,9449	0,8400	0,0491	143,55	0,31	38,47
2	147,18	2,119376	3,329485	2357	1,9449	0,8400	0,0589	141,20	0,31	41,53
2	138,26	2,110531	3,346772	2373	1,9351	0,8400	0,0638	130,87	0,31	44,59
2	135,60	2,105068	3,365219	2389	1,9302	0,8372	0,0687	127,11	0,31	47,21
2	136,85	2,099618	3,391513	2405	1,9253	0,8344	0,0736	127,11	0,31	50,71
2	134,58	2,09213	3,411335	2421	1,9204	0,8259	0,0834	123,18	0,61	54,21
2	132,23	2,08314	3,42448	2437	1,9106	0,8259	0,0834	119,60	0,31	56,39
2	129,98	2,075494	3,437625	2453	1,9057	0,8174	0,0883	114,90	0,31	60,77
2	128,55	2,072556	3,448189	2469	1,9008	0,8202	0,0981	112,08	0,31	62,95
2	127,43	2,061332	3,461335	2485	1,8910	0,8146	0,0981	109,26	0,31	65,57
2	126,98	2,061822	3,471899	2501	1,8910	0,8146	0,1080	107,38	0,31	67,76
2	126,05	2,058715	3,484295	2517	1,8861	0,8174	0,1129	104,57	0,31	70,38
2	124,09	2,045533	3,505703	2533	1,8763	0,8061	0,1178	101,28	0,31	71,69
2	122,72	2,037994	3,516267	2549	1,8714	0,7976	0,1227	97,99	0,31	73,88
2	121,57	2,024883	3,530972	2565	1,8616	0,7863	0,1276	93,76	0,31	77,38
2	121,33	2,029944	3,562909	2581	1,8616	0,7976	0,1374	92,35	0,31	78,69
2	120,65	2,024679	3,579144	2597	1,8567	0,7948	0,1423	89,54	0,31	80,88
2	120,38	2,013827	3,600271	2613	1,8469	0,7891	0,1472	86,72	0,31	83,50
2	118,99	2,006383	3,615248	2629	1,8420	0,7806	0,1521	83,90	0,31	84,37
2	118,92	2,005589	3,620905	2645	1,8371	0,7891	0,1570	81,08	0,31	87,00
2	119,03	1,998163	3,637521	2661	1,8322	0,7806	0,1619	77,32	0,31	90,49
2	119,55	1,994592	3,662675	2677	1,8322	0,7693	0,1718	74,97	0,31	93,12
2	119,54	1,980435	3,679962	2693	1,8175	0,7665	0,1767	72,16	0,31	95,30
2	119,12	1,983074	3,692358	2709	1,8175	0,7722	0,1816	70,28	0,31	96,18

2	119,54	1,97794	3,713484	2725	1,8126	0,7693	0,1865	67,93	0,31	98,36
2	119,68	1,967233	3,72663	2741	1,8028	0,7637	0,1914	65,58	0,31	100,11
2	119,53	1,959944	3,734118	2757	1,7979	0,7552	0,1963	61,82	0,31	102,30
2	120,14	1,957554	3,750733	2773	1,7930	0,7580	0,2061	58,54	0,31	104,92
2	120,62	1,950315	3,767718	2789	1,7881	0,7495	0,2110	57,13	0,31	106,23
2	121,51	1,950852	3,780864	2805	1,7881	0,7495	0,2159	55,72	0,31	107,98
2	121,22	1,940251	3,799666	2821	1,7783	0,7439	0,2208	52,43	0,31	109,29
2	120,82	1,931275	3,814372	2837	1,7685	0,7439	0,2208	49,61	0,31	110,17
2	121,30	1,926849	3,833984	2853	1,7636	0,7410	0,2306	46,79	0,31	111,91
2	122,28	1,921873	3,839641	2869	1,7587	0,7382	0,2356	43,97	0,31	114,10
2	123,92	1,916913	3,854619	2885	1,7538	0,7354	0,2405	41,63	0,31	116,72
2	125,11	1,90981	3,867764	2901	1,7489	0,7269	0,2454	40,22	0,31	118,47
2	125,63	1,907693	3,879078	2917	1,7440	0,7297	0,2552	37,87	0,31	119,78
2	125,36	1,899978	3,900207	2933	1,7391	0,7212	0,2552	35,52	0,31	120,22
2	126,52	1,897239	3,91152	2949	1,7342	0,7241	0,2601	33,64	0,31	121,97
2	126,54	1,884662	3,927386	2965	1,7244	0,7128	0,2650	30,35	0,31	122,84
2	126,85	1,886067	3,94802	2981	1,7244	0,7128	0,2748	28,00	0,31	123,72
2	129,73	1,877838	3,966823	2997	1,7146	0,7128	0,2797	27,53	0,31	126,78
2	130,11	1,879325	3,979968	3013	1,7146	0,7128	0,2895	25,19	0,31	127,65
2	130,94	1,868186	3,998415	3029	1,7097	0,6930	0,2944	22,66	0,61	128,96
2	131,16	1,869787	4,028359	3045	1,7048	0,7071	0,2993	21,43	0,31	129,40
2	130,73	1,859512	4,049017	3061	1,6950	0,7014	0,3043	18,61	0,31	129,40
2	132,21	1,854792	4,065632	3077	1,6901	0,6986	0,3092	16,73	0,31	131,15
2	133,78	1,842446	4,082247	3093	1,6804	0,6873	0,3141	15,32	0,31	132,90
2	135,85	1,841187	4,092811	3109	1,6804	0,6817	0,3190	14,38	0,31	135,08
2	136,67	1,839497	4,105957	3125	1,6755	0,6845	0,3288	13,91	0,31	135,96
2	137,54	1,842492	4,115771	3141	1,6755	0,6901	0,3337	13,91	0,31	136,83
2	137,72	1,83487	4,127085	3157	1,6706	0,6817	0,3337	11,10	0,31	137,27
2	138,99	1,83668	4,140231	3173	1,6706	0,6817	0,3435	10,63	0,31	138,58
2	139,26	1,823198	4,162686	3201	1,6559	0,6788	0,3484	8,28	0,31	139,02
2	142,52	1,801643	4,203477	3285	1,6314	0,6647	0,3779	1,23	0,31	142,52
2	145,14	1,792783	4,223299	3306	1,6216	0,6590	0,3877	-0,18	0,31	145,14
2	145,15	1,788383	4,240585	3322	1,6167	0,6562	0,3926	-2,06	0,31	145,14
2	145,62	1,782918	4,25373	3338	1,6118	0,6534	0,3926	-3,47	0,31	145,58
2	146,53	1,770091	4,273255	3354	1,6020	0,6364	0,4024	-4,87	0,31	146,45
2	146,58	1,761229	4,28871	3370	1,5922	0,6364	0,4024	-6,28	0,31	146,45
2	148,40	1,761463	4,304181	3386	1,5922	0,6307	0,4122	-7,69	0,31	148,20
2	149,79	1,756987	4,317327	3402	1,5824	0,6364	0,4220	-9,10	0,31	149,51
2	149,88	1,746117	4,333941	3418	1,5726	0,6307	0,4220	-10,51	0,31	149,51
2	149,55	1,74309	4,347087	3434	1,5677	0,6279	0,4318	-11,92	0,31	149,07
2	150,50	1,736866	4,359483	3450	1,5628	0,6194	0,4368	-12,86	0,31	149,95
2	151,12	1,73145	4,37677	3466	1,5579	0,6166	0,4368	-14,92	0,61	150,38
2	151,68	1,735972	4,395216	3482	1,5579	0,6223	0,4466	-16,15	0,31	150,82
2	153,60	1,72571	4,418456	3498	1,5481	0,6109	0,4564	-17,73	0,61	152,57
2	153,37	1,716234	4,429019	3514	1,5383	0,6053	0,4613	-19,44	0,31	152,13
2	153,62	1,714874	4,449775	3530	1,5334	0,6025	0,4760	-21,31	0,31	152,13
2	150,80	1,713519	4,476426	3546	1,5334	0,6025	0,4711	-22,72	0,31	149,07

2	153,37	1,710874	4,489571	3562	1,5285	0,5996	0,4809	-25,36	0,00	151,26
2	153,29	1,703519	4,511718	3578	1,5187	0,5996	0,4858	-27,42	0,31	150,82
2	153,64	1,698157	4,517375	3594	1,5138	0,5968	0,4858	-29,30	0,31	150,82
2	155,36	1,686367	4,53052	3610	1,5040	0,5798	0,4956	-29,30	0,31	152,57
2	155,88	1,684943	4,551927	3626	1,4991	0,5883	0,4956	-29,77	0,31	153,01
2	156,49	1,683946	4,562491	3642	1,4991	0,5770	0,5055	-30,71	0,31	153,44
2	156,92	1,676717	4,58979	3658	1,4893	0,5770	0,5104	-30,71	0,31	153,88
2	157,20	1,674849	4,609611	3674	1,4844	0,5798	0,5153	-32,12	0,31	153,88
2	158,35	1,665737	4,6276	3690	1,4746	0,5742	0,5202	-33,53	0,31	154,76
2	159,40	1,659675	4,646402	3706	1,4697	0,5600	0,5300	-34,47	0,31	155,63
2	159,18	1,659351	4,663017	3722	1,4697	0,5544	0,5349	-35,40	0,31	155,19
2	159,23	1,656106	4,690316	3738	1,4599	0,5657	0,5398	-37,46	0,61	154,76
2	160,14	1,652433	4,70088	3754	1,4550	0,5629	0,5447	-37,75	0,31	155,63
2	159,94	1,646874	4,711444	3770	1,4501	0,5544	0,5496	-38,69	0,31	155,19
2	161,14	1,638003	4,726421	3786	1,4403	0,5487	0,5545	-40,10	0,31	156,07
2	162,22	1,634422	4,743708	3802	1,4354	0,5459	0,5594	-41,04	0,31	156,94
2	162,04	1,632572	4,760994	3818	1,4305	0,5431	0,5692	-41,98	0,31	156,50
2	161,86	1,62362	4,777609	3834	1,4256	0,5289	0,5692	-42,92	0,31	156,07
2	161,99	1,625582	4,798365	3850	1,4207	0,5374	0,5791	-43,39	0,31	156,07
2	162,66	1,61692	4,808929	3866	1,4109	0,5317	0,5840	-44,33	0,31	156,50
2	162,42	1,618699	4,823907	3882	1,4109	0,5317	0,5889	-44,98	0,61	156,07
2	163,18	1,60827	4,837052	3898	1,4011	0,5204	0,5938	-46,21	0,31	156,50
2	164,84	1,606746	4,864351	3914	1,3962	0,5233	0,5987	-47,62	0,31	157,82
2	164,84	1,605264	4,879806	3930	1,3913	0,5204	0,6085	-47,62	0,31	157,82
2	164,14	1,600157	4,897109	3946	1,3864	0,5119	0,6134	-48,09	0,31	156,94
2	164,84	1,596903	4,914094	3962	1,3815	0,5091	0,6183	-49,03	0,31	157,38
2	164,56	1,592171	4,930315	3978	1,3717	0,5148	0,6232	-49,50	0,31	156,94
2	165,82	1,587157	4,947554	3994	1,3668	0,5063	0,6281	-50,91	0,31	157,82
2	166,38	1,58596	4,958868	4010	1,3619	0,5035	0,6380	-51,37	0,31	158,25
2	167,24	1,584642	4,981154	4026	1,3570	0,5063	0,6429	-52,78	0,31	158,69
2	167,75	1,573185	5,001788	4043	1,3472	0,4837	0,6527	-54,37	0,61	158,69
2	168,00	1,572232	5,036036	4059	1,3423	0,4808	0,6625	-55,13	0,31	158,69
2	167,48	1,566527	5,062745	4075	1,3276	0,4893	0,6723	-56,07	0,31	157,82
2	167,30	1,560729	5,089454	4091	1,3178	0,4837	0,6821	-57,95	0,31	156,94
2	169,19	1,557244	5,117144	4107	1,3080	0,4780	0,6968	-59,83	0,31	158,25
2	168,30	1,54012	5,144453	4123	1,2884	0,4610	0,7067	-60,77	0,31	156,94
2	169,46	1,53084	5,178102	4139	1,2786	0,4497	0,7116	-62,82	0,61	157,38
2	169,69	1,531937	5,199459	4155	1,2688	0,4497	0,7312	-64,53	0,31	156,94
2	170,05	1,523701	5,220816	4171	1,2541	0,4469	0,7410	-65,47	0,31	156,94
2	169,79	1,517183	5,239262	4187	1,2443	0,4356	0,7508	-66,87	0,31	156,07
2	171,13	1,513324	5,256502	4203	1,2345	0,4243	0,7655	-69,22	0,31	156,50
2	171,51	1,511956	5,284197	4219	1,2247	0,4299	0,7754	-70,16	0,31	156,50
2	171,30	1,501194	5,303014	4235	1,2100	0,4158	0,7852	-71,57	0,31	155,63
2	171,89	1,5011	5,334515	4251	1,2003	0,4158	0,7999	-72,98	0,31	155,63
2	172,30	1,489283	5,359901	4267	1,1856	0,3960	0,8097	-74,86	0,31	155,19
2	172,72	1,491512	5,385759	4283	1,1807	0,3988	0,8195	-75,80	0,31	155,19
2	172,38	1,483108	5,406887	4299	1,1660	0,3903	0,8293	-77,68	0,31	153,88

2	173,06	1,474916	5,425704	4315	1,1513	0,3818	0,8392	-80,03	0,31	153,44
2	173,28	1,478815	5,45801	4331	1,1464	0,3790	0,8539	-80,50	0,31	153,44
2	173,00	1,47695	5,475249	4347	1,1366	0,3790	0,8637	-82,37	0,31	152,13
2	173,23	1,475264	5,49507	4363	1,1268	0,3677	0,8784	-82,84	0,31	152,13
2	173,52	1,463481	5,523369	4379	1,1072	0,3564	0,8882	-84,25	0,31	151,70
2	173,98	1,466461	5,545655	4395	1,1023	0,3592	0,8980	-85,19	0,31	151,70
2	174,44	1,461172	5,573738	4411	1,0876	0,3451	0,9128	-86,13	0,31	151,70
2	175,52	1,460075	5,597398	4427	1,0778	0,3451	0,9226	-87,54	0,31	152,13
2	175,24	1,449704	5,615845	4443	1,0631	0,3196	0,9324	-88,48	0,31	151,26
2	175,80	1,44068	5,667922	4459	1,0533	0,2800	0,9422	-89,60	0,61	151,26
2	176,94	1,431891	5,701515	4475	1,0435	0,2348	0,9520	-90,36	0,31	152,13
2	176,30	1,425785	5,769393	4491	1,0337	0,1725	0,9667	-91,30	0,31	150,82
2	176,42	1,419025	5,82288	4507	1,0190	0,1471	0,9766	-92,24	0,31	150,38
2	177,41	1,421653	5,844237	4523	1,0092	0,1414	0,9913	-92,71	0,31	151,26
2	177,50	1,416829	5,864058	4539	0,9945	0,1273	1,0011	-94,29	0,61	150,38
2	177,29	1,415983	5,882504	4555	0,9847	0,1160	1,0109	-94,59	0,31	149,95
2	178,90	1,420339	5,910194	4571	0,9798	0,1245	1,0207	-95,53	0,31	151,26
2	179,77	1,416662	5,944443	4587	0,9602	0,1131	1,0354	-96,47	0,31	151,70
2	179,65	1,416404	5,964263	4603	0,9504	0,1018	1,0453	-96,94	0,31	151,26
2	179,31	1,416745	5,990972	4619	0,9406	0,0962	1,0551	-96,29	0,00	151,26
2	180,16	1,4146	6,026536	4635	0,9259	0,0990	1,0649	-97,88	0,31	151,26
2	180,53	1,423154	6,043822	4651	0,9210	0,1075	1,0796	-97,88	0,31	151,70
2	181,04	1,420985	6,067482	4667	0,9063	0,1047	1,0894	-98,81	0,31	151,70
2	182,18	1,421923	6,092869	4683	0,8965	0,0990	1,0992	-100,22	0,31	152,13
2	181,24	1,42615	6,120442	4699	0,8867	0,0820	1,1140	-101,16	0,31	150,38
2	181,67	1,4253	6,137681	4715	0,8720	0,0905	1,1238	-102,57	0,31	149,95
2	182,37	1,427889	6,157502	4731	0,8573	0,0877	1,1385	-103,80	0,00	149,95
2	182,93	1,429562	6,176319	4747	0,8475	0,0820	1,1483	-103,51	0,31	150,82
2	182,57	1,43139	6,198235	4763	0,8377	0,0764	1,1581	-103,51	0,31	150,38
2	182,29	1,437974	6,221474	4779	0,8279	0,0820	1,1729	-104,92	0,31	149,07
2	181,96	1,437166	6,251598	4795	0,8132	0,0735	1,1827	-106,80	0,31	147,32
2	182,52	1,438996	6,268837	4811	0,8034	0,0566	1,1925	-107,74	0,31	147,32
2	182,72	1,439391	6,296527	4827	0,7887	0,0651	1,2023	-108,68	0,31	146,89
2	184,48	1,445065	6,316348	4843	0,7838	0,0679	1,2121	-108,68	0,31	149,07
2	183,78	1,45219	6,345753	4859	0,7740	0,0679	1,2268	-108,68	0,31	148,20
2	184,21	1,452384	6,38362	4875	0,7593	0,0594	1,2366	-108,21	0,31	149,07
2	185,39	1,460389	6,402067	4891	0,7495	0,0707	1,2514	-109,62	0,31	149,51
2	184,19	1,460976	6,426893	4907	0,7348	0,0622	1,2612	-110,56	0,31	147,32
2	184,29	1,464582	6,442758	4923	0,7250	0,0622	1,2710	-112,44	0,31	146,01
2	184,17	1,46808	6,469467	4939	0,7153	0,0566	1,2808	-113,38	0,31	145,14
2	184,75	1,473794	6,494293	4955	0,7006	0,0537	1,2955	-114,31	0,31	145,14
2	185,68	1,473491	6,509271	4971	0,6908	0,0537	1,3004	-115,25	0,31	145,58
2	185,68	1,479282	6,526256	4987	0,6761	0,0396	1,3152	-115,25	0,31	145,58
2	185,58	1,488317	6,561819	5003	0,6663	0,0509	1,3299	-116,19	0,31	144,70
2	186,33	1,492416	6,574965	5019	0,6565	0,0396	1,3397	-116,84	0,61	145,14
2	186,13	1,497743	6,605194	5035	0,6467	0,0622	1,3495	-117,60	0,31	144,26
2	185,67	1,506854	6,634188	5051	0,6369	0,0622	1,3642	-119,01	0,31	142,52

2	185,64	1,509516	6,666116	5067	0,6222	0,0594	1,3741	-119,48	0,31	142,08
2	186,22	1,514065	6,691503	5083	0,6124	0,0481	1,3839	-120,89	0,31	141,64
2	186,00	1,521614	6,716166	5099	0,5977	0,0453	1,3986	-121,07	0,61	141,20
2	186,19	1,52882	6,734942	5115	0,5928	0,0481	1,4084	-121,36	0,31	141,20
2	187,28	1,531883	6,758181	5131	0,5781	0,0339	1,4182	-122,01	0,61	142,08
2	186,80	1,53746	6,780647	5147	0,5683	0,0396	1,4280	-122,30	0,31	141,20
2	187,47	1,547736	6,791975	5163	0,5585	0,0453	1,4428	-122,30	0,31	142,08
2	187,40	1,551597	6,815215	5179	0,5438	0,0424	1,4526	-123,71	0,31	140,77
2	186,38	1,564141	6,838505	5195	0,5389	0,0566	1,4673	-125,12	0,31	138,14
2	186,69	1,566962	6,862165	5211	0,5193	0,0622	1,4771	-126,06	0,31	137,71
2	187,13	1,572803	6,882823	5227	0,5095	0,0566	1,4869	-127,17	0,61	137,27
2	187,33	1,577315	6,906113	5243	0,4948	0,0537	1,4967	-127,00	0,31	137,71
2	187,97	1,587929	6,925933	5259	0,4850	0,0424	1,5115	-128,41	0,31	137,27
2	187,65	1,594326	6,9484	5275	0,4752	0,0424	1,5213	-128,88	0,31	136,40
2	188,94	1,599328	6,966846	5291	0,4605	0,0396	1,5311	-130,28	0,31	136,83
2	189,24	1,608876	6,986668	5307	0,4605	0,0453	1,5409	-128,88	0,31	138,58
2	189,05	1,613168	7,011179	5323	0,4409	0,0566	1,5507	-129,05	0,61	138,14
2	189,25	1,624216	7,030704	5339	0,4262	0,0764	1,5654	-129,34	0,31	138,14
2	188,95	1,637012	7,053943	5355	0,4213	0,0735	1,5802	-130,75	0,31	136,40
2	188,17	1,65825	7,07623	5371	0,4115	0,0735	1,6047	-132,34	0,61	133,77
2	185,45	1,649549	7,103825	5387	0,3968	0,0651	1,5998	-136,57	0,61	125,47
2	187,15	1,650959	7,131908	5403	0,3821	0,0679	1,6047	-136,86	0,31	127,65
2	188,91	1,668607	7,162746	5419	0,3772	0,0594	1,6243	-136,39	0,31	130,71
2	189,49	1,674641	7,184893	5435	0,3625	0,0509	1,6341	-135,92	0,31	132,02
2	188,57	1,682138	7,199871	5451	0,3527	0,0509	1,6440	-135,92	0,31	130,71
2	188,61	1,6933	7,225257	5467	0,3380	0,0424	1,6587	-136,39	0,31	130,27
2	187,79	1,7094	7,237653	5483	0,3233	0,0283	1,6783	-137,33	0,31	128,09
2	188,58	1,703615	7,273766	5499	0,3184	0,0255	1,6734	-139,21	0,31	127,21
2	189,93	1,716494	7,3026	5515	0,3086	0,0368	1,6881	-137,80	0,31	130,71
2	190,36	1,719107	7,325891	5531	0,2939	0,0509	1,6930	-137,98	0,61	131,15
2	191,23	1,737622	7,371542	5547	0,2841	0,0735	1,7127	-137,51	0,61	132,90
2	190,62	1,750344	7,396368	5563	0,2743	0,0679	1,7274	-138,74	0,31	130,71
2	190,16	1,762761	7,417725	5579	0,2596	0,0707	1,7421	-140,15	0,31	128,53
2	188,81	1,769859	7,430871	5595	0,2449	0,0566	1,7519	-141,09	0,31	125,47
2	190,21	1,774338	7,463067	5611	0,2401	0,0651	1,7568	-142,97	0,31	125,47
2	190,88	1,777173	7,486306	5627	0,2254	0,0622	1,7617	-140,33	0,61	129,40
2	191,90	1,790204	7,517858	5643	0,2156	0,0509	1,7765	-139,68	0,31	131,59
2	191,23	1,80367	7,534843	5659	0,2058	0,0509	1,7912	-140,80	0,61	129,40
2	190,41	1,817208	7,54982	5675	0,1960	0,0509	1,8059	-143,61	0,61	125,03
2	189,77	1,826288	7,568637	5691	0,1862	0,0622	1,8157	-147,19	0,31	119,78
2	190,12	1,836542	7,617013	5707	0,1715	0,1047	1,8255	-151,42	0,31	114,97
2	189,19	1,849413	7,640673	5723	0,1568	0,0962	1,8402	-151,89	0,31	112,79
2	188,79	1,857578	7,661331	5739	0,1470	0,0792	1,8501	-152,36	0,31	111,48
2	188,92	1,87201	7,699198	5755	0,1372	0,0905	1,8648	-154,71	0,31	108,42
2	187,91	1,887057	7,725133	5771	0,1225	0,1160	1,8795	-157,06	0,31	103,17
2	188,93	1,892173	7,752707	5787	0,1176	0,1245	1,8844	-159,11	0,61	101,86
2	188,78	1,895668	7,767684	5803	0,1029	0,1160	1,8893	-160,05	0,61	100,11

2	189,31	1,925231	7,792866	5819	0,0931	0,1273	1,9188	-161,75	0,31	98,36
2	188,89	1,920273	7,828662	5835	0,0833	0,1329	1,9139	-163,34	0,61	94,86
2	190,18	1,94025	7,848187	5851	0,0735	0,1442	1,9335	-164,57	0,31	95,30
2	190,55	1,945667	7,874478	5867	0,0637	0,1556	1,9384	-165,51	0,31	94,43
2	190,15	1,960138	7,892925	5883	0,0490	0,1584	1,9531	-165,04	0,31	94,43
2	189,82	1,968406	7,915211	5899	0,0392	0,1414	1,9629	-167,10	0,61	90,06
2	188,97	1,987692	7,940037	5915	0,0196	0,1414	1,9826	-169,74	0,31	83,06
2	189,25	1,988706	7,965298	5931	0,0147	0,1556	1,9826	-170,68	0,31	81,75
2	190,50	1,998658	7,998026	5947	0,0000	0,1584	1,9924	-169,92	0,61	86,12
2	188,74	2,023143	8,026669	5963	-0,0098	0,1584	2,0169	-171,15	0,31	79,56
2	190,00	2,018322	8,048026	5979	-0,0196	0,1584	2,0120	-172,73	0,61	79,13
2	188,08	2,038008	8,078863	5995	-0,0294	0,1584	2,0316	-171,62	0,31	76,94
2	189,41	2,047956	8,101318	6011	-0,0392	0,1584	2,0414	-172,09	0,31	79,13
2	185,23	2,061863	8,138235	6027	-0,0588	0,1414	2,0562	-172,73	0,61	66,89
2	188,81	2,06668	8,161557	6043	-0,0686	0,1358	2,0611	-175,55	0,61	69,51
2	188,49	2,086993	8,188636	6059	-0,0735	0,1442	2,0807	-175,38	0,31	69,07
2	183,78	2,092879	8,217862	6078	-0,0588	0,1640	2,0856	-177,25	0,31	48,53
2	181,09	1,869245	8,252851	6094	-0,0784	0,1697	1,8599	-172,09	0,31	56,39
3	178,77	1,857991	8,474911	6134	-0,0833	0,1499	1,8501	-170,21	0,31	54,65

3. Э1 = 3% излом 180° (АНТ 9)

R=	15,52	h=	1,04							
	G	Э%	S %	Time	Э1 %	Э2 %	Э3 %	S1	S2	S3
	MPa							MPa	MPa	MPa
1	17,16	0,0210	0,00	230	0,0147	0,0141	0,0049	11,88	0,00	-12,38
1	25,26	0,0371	0,03	253	0,0294	0,0226	0,0000	19,97	0,00	-15,48
1	32,21	0,0430	0,05	269	0,0343	0,0255	0,0049	26,62	0,00	-18,13
1	40,20	0,0576	0,07	285	0,0441	0,0368	0,0049	33,28	0,00	-22,55
1	50,58	0,0710	0,08	304	0,0588	0,0396	0,0049	42,78	0,00	-26,98
1	56,37	0,0737	0,10	314	0,0637	0,0368	0,0049	48,49	0,00	-28,75
1	66,79	0,0963	0,13	330	0,0833	0,0481	0,0049	58,47	0,00	-32,28
1	72,44	0,1048	0,14	346	0,0931	0,0481	0,0000	63,70	0,00	-34,50
1	78,09	0,1104	0,15	362	0,0980	0,0509	0,0000	68,93	0,00	-36,71
1	82,70	0,1162	0,17	378	0,1029	0,0537	0,0049	73,21	0,00	-38,48
1	87,10	0,1225	0,18	394	0,1127	0,0481	0,0000	76,54	0,00	-41,57
1	92,35	0,1337	0,20	410	0,1225	0,0537	0,0000	82,24	0,00	-42,01
1	95,29	0,1443	0,21	426	0,1274	0,0679	0,0000	85,09	0,00	-42,90
1	99,06	0,1506	0,23	442	0,1372	0,0622	0,0000	88,42	0,00	-44,67
1	102,71	0,1619	0,24	458	0,1470	0,0679	0,0000	92,70	0,00	-44,23
1	105,00	0,1652	0,26	474	0,1519	0,0651	0,0000	94,60	0,00	-45,55
1	108,44	0,1742	0,27	490	0,1666	0,0509	0,0000	98,40	0,00	-45,55
1	111,90	0,1799	0,30	506	0,1666	0,0679	0,0000	102,21	0,00	-45,55
1	113,20	0,1911	0,32	522	0,1764	0,0735	0,0000	103,63	0,00	-45,55
1	118,00	0,2058	0,34	543	0,1911	0,0764	0,0000	109,04	-0,31	-45,11

1	121,48	0,2167	0,36	559	0,2058	0,0679	0,0000	113,14	0,00	-44,23
1	127,10	0,2389	0,38	575	0,2254	0,0792	0,0000	119,32	0,00	-43,78
1	130,83	0,2556	0,40	591	0,2401	0,0877	0,0000	123,60	0,00	-42,90
1	133,70	0,2668	0,43	607	0,2547	0,0792	0,0000	126,93	0,00	-42,01
1	135,69	0,2786	0,45	623	0,2694	0,0707	-0,0049	129,30	0,00	-41,13
1	139,97	0,3005	0,47	639	0,2890	0,0820	-0,0049	134,06	0,00	-40,24
1	143,01	0,3169	0,49	655	0,3037	0,0905	0,0000	137,86	0,00	-38,03
1	145,42	0,3303	0,51	671	0,3184	0,0877	-0,0049	140,71	0,00	-36,71
1	147,40	0,3424	0,53	687	0,3331	0,0792	0,0000	143,09	0,00	-35,38
1	150,43	0,3601	0,56	703	0,3478	0,0933	0,0000	146,42	0,00	-34,50
1	152,45	0,3900	0,57	719	0,3772	0,0990	0,0000	148,79	0,00	-33,17
1	154,11	0,3940	0,60	735	0,3821	0,0962	0,0000	150,70	0,00	-32,28
1	156,73	0,4144	0,63	751	0,4017	0,1018	0,0049	153,55	0,00	-31,40
1	158,88	0,4280	0,66	767	0,4164	0,0990	0,0000	155,92	0,00	-30,52
1	160,28	0,4430	0,69	783	0,4311	0,1018	-0,0049	157,35	0,00	-30,52
1	161,13	0,4621	0,71	799	0,4507	0,1018	0,0000	158,30	0,00	-30,07
1	162,45	0,4747	0,73	815	0,4654	0,0933	0,0049	159,73	0,00	-29,63
1	163,94	0,4975	0,74	831	0,4850	0,1103	0,0098	161,15	0,00	-30,07
1	165,37	0,5111	0,78	847	0,4997	0,1075	0,0000	162,10	0,00	-32,73
1	167,07	0,5303	0,80	863	0,5193	0,1075	0,0000	164,01	0,00	-31,84
1	168,94	0,5357	0,82	879	0,5242	0,1103	0,0000	165,91	0,00	-31,84
1	164,86	0,5474	0,85	895	0,5389	0,0962	0,0000	161,92	0,31	-30,96
1	169,16	0,5677	0,90	911	0,5585	0,1018	0,0000	166,38	0,00	-30,52
1	168,22	0,5848	0,94	927	0,5732	0,1160	0,0049	165,43	0,00	-30,52
1	172,45	0,6063	0,96	943	0,5977	0,1018	0,0000	169,24	0,00	-33,17
1	174,16	0,6243	1,00	959	0,6124	0,1216	0,0000	171,14	0,00	-32,28
1	173,39	0,6340	1,02	975	0,6222	0,1216	0,0049	170,19	0,00	-33,17
1	172,43	0,6522	1,05	991	0,6418	0,1160	0,0000	168,76	0,00	-35,38
1	175,42	0,6692	1,08	1007	0,6565	0,1301	0,0000	172,09	0,00	-34,05
1	172,52	0,6938	1,10	1023	0,6810	0,1329	0,0049	168,76	0,00	-35,82
1	177,82	0,6971	1,13	1039	0,6859	0,1245	0,0000	173,99	0,00	-36,71
1	177,63	0,7141	1,17	1055	0,7006	0,1386	0,0000	173,51	0,00	-38,03
1	176,73	0,7280	1,19	1071	0,7153	0,1358	-0,0049	172,09	0,00	-40,24
1	174,22	0,7526	1,22	1087	0,7397	0,1386	0,0000	169,71	0,00	-39,36
1	179,97	0,7612	1,24	1103	0,7495	0,1329	0,0000	175,42	0,00	-40,24
1	181,44	0,7836	1,26	1119	0,7691	0,1499	0,0049	177,32	0,00	-38,48
1	177,92	0,7965	1,30	1135	0,7838	0,1414	-0,0049	172,56	0,00	-43,34
1	181,00	0,8189	1,32	1151	0,8034	0,1584	0,0000	176,37	0,00	-40,69
1	182,47	0,8381	1,35	1167	0,8230	0,1584	-0,0049	178,27	0,00	-38,92
1	184,70	0,8414	1,38	1183	0,8279	0,1499	0,0000	180,64	0,00	-38,48
1	180,79	0,8627	1,41	1199	0,8475	0,1612	0,0000	176,84	0,00	-37,59
1	184,08	0,8820	1,43	1215	0,8671	0,1612	0,0000	179,22	0,00	-42,01
1	184,64	0,8970	1,45	1231	0,8818	0,1640	0,0049	179,69	0,00	-42,46
1	185,77	0,9237	1,48	1247	0,9063	0,1782	0,0000	180,64	0,00	-43,34
1	181,69	0,9215	1,52	1263	0,9063	0,1669	0,0000	175,42	0,00	-47,32
1	185,27	0,9482	1,55	1279	0,9308	0,1810	0,0000	179,69	0,00	-45,11
1	184,35	0,9601	1,57	1295	0,9455	0,1669	0,0000	178,74	0,00	-45,11

1	185,03	0,9847	1,60	1311	0,9700	0,1697	0,0049	179,22	0,00	-45,99
1	186,74	0,9931	1,63	1327	0,9749	0,1895	0,0000	180,64	0,00	-47,32
1	186,98	1,0060	1,67	1343	0,9896	0,1810	0,0000	181,12	0,00	-46,44
1	187,01	1,0274	1,71	1359	1,0092	0,1923	0,0098	181,59	0,00	-44,67
1	185,21	1,0467	1,73	1375	1,0288	0,1923	0,0098	180,17	0,00	-42,90
1	189,07	1,0680	1,75	1391	1,0484	0,2036	0,0000	183,50	0,00	-45,55
1	189,15	1,0723	1,79	1407	1,0533	0,2008	0,0000	183,02	0,00	-47,76
1	184,26	1,0905	1,82	1423	1,0729	0,1952	0,0000	176,84	0,00	-51,74
1	189,61	1,1118	1,84	1439	1,0925	0,2065	0,0049	183,02	0,00	-49,53
1	189,95	1,1332	1,86	1455	1,1121	0,2178	0,0049	183,50	0,00	-49,09
1	191,79	1,1375	1,88	1471	1,1170	0,2150	0,0000	184,92	0,00	-50,86
1	187,42	1,1514	1,90	1487	1,1317	0,2121	0,0000	181,12	0,00	-48,21
1	186,30	1,1696	1,94	1503	1,1513	0,2065	-0,0049	180,64	0,00	-45,55
1	191,17	1,1920	1,96	1519	1,1709	0,2234	-0,0049	185,87	0,00	-44,67
1	191,76	1,2145	1,99	1535	1,1954	0,2150	0,0000	187,30	0,00	-41,13
1	193,25	1,2219	2,03	1551	1,2003	0,2291	0,0049	189,20	0,00	-39,36
1	192,79	1,2359	2,05	1567	1,2149	0,2263	0,0098	188,73	0,00	-39,36
1	189,35	1,2498	2,08	1583	1,2296	0,2234	0,0098	184,92	0,00	-40,69
1	189,15	1,2711	2,12	1599	1,2492	0,2348	0,0000	182,55	0,00	-49,53
1	193,18	1,2914	2,13	1615	1,2688	0,2404	0,0000	187,30	0,00	-47,32
1	192,86	1,2968	2,16	1631	1,2737	0,2432	0,0000	187,30	0,00	-45,99
1	188,01	1,3150	2,18	1647	1,2933	0,2376	-0,0098	182,84	0,31	-43,78
1	193,20	1,3427	2,21	1663	1,3178	0,2574	0,0000	189,68	0,00	-36,71
1	195,37	1,3534	2,24	1679	1,3276	0,2630	0,0000	192,05	0,00	-35,82
1	194,27	1,3770	2,27	1695	1,3521	0,2602	0,0098	191,10	0,00	-34,94
1	194,43	1,3813	2,30	1711	1,3570	0,2574	0,0147	191,10	0,00	-35,82
1	191,94	1,3962	2,32	1727	1,3717	0,2602	0,0049	186,35	0,00	-45,99
1	191,94	1,4124	2,35	1743	1,3913	0,2432	-0,0049	186,35	0,00	-45,99
1	189,11	1,4357	2,40	1759	1,4109	0,2659	0,0000	183,97	0,00	-43,78
1	196,42	1,4507	2,41	1775	1,4256	0,2687	0,0000	191,58	0,00	-43,34
1	197,06	1,4721	2,44	1791	1,4452	0,2800	0,0000	192,53	0,00	-42,01
1	193,06	1,4764	2,45	1807	1,4501	0,2772	0,0000	188,73	0,00	-40,69
1	190,00	1,4977	2,49	1823	1,4697	0,2885	0,0000	185,87	0,00	-39,36
1	197,18	1,5181	2,51	1839	1,4893	0,2942	0,0000	193,30	0,31	-38,92
1	197,48	1,5373	2,54	1855	1,5089	0,2942	-0,0049	193,95	0,00	-37,15
1	196,38	1,5416	2,56	1871	1,5138	0,2913	0,0000	193,00	0,00	-36,26
1	194,13	1,5608	2,58	1887	1,5334	0,2913	0,0049	190,63	0,00	-36,71
1	193,16	1,5811	2,61	1903	1,5530	0,2970	0,0000	188,73	0,00	-41,13
1	198,93	1,6025	2,62	1919	1,5726	0,3083	0,0000	194,91	0,00	-39,80
1	196,13	1,6079	2,66	1935	1,5775	0,3111	0,0049	192,05	0,00	-39,80
1	192,23	1,6271	2,70	1951	1,5971	0,3111	0,0000	188,25	0,00	-38,92
1	196,16	1,6624	2,71	1967	1,6314	0,3196	-0,0049	192,53	0,00	-37,59
1	197,40	1,6624	2,75	1983	1,6314	0,3196	-0,0049	193,95	0,00	-36,71
1	192,95	1,6795	2,78	1999	1,6510	0,3083	0,0000	190,15	0,00	-32,73
1	199,84	1,6977	2,80	2015	1,6657	0,3281	0,0000	197,28	0,00	-31,84
1	200,10	1,7115	2,83	2031	1,6804	0,3253	0,0000	197,76	0,00	-30,52
1	197,57	1,7276	2,86	2047	1,6950	0,3338	0,0000	195,20	0,31	-30,52

1	194,33	1,7479	2,88	2063	1,7146	0,3394	0,0000	192,05	0,00	-29,63
1	201,78	1,7629	2,90	2079	1,7293	0,3422	0,0000	199,66	0,00	-29,19
1	196,61	1,7736	2,93	2095	1,7391	0,3479	0,0049	194,43	0,00	-29,19
1	198,38	1,7939	2,96	2111	1,7587	0,3536	0,0000	196,15	0,31	-29,63
1	198,43	1,8131	2,99	2127	1,7783	0,3536	0,0049	195,86	0,00	-31,84
1	200,28	1,8431	3,02	2143	1,8077	0,3592	0,0000	197,28	0,00	-34,50
1	202,07	1,8473	3,07	2159	1,8126	0,3564	0,0049	199,18	0,00	-34,05
1	197,63	1,8580	3,10	2175	1,8224	0,3620	0,0000	194,91	0,00	-32,73
1	195,54	1,8784	3,13	2191	1,8420	0,3677	0,0000	193,00	0,00	-31,40
1	202,98	1,8922	3,14	2207	1,8567	0,3649	0,0000	200,61	0,00	-30,96
1	202,32	1,9190	3,17	2223	1,8812	0,3790	0,0000	200,13	0,00	-29,63
1	201,31	1,9244	3,19	2239	1,8861	0,3818	0,0000	199,18	0,00	-29,19
1	197,15	1,9447	3,21	2255	1,9057	0,3875	0,0049	194,91	0,00	-29,63
1	201,93	1,9628	3,22	2271	1,9253	0,3818	0,0049	199,18	0,00	-33,17
1	202,86	1,9885	3,24	2287	1,9498	0,3903	0,0098	200,13	0,00	-33,17
1	197,86	1,9809	3,29	2303	1,9449	0,3762	0,0049	194,43	0,00	-36,71
1	198,95	2,0066	3,32	2319	1,9694	0,3847	-0,0049	195,86	0,00	-34,94
1	201,06	2,0312	3,33	2335	1,9939	0,3875	-0,0098	198,23	0,00	-33,61
1	201,30	2,0376	3,37	2351	1,9988	0,3960	0,0000	199,48	0,31	-26,98
1	202,24	2,0676	3,39	2367	2,0282	0,4016	0,0000	200,61	0,00	-25,65
1	204,34	2,0729	3,42	2383	2,0331	0,4045	0,0000	202,99	0,00	-23,44
1	200,51	2,0825	3,44	2399	2,0429	0,4045	0,0000	199,18	0,00	-23,00
1	202,35	2,1040	3,47	2415	2,0625	0,4158	0,0049	201,09	0,00	-22,55
1	192,48	2,1210	3,51	2431	2,0821	0,4045	0,0147	191,10	0,00	-23,00
1	200,98	2,1328	3,54	2447	2,0919	0,4158	0,0147	199,66	0,00	-23,00
1	203,95	2,1627	3,57	2463	2,1213	0,4214	0,0049	201,38	0,31	-32,28
1	204,27	2,1681	3,59	2479	2,1262	0,4243	0,0000	201,56	0,00	-33,17
1	200,70	2,1830	3,61	2495	2,1409	0,4271	-0,0049	198,23	0,00	-31,40
1	199,45	2,2034	3,64	2511	2,1605	0,4327	0,0000	197,10	0,31	-30,52
1	204,80	2,2259	3,65	2527	2,1800	0,4497	0,0000	202,51	0,00	-30,52
1	203,79	2,2344	3,68	2543	2,1898	0,4441	0,0000	201,56	0,00	-30,07
1	197,83	2,2559	3,72	2559	2,2094	0,4554	0,0000	195,86	0,00	-27,86
1	205,30	2,2720	3,73	2575	2,2241	0,4639	-0,0049	203,46	0,00	-27,42
1	197,57	2,2847	3,77	2591	2,2388	0,4554	0,0000	196,33	0,00	-22,11
1	205,09	2,3050	3,80	2607	2,2584	0,4610	0,0000	203,94	0,00	-21,67
1	205,42	2,3200	3,82	2623	2,2731	0,4639	0,0000	204,41	0,00	-20,34
1	205,42	2,3415	3,84	2639	2,2927	0,4752	0,0049	204,41	0,00	-20,34
1	206,46	2,3510	3,86	2655	2,3025	0,4752	0,0000	205,36	0,00	-21,23
1	204,52	2,3618	3,88	2671	2,3123	0,4808	0,0049	203,46	0,00	-20,79
1	205,01	2,3875	3,91	2687	2,3368	0,4893	0,0000	203,28	0,31	-26,54
1	203,96	2,4109	3,93	2703	2,3613	0,4865	0,0000	201,86	0,31	-29,19
1	206,44	2,4163	3,97	2719	2,3662	0,4893	0,0000	204,23	0,31	-30,07
1	202,58	2,4312	4,01	2735	2,3809	0,4921	0,0000	200,13	0,00	-31,40
1	202,98	2,4635	4,03	2751	2,4103	0,5091	0,0000	200,61	0,00	-30,96
1	205,74	2,4677	4,06	2767	2,4152	0,5063	0,0000	203,46	0,00	-30,52
1	199,30	2,4827	4,10	2783	2,4299	0,5091	-0,0049	197,28	0,00	-28,30
1	208,07	2,5042	4,12	2799	2,4495	0,5204	-0,0049	206,31	0,00	-26,98

1	202,37	2,5114	4,14	2815	2,4593	0,5091	0,0000	201,56	0,00	-18,13
1	205,95	2,5371	4,17	2831	2,4838	0,5176	0,0000	205,18	0,31	-17,69
1	206,12	2,5629	4,19	2847	2,5083	0,5261	0,0049	205,36	0,00	-17,69
1	206,68	2,5617	4,22	2863	2,5083	0,5204	0,0049	205,84	0,00	-18,57
1	204,17	2,5778	4,25	2879	2,5230	0,5289	0,0049	203,28	0,31	-19,02
1	205,67	2,6078	4,27	2895	2,5524	0,5346	0,0147	204,71	0,31	-19,90
1	206,83	2,6239	4,30	2911	2,5671	0,5431	0,0049	204,89	0,00	-28,30
1	206,95	2,6473	4,33	2927	2,5916	0,5402	0,0000	205,18	0,31	-26,98
1	204,49	2,6473	4,38	2943	2,5916	0,5402	0,0000	202,33	0,31	-29,63
1	208,25	2,6688	4,40	2959	2,6112	0,5515	0,0000	206,31	0,00	-28,30
1	207,96	2,6849	4,42	2975	2,6259	0,5600	-0,0049	206,31	0,00	-26,09
1	206,26	2,7053	4,44	2991	2,6454	0,5657	-0,0098	204,71	0,31	-25,21
1	207,51	2,7202	4,46	3007	2,6601	0,5685	-0,0049	206,79	0,00	-17,25
1	207,29	2,7328	4,49	3023	2,6748	0,5600	0,0000	206,61	0,31	-16,81
1	207,44	2,7555	4,51	3039	2,6944	0,5770	0,0000	206,79	0,00	-16,36
1	209,05	2,7639	4,54	3055	2,7042	0,5713	-0,0049	208,51	0,31	-15,04
1	206,36	2,7747	4,56	3071	2,7140	0,5770	0,0049	205,84	0,00	-14,59
1	206,28	2,7939	4,58	3087	2,7336	0,5770	0,0049	205,66	0,31	-15,92
1	199,57	2,8185	4,62	3103	2,7581	0,5798	0,0147	198,71	0,00	-18,57
1	206,07	2,8250	4,64	3119	2,7630	0,5883	0,0000	204,23	0,31	-27,42
1	208,56	2,8441	4,66	3135	2,7826	0,5883	0,0000	207,09	0,31	-24,77
1	209,58	2,8591	4,68	3151	2,7973	0,5911	0,0000	208,22	0,00	-23,88
1	204,66	2,8741	4,71	3167	2,8120	0,5940	0,0000	203,46	0,00	-22,11
1	205,09	2,9106	4,72	3183	2,8463	0,6081	-0,0098	203,94	0,00	-21,67
1	204,31	2,9105	4,77	3199	2,8463	0,6081	0,0000	203,76	0,31	-15,04
1	209,71	2,9297	4,80	3215	2,8659	0,6081	0,0000	209,17	0,00	-15,04
1	201,74	2,9459	4,84	3231	2,8806	0,6166	0,0000	201,38	0,31	-11,94
1	209,96	2,9554	4,86	3247	2,8904	0,6166	-0,0049	209,64	0,00	-11,50
1	209,38	2,9746	4,89	3263	2,9100	0,6166	0,0000	208,99	0,31	-12,83
1	210,54	2,9992	4,91	3279	2,9345	0,6194	0,0098	210,12	0,00	-13,27
1	207,23	3,0045	4,94	3295	2,9394	0,6223	0,0049	206,13	0,31	-21,23
1	209,91	3,0237	4,96	3311	2,9590	0,6223	0,0000	208,69	0,00	-22,55
1	208,22	3,0387	4,99	3327	2,9737	0,6251	0,0000	206,79	0,00	-24,32
1	210,20	3,0709	5,00	3339	3,0031	0,6421	-0,0049	208,99	0,31	-22,55
2	201,65	3,0560	5,04	3369	2,9884	0,6392	0,0000	200,43	0,31	-22,11
2	192,80	3,0398	5,06	3389	2,9737	0,6307	-0,0049	191,58	0,00	-21,67
2	184,12	3,0237	5,08	3405	2,9590	0,6223	0,0000	182,84	0,31	-21,67
2	173,92	3,0022	5,10	3421	2,9394	0,6109	0,0000	172,56	0,00	-21,67
2	164,02	2,9872	5,12	3437	2,9247	0,6081	-0,0049	162,58	0,00	-21,67
2	155,83	2,9646	5,14	3453	2,9051	0,5911	-0,0049	154,32	0,31	-21,67
2	148,55	2,9539	5,17	3469	2,8953	0,5855	0,0000	146,89	0,00	-22,11
2	138,98	2,9358	5,19	3485	2,8757	0,5911	0,0000	137,20	0,31	-22,11
2	129,77	2,9197	5,21	3501	2,8610	0,5827	0,0000	127,88	0,00	-22,11
2	121,82	2,8983	5,23	3517	2,8414	0,5713	0,0000	119,80	0,00	-22,11
2	114,35	2,8887	5,25	3533	2,8316	0,5713	0,0049	112,19	0,00	-22,11
2	106,76	2,8737	5,27	3549	2,8169	0,5685	0,0049	103,63	0,00	-25,65
2	97,62	2,8534	5,29	3565	2,7973	0,5629	0,0000	93,95	0,31	-26,54

2	90,89	2,8384	5,31	3581	2,7826	0,5600	0,0000	86,52	0,00	-27,86
2	85,02	2,8223	5,33	3597	2,7679	0,5515	0,0000	79,68	0,31	-29,63
2	76,61	2,8074	5,35	3613	2,7532	0,5487	0,0049	70,65	0,31	-29,63
2	69,54	2,7871	5,37	3629	2,7336	0,5431	0,0000	62,27	0,00	-30,96
2	63,44	2,7732	5,39	3645	2,7189	0,5459	0,0000	55,62	0,00	-30,52
2	58,18	2,7571	5,41	3661	2,7042	0,5374	0,0000	49,26	0,31	-30,96
2	51,52	2,7422	5,42	3677	2,6895	0,5346	0,0000	41,18	0,31	-30,96
2	46,08	2,7207	5,44	3693	2,6699	0,5233	0,0000	34,52	0,31	-30,52
2	41,33	2,7069	5,46	3709	2,6552	0,5261	0,0000	27,87	0,31	-30,52
2	37,17	2,6908	5,48	3725	2,6406	0,5176	0,0000	21,21	0,31	-30,52
2	33,70	2,6737	5,50	3741	2,6259	0,5035	0,0000	15,21	0,00	-30,07
2	32,34	2,6651	5,52	3757	2,6161	0,5091	0,0049	11,88	0,00	-30,07
2	32,29	2,6331	5,56	3866	2,5867	0,4921	-0,0049	-0,48	0,00	-32,28
2	31,87	2,6309	5,58	3910	2,5818	0,5063	0,0049	-1,43	0,00	-31,84
2	32,39	2,6299	5,60	3936	2,5818	0,5006	0,0000	-2,56	0,31	-32,28
2	31,93	2,6245	5,61	3952	2,5769	0,4978	0,0000	-2,38	0,00	-31,84
2	32,43	2,6245	5,61	3968	2,5769	0,4978	0,0000	-3,03	0,31	-32,28
2	32,57	2,6234	5,62	4021	2,5769	0,4921	0,0000	-4,28	0,00	-32,28
2	32,74	2,6202	5,63	4072	2,5720	0,5006	0,0000	-5,41	0,31	-32,28
2	32,82	2,6149	5,64	4088	2,5671	0,4978	-0,0049	-5,88	0,31	-32,28
2	34,61	2,6031	5,65	4132	2,5573	0,4865	0,0000	-8,26	0,31	-33,61
2	41,59	2,5422	5,71	4244	2,4985	0,4695	-0,0049	-27,28	0,31	-31,40
2	46,75	2,5123	5,74	4260	2,4691	0,4639	-0,0049	-34,23	0,00	-31,84
2	50,05	2,4963	5,77	4276	2,4544	0,4554	0,0000	-38,98	0,00	-31,40
2	54,51	2,4760	5,79	4292	2,4348	0,4497	0,0000	-43,91	0,31	-32,28
2	56,88	2,4610	5,80	4308	2,4201	0,4469	0,0000	-47,72	0,31	-30,96
2	61,15	2,4417	5,83	4324	2,4005	0,4469	0,0000	-52,47	0,31	-31,40
2	65,33	2,4257	5,84	4340	2,3858	0,4384	0,0000	-57,05	0,00	-31,84
2	68,84	2,4108	5,86	4356	2,3711	0,4356	0,0000	-61,03	0,31	-31,84
2	71,84	2,3958	5,89	4372	2,3564	0,4327	0,0000	-64,18	0,00	-32,28
2	76,47	2,3809	5,91	4388	2,3417	0,4299	0,0000	-69,11	0,31	-32,73
2	80,36	2,3616	5,92	4404	2,3221	0,4299	0,0000	-73,39	0,31	-32,73
2	83,68	2,3456	5,94	4420	2,3074	0,4214	0,0000	-77,01	0,00	-32,73
2	86,58	2,3306	5,96	4436	2,2927	0,4186	0,0000	-80,34	0,00	-32,28
2	91,18	2,3093	5,98	4452	2,2731	0,4073	0,0000	-85,27	0,31	-32,28
2	94,01	2,2954	6,00	4468	2,2584	0,4101	0,0000	-88,12	0,31	-32,73
2	96,96	2,2804	6,02	4484	2,2437	0,4073	0,0000	-91,27	0,00	-32,73
2	99,99	2,2654	6,04	4500	2,2290	0,4045	0,0000	-94,78	0,31	-31,84
2	104,29	2,2462	6,05	4516	2,2094	0,4045	0,0049	-98,88	0,00	-33,17
2	107,14	2,2302	6,07	4532	2,1947	0,3960	0,0000	-101,73	0,00	-33,61
2	109,17	2,2162	6,09	4548	2,1800	0,3988	0,0000	-104,29	0,31	-32,28
2	112,74	2,2013	6,11	4564	2,1653	0,3960	0,0000	-107,62	0,31	-33,61
2	115,95	2,1820	6,13	4580	2,1458	0,3960	0,0000	-111,24	0,00	-32,73
2	118,07	2,1670	6,16	4596	2,1311	0,3932	0,0000	-113,32	0,31	-33,17
2	120,98	2,1457	6,17	4612	2,1115	0,3818	0,0000	-116,47	0,00	-32,73
2	123,56	2,1318	6,20	4628	2,0968	0,3847	0,0000	-119,02	0,31	-33,17
2	126,14	2,1168	6,22	4644	2,0821	0,3818	0,0000	-121,70	0,00	-33,17

2	127,69	2,1018	6,24	4660	2,0674	0,3790	-0,0049	-123,30	0,31	-33,17
2	131,54	2,0846	6,26	4676	2,0478	0,3903	0,0000	-127,40	0,00	-32,73
2	134,94	2,0686	6,29	4692	2,0331	0,3818	0,0000	-130,91	0,31	-32,73
2	137,14	2,0526	6,31	4708	2,0184	0,3734	0,0000	-133,29	0,31	-32,28
2	139,45	2,0334	6,34	4724	1,9988	0,3734	0,0000	-135,66	0,31	-32,28
2	140,20	2,0237	6,36	4740	1,9890	0,3734	0,0000	-136,43	0,00	-32,28
2	142,88	2,0045	6,37	4756	1,9694	0,3734	0,0000	-139,29	0,00	-31,84
2	144,27	1,9895	6,40	4772	1,9547	0,3705	0,0000	-140,71	0,00	-31,84
2	145,66	1,9809	6,42	4788	1,9449	0,3762	0,0000	-142,14	0,00	-31,84
2	148,16	1,9542	6,45	4804	1,9204	0,3620	0,0000	-144,70	0,31	-31,84
2	149,92	1,9403	6,47	4820	1,9057	0,3649	0,0000	-146,60	0,31	-31,40
2	151,70	1,9211	6,48	4836	1,8861	0,3649	0,0000	-148,32	0,00	-31,84
2	153,09	1,9061	6,50	4852	1,8714	0,3620	0,0000	-149,92	0,31	-30,96
2	155,24	1,8922	6,52	4868	1,8567	0,3649	0,0000	-152,12	0,00	-30,96
2	156,17	1,8762	6,53	4884	1,8420	0,3564	0,0000	-153,07	0,00	-30,96
2	157,95	1,8569	6,56	4900	1,8224	0,3564	0,0000	-154,97	0,00	-30,52
2	158,97	1,8431	6,57	4916	1,8077	0,3592	0,0000	-156,10	0,31	-30,07
2	161,23	1,8281	6,60	4932	1,7930	0,3564	0,0000	-158,48	0,31	-29,63
2	162,24	1,8120	6,61	4948	1,7783	0,3479	0,0000	-159,43	0,31	-30,07
2	162,63	1,7982	6,64	4964	1,7636	0,3507	0,0000	-159,91	0,31	-29,63
2	165,44	1,7768	6,66	4980	1,7440	0,3394	0,0000	-162,76	0,31	-29,63
2	165,44	1,7640	6,68	4996	1,7293	0,3479	0,0000	-162,76	0,31	-29,63
2	166,29	1,7426	6,70	5012	1,7097	0,3366	0,0000	-163,71	0,31	-29,19
2	167,52	1,7352	6,72	5028	1,6999	0,3479	0,0000	-164,96	0,00	-29,19
2	169,03	1,7095	6,76	5044	1,6755	0,3394	0,0000	-166,56	0,31	-28,75
2	171,76	1,6934	6,79	5060	1,6608	0,3309	0,0000	-169,41	0,31	-28,30
2	171,76	1,6903	6,81	5076	1,6559	0,3394	0,0000	-169,41	0,31	-28,30
2	171,22	1,6753	6,82	5092	1,6412	0,3366	0,0000	-168,94	0,31	-27,86
2	171,37	1,6496	6,85	5108	1,6167	0,3281	0,0000	-169,24	0,00	-26,98
2	173,83	1,6293	6,86	5124	1,5971	0,3224	-0,0049	-171,79	0,31	-26,54
2	175,06	1,6101	6,89	5140	1,5775	0,3224	0,0000	-173,04	0,00	-26,54
2	176,05	1,6059	6,92	5156	1,5726	0,3253	0,0000	-174,17	0,31	-25,65
2	173,03	1,5909	6,94	5172	1,5579	0,3224	0,0000	-171,32	0,31	-24,32
2	176,86	1,5652	6,96	5188	1,5334	0,3140	0,0000	-175,12	0,31	-24,77
2	178,57	1,5449	6,98	5204	1,5138	0,3083	0,0000	-176,84	0,00	-24,77
2	179,86	1,5364	7,01	5220	1,5040	0,3140	0,0000	-178,27	0,00	-23,88
2	181,34	1,5226	7,03	5236	1,4893	0,3168	-0,0049	-179,87	0,31	-23,00
2	179,74	1,5065	7,05	5252	1,4746	0,3083	0,0000	-178,27	0,00	-23,00
2	181,52	1,4904	7,07	5268	1,4599	0,2998	0,0000	-180,17	0,00	-22,11
2	179,63	1,4777	7,09	5284	1,4452	0,3083	0,0000	-178,27	0,00	-22,11
2	180,76	1,4616	7,11	5300	1,4305	0,2998	0,0000	-179,40	0,31	-22,11
2	183,59	1,4478	7,13	5316	1,4158	0,3026	0,0000	-182,25	0,31	-22,11
2	182,31	1,4286	7,16	5332	1,3962	0,3026	0,0000	-181,12	0,00	-20,79
2	182,49	1,4071	7,18	5348	1,3766	0,2913	0,0000	-181,30	0,31	-20,79
2	186,22	1,3845	7,18	5364	1,3570	0,2744	0,0000	-185,10	0,31	-20,34
2	187,26	1,3664	7,22	5380	1,3374	0,2800	0,0000	-186,05	0,31	-21,23
2	186,32	1,3610	7,23	5396	1,3325	0,2772	0,0000	-185,10	0,31	-21,23

2	189,15	1,3407	7,25	5412	1,3129	0,2715	0,0000	-187,95	0,31	-21,23
2	189,01	1,3269	7,28	5428	1,2982	0,2744	-0,0049	-187,95	0,31	-19,90
2	188,78	1,3077	7,31	5444	1,2786	0,2744	0,0000	-187,77	0,00	-19,46
2	189,01	1,2916	7,33	5460	1,2639	0,2659	0,0000	-187,95	0,31	-19,90
2	189,95	1,2713	7,35	5476	1,2443	0,2602	0,0000	-188,91	0,31	-19,90
2	190,85	1,2587	7,36	5492	1,2296	0,2687	0,0000	-189,86	0,31	-19,46
2	190,45	1,2437	7,39	5508	1,2149	0,2659	0,0000	-189,86	0,31	-15,04
2	191,40	1,2275	7,42	5524	1,2003	0,2574	0,0000	-190,81	0,31	-15,04
2	190,78	1,2103	7,44	5540	1,1856	0,2432	0,0049	-190,15	0,00	-15,48
2	189,61	1,1911	7,46	5556	1,1660	0,2432	0,0049	-188,91	0,31	-16,36
2	194,07	1,1761	7,49	5572	1,1513	0,2404	0,0000	-193,18	0,31	-18,57
2	193,52	1,1665	7,52	5588	1,1415	0,2404	0,0000	-192,71	0,31	-17,69
2	195,30	1,1432	7,55	5604	1,1170	0,2432	-0,0049	-194,61	0,31	-16,36
2	195,42	1,1282	7,58	5620	1,1023	0,2404	-0,0049	-194,91	0,00	-14,15
2	194,00	1,1216	7,59	5636	1,0974	0,2319	0,0000	-193,66	0,31	-11,50
2	192,45	1,1013	7,62	5652	1,0778	0,2263	0,0049	-192,05	0,00	-12,38
2	196,24	1,0744	7,65	5668	1,0533	0,2121	0,0049	-195,56	0,31	-16,36
2	196,83	1,0606	7,67	5684	1,0386	0,2150	0,0000	-196,04	0,31	-17,69
2	197,05	1,0403	7,69	5700	1,0190	0,2093	-0,0049	-196,51	0,31	-14,59
2	198,86	1,0265	7,73	5716	1,0043	0,2121	-0,0049	-198,41	0,31	-13,27
2	197,11	1,0222	7,75	5732	0,9994	0,2150	0,0000	-196,99	0,31	-7,08
2	197,21	1,0073	7,78	5748	0,9847	0,2121	0,0049	-196,99	0,31	-9,29
2	198,20	0,9847	7,80	5764	0,9651	0,1952	0,0098	-197,94	0,31	-10,17
2	198,03	0,9666	7,82	5780	0,9455	0,2008	0,0000	-197,46	0,31	-15,04
2	199,93	0,9451	7,83	5796	0,9259	0,1895	0,0000	-199,36	0,31	-15,04
2	200,75	0,9259	7,85	5812	0,9063	0,1895	-0,0049	-200,31	0,31	-13,27
2	201,09	0,9045	7,88	5828	0,8867	0,1782	-0,0098	-200,79	0,31	-11,06
2	200,69	0,8960	7,90	5844	0,8769	0,1838	0,0000	-200,61	0,00	-5,75
2	200,23	0,8799	7,94	5860	0,8622	0,1754	0,0049	-200,13	0,00	-6,19
2	201,90	0,8607	7,96	5876	0,8426	0,1754	0,0049	-201,74	0,31	-7,96
2	203,80	0,8478	7,98	5892	0,8328	0,1584	0,0049	-203,64	0,31	-7,96
2	203,79	0,8339	8,02	5908	0,8181	0,1612	0,0000	-203,46	0,00	-11,50
2	203,72	0,8072	8,03	5924	0,7936	0,1471	-0,0049	-203,46	0,00	-10,17
2	203,64	0,7879	8,08	5940	0,7740	0,1471	-0,0098	-203,46	0,00	-8,40
2	203,50	0,7847	8,12	5956	0,7691	0,1556	0,0000	-203,46	0,00	-3,98
2	202,55	0,7676	8,14	5972	0,7544	0,1414	0,0000	-202,51	0,00	-3,98
2	203,50	0,7548	8,17	5988	0,7397	0,1499	0,0000	-203,46	0,00	-3,98
2	204,00	0,7398	8,18	6004	0,7250	0,1471	0,0049	-203,94	0,00	-4,86
2	203,26	0,7196	8,21	6020	0,7055	0,1414	0,0098	-203,17	0,31	-6,19
2	205,77	0,6981	8,22	6036	0,6859	0,1301	0,0000	-205,54	0,31	-9,73
2	202,39	0,6821	8,26	6052	0,6712	0,1216	-0,0049	-202,22	0,31	-8,40
2	207,33	0,6671	8,27	6068	0,6565	0,1188	-0,0049	-207,27	0,00	-5,31
2	204,12	0,6575	8,30	6084	0,6467	0,1188	0,0000	-204,12	0,31	0,88
2	205,37	0,6382	8,33	6100	0,6271	0,1188	0,0049	-205,36	0,00	-1,33
2	204,90	0,6160	8,35	6116	0,6075	0,1018	0,0049	-204,89	0,00	-2,21
2	207,30	0,5913	8,38	6132	0,5830	0,0990	0,0049	-207,27	0,00	-3,54
2	208,99	0,5843	8,42	6148	0,5781	0,0849	0,0000	-208,87	0,31	-7,08

2	209,45	0,5677	8,47	6164	0,5585	0,1018	0,0000	-209,35	0,31	-6,63
2	208,98	0,5421	8,48	6180	0,5340	0,0933	-0,0049	-208,87	0,31	-6,63
2	210,35	0,5378	8,51	6196	0,5291	0,0962	-0,0049	-210,30	0,31	-4,86
2	208,23	0,5209	8,53	6212	0,5144	0,0820	0,0000	-208,22	0,00	2,65
2	206,32	0,5051	8,56	6228	0,4997	0,0735	0,0049	-206,31	0,00	0,88
2	209,82	0,4760	8,58	6244	0,4703	0,0735	0,0000	-209,82	0,31	-0,44
2	209,64	0,4716	8,61	6260	0,4654	0,0764	0,0000	-209,64	0,00	-0,44
2	209,17	0,4558	8,64	6276	0,4507	0,0679	0,0000	-209,17	0,00	1,33
2	209,17	0,4364	8,66	6292	0,4311	0,0679	0,0049	-209,17	0,00	-0,44
2	210,78	0,4171	8,67	6308	0,4115	0,0679	0,0000	-210,77	0,31	-1,33
2	212,02	0,3952	8,70	6324	0,3919	0,0509	-0,0049	-212,02	0,00	-0,44
2	209,85	0,3893	8,73	6340	0,3870	0,0424	0,0000	-209,82	0,31	3,54
2	211,27	0,3751	8,76	6356	0,3723	0,0453	0,0000	-211,25	0,31	3,10
2	208,99	0,3590	8,79	6372	0,3576	0,0311	0,0000	-208,87	0,31	7,08
2	211,80	0,3400	8,82	6388	0,3380	0,0368	0,0000	-211,72	0,31	5,75
2	212,71	0,3265	8,84	6404	0,3233	0,0453	0,0000	-212,67	0,31	3,98
2	214,12	0,3108	8,88	6420	0,3086	0,0368	0,0000	-214,10	0,31	2,65
2	212,98	0,2959	8,92	6436	0,2939	0,0339	0,0000	-212,97	0,00	2,21
2	213,15	0,2753	8,94	6452	0,2743	0,0226	0,0049	-213,15	0,31	0,44
2	210,30	0,2604	8,96	6468	0,2596	0,0198	0,0049	-210,30	0,31	0,00
2	214,10	0,2352	8,99	6484	0,2352	0,0057	0,0000	-214,10	0,31	-0,88
2	215,05	0,2267	9,01	6500	0,2254	0,0000	-0,0245	-215,05	0,31	-0,88
2	211,85	0,2107	9,06	6516	0,2107	0,0028	-0,0049	-211,25	0,31	15,92
2	213,48	0,1921	9,09	6532	0,1911	-0,0198	0,0000	-213,15	0,31	11,94
2	214,63	0,1767	9,12	6548	0,1764	-0,0113	0,0000	-214,58	0,31	4,86
2	214,41	0,1577	9,13	6564	0,1568	-0,0170	0,0000	-214,10	0,31	11,50
2	214,64	0,1443	9,15	6580	0,1421	-0,0255	0,0000	-214,40	0,00	10,17
2	216,18	0,1279	9,18	6596	0,1274	-0,0113	0,0000	-216,00	0,31	8,85
2	215,49	0,1188	9,21	6612	0,1176	-0,0170	0,0000	-215,05	0,31	13,71
2	216,49	0,1076	9,23	6628	0,1029	-0,0311	-0,0049	-216,00	0,31	14,59
2	216,40	0,1049	9,25	6644	0,1029	-0,0198	0,0049	-216,30	0,00	6,63
2	213,56	0,1101	9,28	6667	0,1078	-0,0113	-0,0196	-213,15	0,31	13,27
2	209,05	0,1131	9,30	6683	0,1127	-0,0085	0,0049	-207,92	0,31	21,67
2	203,47	0,1444	9,34	6699	0,1421	0,0085	0,0245	-203,46	0,00	2,21
2	200,62	0,1560	9,37	6707	0,1519	0,0198	0,0294	-200,61	0,00	-2,21
2	195,14	0,2167	9,43	6723	0,2058	0,0679	-0,0049	-195,09	0,31	-4,42
2	189,89	0,2750	9,51	6734	0,2547	0,1018	-0,0196	-189,86	0,31	-3,54
2	182,47	0,2397	9,54	6747	0,2254	0,0792	-0,0196	-181,77	0,31	15,92
2	174,29	0,0855	9,63	6763	0,0294	-0,0170	-0,0785	-168,46	0,31	44,67
3	169,61	0,0669	9,83	6772	0,0343	-0,0198	-0,0540	-159,73	0,00	57,05

4. Веер смещенных окружностей (ANT 21)

R=	15,51	h=	1,038							
	G	Э%	S %	Time	Э1 %	Э2 %	Э3 %	S1	S2	S3

	MPa							MPa	MPa	MPa
1	0,00	0	0	0	-0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00
1	30,03	4,09E-02	3,15E-02	103	0,0000	-0,0113	0,0393	0,47	0,00	30,03
1	56,12	6,96E-02	6,96E-02	168	0,0098	-0,0057	0,0687	1,90	0,00	56,09
1	80,73	9,93E-02	0,110958	239	0,0147	-0,0028	0,0981	7,59	0,00	80,38
1	94,70	0,127417	0,139956	279	0,0343	-0,0028	0,1227	14,24	0,00	93,62
1	102,00	0,138173	0,209243	303	0,0392	0,0000	0,1325	16,32	-0,31	100,69
1	106,20	0,15526	0,242657	327	0,0490	0,0057	0,1472	20,41	0,00	104,22
1	109,65	0,166048	0,261104	351	0,0539	-0,0028	0,1570	22,48	-0,31	107,32
1	113,24	0,172375	0,288141	375	0,0588	0,0057	0,1619	25,15	0,00	110,41
1	117,22	0,18503	0,303119	399	0,0686	0,0057	0,1718	27,53	0,00	113,94
1	118,53	0,198091	0,318096	423	0,0784	0,0113	0,1816	29,42	0,00	114,82
1	121,82	0,211027	0,336899	447	0,0882	0,0113	0,1914	32,27	0,00	117,47
1	122,88	0,217262	0,359842	471	0,0931	-0,0028	0,1963	36,07	0,00	117,47
1	124,30	0,232861	0,392931	495	0,1078	0,0113	0,2061	37,97	0,00	118,36
1	125,20	0,241626	0,419995	519	0,1176	0,0057	0,2110	40,81	0,00	118,36
1	126,07	0,250756	0,434973	543	0,1274	0,0057	0,2159	44,61	0,00	117,91
1	128,51	0,264146	0,455607	567	0,1372	0,0000	0,2257	47,93	0,00	119,24
1	129,17	0,272083	0,480066	591	0,1519	0,0028	0,2257	51,73	0,00	118,36
1	128,73	0,281675	0,507104	615	0,1617	0,0028	0,2306	54,58	0,00	116,59
1	129,57	0,295453	0,535349	639	0,1715	0,0085	0,2405	57,42	0,00	116,15
1	130,51	0,30431	0,5673	663	0,1862	0,0113	0,2405	61,22	0,00	115,26
1	130,72	0,310194	0,593581	687	0,1960	0,0000	0,2405	64,07	0,00	113,94
1	131,90	0,320269	0,630443	711	0,2058	0,0057	0,2454	66,44	0,00	113,94
1	132,72	0,329964	0,647414	735	0,2205	0,0085	0,2454	70,24	0,00	112,61
1	132,62	0,340183	0,666216	759	0,2303	0,0085	0,2503	72,14	0,00	111,29
1	133,45	0,350195	0,67753	783	0,2449	0,0000	0,2503	76,88	0,00	109,08
1	132,42	0,360751	0,692985	807	0,2547	0,0113	0,2552	78,78	0,00	106,43
1	131,25	0,368017	0,713619	831	0,2694	0,0141	0,2503	82,58	0,00	102,02
1	132,05	0,374994	0,740388	855	0,2792	0,0028	0,2503	85,43	0,00	100,69
1	132,56	0,386094	0,761499	879	0,2939	0,0057	0,2503	89,70	0,00	97,60
1	131,31	0,386674	0,780302	903	0,2988	-0,0028	0,2454	92,07	0,00	93,62
1	129,96	0,399115	0,817896	927	0,3184	0,0085	0,2405	94,92	0,00	88,77
1	125,17	0,406975	0,832873	951	0,3282	0,0085	0,2405	94,44	0,00	82,14
1	126,37	0,412481	0,857333	975	0,3380	0,0198	0,2356	98,24	0,00	79,49
1	127,32	0,420167	0,87578	999	0,3478	0,0085	0,2356	102,51	0,00	75,52
1	126,61	0,423373	0,907933	1023	0,3576	0,0198	0,2257	105,36	0,00	70,22
1	127,68	0,429136	0,921078	1047	0,3674	0,0198	0,2208	109,15	0,00	66,24
1	127,73	0,435098	0,939881	1071	0,3772	0,0198	0,2159	111,53	0,00	62,27
1	126,77	0,443387	0,953026	1095	0,3919	0,0226	0,2061	113,90	0,00	55,64
1	127,42	0,452071	0,966172	1119	0,4017	0,0226	0,2061	116,27	0,00	52,11
1	126,18	0,454406	0,989882	1143	0,4115	0,0226	0,1914	117,70	0,00	45,49
1	125,70	0,461049	1,010516	1167	0,4213	0,0170	0,1865	118,65	0,00	41,51
1	126,25	0,463698	1,03346	1191	0,4262	0,0198	0,1816	120,54	0,00	37,54
1	125,86	0,46931	1,057934	1215	0,4360	0,0255	0,1718	122,44	0,00	29,15
1	125,59	0,475328	1,082407	1239	0,4458	0,0311	0,1619	123,39	0,00	23,41
1	125,12	0,476225	1,107183	1263	0,4507	0,0226	0,1521	123,87	0,00	17,67

1	125,38	0,482822	1,125985	1287	0,4605	0,0283	0,1423	124,82	0,00	11,92
1	124,93	0,483578	1,151921	1311	0,4654	0,0311	0,1276	124,82	0,00	5,30
1	124,82	0,486863	1,176025	1335	0,4703	0,0283	0,1227	124,82	0,00	-0,44
1	124,95	0,489411	1,207159	1359	0,4752	0,0311	0,1129	124,82	0,00	-5,74
1	124,83	0,491557	1,227794	1383	0,4801	0,0226	0,1031	124,34	0,00	-11,04
1	125,72	0,494347	1,256093	1407	0,4850	0,0368	0,0883	124,34	0,00	-18,55
1	124,92	0,497728	1,280566	1431	0,4899	0,0396	0,0785	122,44	0,00	-24,73
1	125,15	0,495855	1,293712	1455	0,4899	0,0339	0,0687	121,49	0,00	-30,03
1	124,83	0,498704	1,317436	1479	0,4948	0,0311	0,0540	119,60	0,00	-35,77
1	125,85	0,502791	1,324925	1503	0,4997	0,0339	0,0442	118,65	0,00	-41,95
1	126,06	0,497034	1,352235	1527	0,4948	0,0368	0,0294	117,22	0,00	-46,37
1	126,37	0,501647	1,386432	1551	0,4997	0,0396	0,0196	115,32	0,00	-51,67
1	126,31	0,500943	1,415799	1583	0,4997	0,0339	0,0098	112,95	0,00	-56,53
1	126,71	0,500943	1,441085	1607	0,4997	0,0339	-0,0098	110,10	0,00	-62,71
1	127,57	0,501064	1,470402	1631	0,4997	0,0339	-0,0147	108,21	0,00	-67,57
1	128,63	0,502126	1,491925	1655	0,4997	0,0396	-0,0294	106,31	0,00	-72,43
1	125,80	0,497416	1,509228	1679	0,4948	0,0255	-0,0442	100,61	0,00	-75,52
1	129,19	0,499089	1,538124	1703	0,4948	0,0368	-0,0540	100,43	0,31	-81,26
1	127,34	0,490165	1,575121	1727	0,4850	0,0311	-0,0638	95,39	0,00	-84,35
1	130,00	0,496977	1,603721	1751	0,4899	0,0396	-0,0736	95,39	0,00	-88,33
1	130,35	0,493493	1,63334	1775	0,4850	0,0368	-0,0834	91,60	0,00	-92,74
1	131,28	0,491627	1,662959	1799	0,4801	0,0396	-0,0981	87,80	0,00	-97,60
1	131,81	0,489154	1,684851	1823	0,4752	0,0424	-0,1080	84,00	0,00	-101,57
1	131,29	0,486439	1,71558	1847	0,4703	0,0396	-0,1178	79,26	0,00	-104,67
1	130,10	0,479491	1,741871	1871	0,4605	0,0396	-0,1276	72,91	0,31	-107,76
1	130,86	0,47689	1,767053	1895	0,4556	0,0311	-0,1374	70,24	0,00	-110,41
1	129,56	0,472075	1,784038	1919	0,4458	0,0311	-0,1521	64,07	0,00	-112,61
1	131,13	0,469267	1,80284	1943	0,4409	0,0339	-0,1570	61,70	0,00	-115,71
1	130,94	0,465751	1,822725	1967	0,4311	0,0396	-0,1718	56,00	0,00	-118,36
1	130,41	0,460026	1,854673	1991	0,4213	0,0339	-0,1816	50,78	0,00	-120,12
1	130,56	0,456971	1,871288	2015	0,4164	0,0255	-0,1865	47,93	0,00	-121,45
1	130,98	0,450125	1,899889	2039	0,4066	0,0255	-0,1914	43,19	0,00	-123,66
1	129,64	0,445638	1,925366	2063	0,3968	0,0255	-0,2012	37,49	0,00	-124,10
1	129,58	0,439218	1,945729	2087	0,3870	0,0255	-0,2061	32,57	0,31	-125,42
1	128,94	0,43298	1,958874	2111	0,3772	0,0255	-0,2110	28,00	0,00	-125,86
1	127,82	0,427306	1,977677	2135	0,3674	0,0311	-0,2159	22,31	0,00	-125,86
1	127,46	0,419369	2,011801	2159	0,3576	0,0368	-0,2159	17,09	0,00	-126,30
1	128,27	0,413644	2,040267	2183	0,3478	0,0368	-0,2208	12,81	0,00	-127,63
1	128,66	0,417914	2,064741	2207	0,3429	0,0396	-0,2356	12,34	0,00	-128,07
1	127,63	0,396137	2,085853	2343	0,3135	0,0283	-0,2405	0,47	0,00	-127,63
1	129,54	0,376272	2,152033	2475	0,2792	0,0311	-0,2503	-12,34	0,00	-128,95
1	131,08	0,361968	2,176492	2527	0,2596	0,0311	-0,2503	-18,03	0,00	-129,84
1	132,29	0,350606	2,212215	2556	0,2449	0,0170	-0,2503	-22,96	0,31	-130,28
1	132,86	0,33697	2,239279	2583	0,2254	0,0113	-0,2503	-28,18	0,31	-129,84
1	130,25	0,326797	2,265571	2607	0,2156	0,0113	-0,2454	-31,80	0,00	-126,30
1	129,44	0,30431	2,285771	2646	0,1862	0,0113	-0,2405	-40,99	0,31	-122,77
1	130,71	0,302649	2,320396	2670	0,1764	0,0170	-0,2454	-46,03	0,00	-122,33

1	129,64	0,289877	2,345577	2694	0,1617	0,0085	-0,2405	-49,83	0,00	-119,68
1	127,93	0,276284	2,372887	2718	0,1519	0,0085	-0,2306	-53,63	0,00	-116,15
1	126,02	0,267098	2,39583	2742	0,1421	0,0141	-0,2257	-57,42	0,00	-112,17
1	125,03	0,257553	2,418102	2766	0,1323	0,0085	-0,2208	-62,65	0,00	-108,20
1	123,49	0,246119	2,442562	2790	0,1176	0,0113	-0,2159	-66,92	0,00	-103,78
1	120,63	0,232861	2,465505	2814	0,1078	0,0113	-0,2061	-70,89	0,31	-97,60
1	120,75	0,223789	2,489609	2838	0,0980	0,0000	-0,2012	-75,16	0,31	-94,51
1	117,38	0,208893	2,512552	2862	0,0833	0,0085	-0,1914	-78,31	0,00	-87,44
1	115,55	0,20472	2,541499	2886	0,0833	0,0141	-0,1865	-79,91	0,31	-83,47
1	114,49	0,196387	2,558786	2910	0,0735	0,0141	-0,1816	-83,23	0,31	-78,61
1	113,22	0,178792	2,597752	2934	0,0637	0,0085	-0,1668	-87,03	0,31	-72,43
1	110,66	0,168059	2,610898	2958	0,0588	0,0113	-0,1570	-87,98	0,31	-67,13
1	109,62	0,15526	2,644512	2982	0,0490	0,0057	-0,1472	-91,12	0,00	-60,94
1	107,53	0,144333	2,65949	3006	0,0441	0,0028	-0,1374	-92,54	0,00	-54,76
1	108,24	0,131055	2,684968	3030	0,0294	-0,0057	-0,1276	-96,05	0,31	-49,90
1	107,19	0,120329	2,725042	3054	0,0245	0,0028	-0,1178	-97,47	0,31	-44,60
1	105,05	0,110741	2,75052	3078	0,0245	-0,0028	-0,1080	-97,94	0,31	-37,98
1	104,47	0,100243	2,790935	3102	0,0196	0,0057	-0,0981	-99,37	0,31	-32,24
1	102,48	8,51E-02	2,823374	3126	0,0147	-0,0085	-0,0834	-99,66	0,00	-23,85
1	100,85	7,99E-02	2,863635	3150	0,0147	0,0028	-0,0785	-99,37	0,31	-17,22
1	100,48	7,03E-02	2,882437	3174	0,0098	0,0113	-0,0687	-99,66	0,00	-12,81
1	100,89	5,43E-02	2,913586	3198	0,0049	0,0028	-0,0540	-100,79	0,31	-4,42
1	99,49	3,97E-02	2,928564	3222	0,0049	0,0028	-0,0393	-99,37	0,31	4,86
1	99,09	3,10E-02	2,961977	3246	0,0049	0,0085	-0,0294	-98,42	0,31	11,48
1	100,31	1,58E-02	3,001018	3270	0,0000	0,0057	-0,0147	-97,94	0,31	21,64
1	99,86	7,49E-03	3,024728	3294	0,0000	0,0057	-0,0049	-95,10	0,31	30,47
2	100,08	5,66E-03	3,037874	3312	0,0000	0,0057	0,0000	-94,44	0,00	33,12
2	102,28	9,81E-03	3,055926	3336	0,0000	0,0000	0,0098	-93,67	0,31	41,07
2	103,69	2,27E-02	3,071792	3360	0,0000	0,0113	0,0196	-90,65	0,00	50,35
2	105,32	3,48E-02	3,094258	3384	0,0000	-0,0057	0,0344	-89,70	0,00	55,20
2	107,53	4,45E-02	3,119413	3408	0,0000	0,0057	0,0442	-87,98	0,31	61,83
2	104,71	3,97E-02	3,138215	3437	0,0049	0,0028	0,0393	-86,08	0,31	59,62
2	111,49	0,064543	3,172758	3467	0,0049	0,0085	0,0638	-84,00	0,00	73,31
2	114,25	0,079126	3,194968	3491	0,0049	0,0085	0,0785	-81,63	0,00	79,93
2	116,19	0,093923	3,21044	3515	0,0098	0,0057	0,0932	-78,96	0,31	85,23
2	118,89	0,104135	3,225417	3539	0,0098	0,0113	0,1031	-77,06	0,31	90,53
2	117,41	0,103673	3,24347	3563	0,0098	0,0057	0,1031	-74,21	0,31	90,97
2	124,26	0,12921	3,269776	3614	0,0196	0,0057	0,1276	-68,99	0,31	103,34
2	127,36	0,154112	3,302461	3652	0,0245	0,0028	0,1521	-64,25	0,31	109,96
2	129,63	0,169513	3,341487	3684	0,0294	0,0057	0,1668	-59,32	0,00	115,26
2	131,13	0,179983	3,363698	3708	0,0343	-0,0028	0,1767	-55,53	0,00	118,80
2	132,01	0,195439	3,386164	3732	0,0392	0,0057	0,1914	-51,73	0,00	121,45
2	132,79	0,21079	3,410637	3756	0,0441	-0,0028	0,2061	-48,41	0,00	123,66
2	132,82	0,216922	3,447766	3782	0,0490	-0,0113	0,2110	-42,42	0,31	125,86
2	131,94	0,228591	3,47149	3806	0,0588	-0,0057	0,2208	-38,15	0,31	126,30
2	132,98	0,24304	3,49601	3830	0,0588	-0,0113	0,2356	-34,17	0,00	128,51
2	133,45	0,249151	3,509155	3854	0,0637	-0,0141	0,2405	-30,85	0,00	129,84

2	135,55	0,265566	3,534633	3878	0,0735	-0,0028	0,2552	-28,65	0,31	132,49
2	136,02	0,276577	3,558737	3902	0,0784	-0,0113	0,2650	-24,38	0,31	133,81
2	136,26	0,291866	3,584672	3926	0,0833	-0,0028	0,2797	-20,59	0,31	134,70
2	136,74	0,302874	3,609448	3950	0,0882	-0,0113	0,2895	-17,74	0,31	135,58
2	137,15	0,310365	3,648873	3974	0,0980	-0,0057	0,2944	-13,76	0,00	136,46
2	137,73	0,321289	3,669507	3998	0,1029	-0,0085	0,3043	-10,26	-0,31	137,35
2	137,53	0,333777	3,696521	4022	0,1127	-0,0085	0,3141	-7,12	0,00	137,35
2	137,43	0,340002	3,709666	4046	0,1176	-0,0057	0,3190	-4,93	0,31	137,35
2	138,70	0,355745	3,736768	4070	0,1225	-0,0141	0,3337	-3,03	0,31	138,67
2	140,93	0,385637	3,770181	4150	0,1421	-0,0141	0,3582	3,80	0,00	140,88
2	143,29	0,417595	3,81828	4259	0,1666	-0,0113	0,3828	13,58	0,31	142,65
2	144,82	0,445679	3,874391	4337	0,1911	-0,0141	0,4024	24,97	0,31	142,65
2	144,45	0,460714	3,902636	4361	0,2058	0,0000	0,4122	29,90	0,00	141,32
2	145,82	0,469663	3,936052	4394	0,2156	-0,0113	0,4171	34,17	0,00	141,76
2	145,18	0,482895	3,958338	4418	0,2254	-0,0113	0,4269	38,44	0,00	140,00
2	144,77	0,499113	3,989526	4442	0,2498	-0,0141	0,4318	44,43	0,31	137,79
2	144,12	0,505743	4,007515	4466	0,2547	-0,0113	0,4368	48,88	0,00	135,58
2	144,39	0,515324	4,023736	4490	0,2645	-0,0226	0,4417	53,15	0,00	134,25
2	144,02	0,526754	4,063153	4514	0,2792	-0,0085	0,4466	56,48	0,00	132,49
2	144,35	0,536258	4,084264	4538	0,2890	-0,0141	0,4515	60,27	0,00	131,16
2	145,39	0,548244	4,111628	4562	0,3037	-0,0057	0,4564	64,54	0,00	130,28
2	144,72	0,55787	4,139555	4586	0,3135	-0,0113	0,4613	67,39	0,00	128,07
2	144,82	0,56746	4,155777	4610	0,3233	-0,0113	0,4662	70,06	0,31	126,75
2	145,07	0,577236	4,174579	4634	0,3331	-0,0170	0,4711	72,91	0,31	125,42
2	145,89	0,585657	4,19569	4658	0,3478	-0,0085	0,4711	76,70	0,31	124,10
2	145,78	0,591474	4,214492	4682	0,3576	-0,0028	0,4711	78,60	0,31	122,77
2	146,33	0,601486	4,236408	4706	0,3674	-0,0141	0,4760	80,97	0,31	121,89
2	146,93	0,61435	4,273566	4730	0,3821	-0,0113	0,4809	83,35	0,31	121,01
2	147,40	0,6242	4,301811	4754	0,3919	0,0000	0,4858	85,43	0,00	120,12
2	148,08	0,633538	4,324438	4778	0,4066	-0,0028	0,4858	87,80	0,00	119,24
2	148,09	0,643654	4,34324	4802	0,4164	-0,0085	0,4907	90,17	0,00	117,47
2	148,51	0,653227	4,364351	4826	0,4311	-0,0057	0,4907	92,54	0,00	116,15
2	148,82	0,660129	4,379806	4850	0,4360	-0,0028	0,4956	95,21	0,31	114,38
2	148,39	0,669945	4,415428	4874	0,4507	0,0057	0,4956	96,64	0,31	112,61
2	147,96	0,679949	4,443214	4898	0,4654	0,0085	0,4956	99,48	0,31	109,52
2	148,60	0,693665	4,459435	4922	0,4801	0,0113	0,5005	102,33	0,31	107,76
2	148,67	0,700414	4,493175	4946	0,4899	0,0057	0,5005	104,70	0,31	105,55
2	148,20	0,707442	4,527727	4970	0,5046	0,0141	0,4956	107,08	0,31	102,46
2	149,67	0,710894	4,544697	4994	0,5095	0,0113	0,4956	109,92	0,31	101,57
2	148,65	0,721683	4,565809	5018	0,5242	0,0198	0,4956	111,35	0,31	98,48
2	147,92	0,732248	4,593921	5042	0,5389	0,0113	0,4956	112,30	0,31	96,27
2	148,88	0,739748	4,617275	5066	0,5487	0,0226	0,4956	114,67	0,31	94,95
2	147,02	0,743539	4,636077	5090	0,5585	0,0113	0,4907	115,15	0,31	91,42
2	147,81	0,754815	4,670569	5114	0,5732	0,0198	0,4907	117,52	0,31	89,65
2	149,04	0,762282	4,688622	5138	0,5830	0,0198	0,4907	120,37	0,31	87,88
2	150,07	0,770741	4,721342	5162	0,5977	0,0283	0,4858	123,21	0,31	85,68
2	149,36	0,77859	4,742454	5186	0,6075	0,0339	0,4858	124,16	0,31	83,03

2	148,23	0,785708	4,775683	5210	0,6173	0,0170	0,4858	125,11	0,31	79,49
2	148,27	0,794391	4,804298	5234	0,6320	0,0198	0,4809	126,54	0,31	77,28
2	148,77	0,799436	4,828801	5258	0,6418	0,0255	0,4760	128,43	0,31	75,08
2	148,89	0,808506	4,847603	5282	0,6565	0,0283	0,4711	130,33	0,31	71,98
2	147,43	0,813483	4,873081	5306	0,6663	0,0226	0,4662	130,81	0,31	68,01
2	149,76	0,822884	4,891883	5330	0,6810	0,0255	0,4613	133,65	0,31	67,57
2	150,06	0,827035	4,915529	5354	0,6859	0,0283	0,4613	135,08	0,31	65,36
2	149,79	0,836485	4,943458	5378	0,7006	0,0255	0,4564	136,03	0,31	62,71
2	148,25	0,842257	4,973574	5402	0,7104	0,0311	0,4515	135,73	0,00	59,62
2	150,44	0,852214	4,998349	5426	0,7250	0,0339	0,4466	138,87	0,31	57,85
2	150,49	0,85373	5,025386	5450	0,7299	0,0311	0,4417	140,00	0,00	55,20
2	150,12	0,857136	5,051677	5474	0,7397	0,0311	0,4318	141,43	0,00	50,35
2	149,82	0,865606	5,068916	5498	0,7495	0,0311	0,4318	141,72	0,31	48,58
2	151,69	0,873923	5,094394	5522	0,7642	0,0396	0,4220	144,57	0,31	45,93
2	150,47	0,882776	5,127115	5546	0,7740	0,0453	0,4220	143,15	0,31	46,37
2	150,05	0,884233	5,165507	5570	0,7838	0,0396	0,4073	145,04	0,31	38,42
2	149,85	0,890468	5,190984	5594	0,7936	0,0339	0,4024	145,52	0,31	35,77
2	150,98	0,897526	5,207599	5618	0,8034	0,0453	0,3975	147,60	0,00	31,80
2	151,20	0,902046	5,225652	5642	0,8132	0,0453	0,3877	148,37	0,31	29,15
2	149,87	0,908811	5,262662	5666	0,8230	0,0453	0,3828	147,89	0,31	24,29
2	149,99	0,909642	5,280715	5690	0,8279	0,0537	0,3730	148,55	0,00	20,76
2	149,78	0,916587	5,305174	5714	0,8377	0,0537	0,3680	148,84	0,31	16,78
2	149,06	0,922039	5,32709	5738	0,8475	0,0594	0,3582	148,55	0,00	12,37
2	151,11	0,928832	5,343311	5762	0,8573	0,0537	0,3533	150,74	0,31	10,60
2	148,45	0,925488	5,378179	5786	0,8573	0,0594	0,3435	148,37	0,31	4,86
2	148,85	0,935399	5,40739	5810	0,8720	0,0566	0,3337	148,84	0,31	1,77
2	150,27	0,941473	5,424005	5834	0,8818	0,0622	0,3239	150,26	0,31	-1,32
2	149,92	0,947358	5,44024	5858	0,8916	0,0622	0,3141	149,79	0,31	-6,18
2	150,82	0,953794	5,470356	5882	0,9014	0,0679	0,3043	150,44	0,00	-10,60
2	147,71	0,950708	5,492272	5906	0,9014	0,0679	0,2944	146,94	0,31	-15,02
2	149,34	0,957039	5,520516	5930	0,9112	0,0679	0,2846	148,07	0,00	-19,43
2	148,62	0,959484	5,545292	5954	0,9161	0,0764	0,2748	146,47	0,31	-25,17
2	148,96	0,96119	5,565926	5978	0,9210	0,0735	0,2650	145,99	0,31	-29,59
2	149,24	0,968395	5,586561	6002	0,9308	0,0792	0,2552	145,52	0,31	-33,12
2	149,04	0,970351	5,606445	6026	0,9357	0,0764	0,2454	144,57	0,31	-36,21
2	149,30	0,973355	5,630549	6050	0,9406	0,0849	0,2356	144,27	0,00	-38,42
2	149,26	0,975531	5,651183	6074	0,9455	0,0820	0,2257	143,62	0,31	-40,63
2	149,59	0,981027	5,673313	6098	0,9504	0,0905	0,2257	144,57	0,31	-38,42
2	148,02	0,980189	5,717382	6126	0,9553	0,0877	0,2012	139,82	0,31	-48,58
2	148,91	0,987792	5,74811	6150	0,9651	0,0877	0,1914	139,82	0,31	-51,23
2	149,56	0,9901	5,775211	6174	0,9700	0,0905	0,1767	139,35	0,31	-54,32
2	149,47	0,988396	5,791431	6198	0,9700	0,0905	0,1668	137,45	0,31	-58,74
2	150,03	0,991865	5,816207	6222	0,9749	0,0933	0,1570	136,50	0,31	-62,27
2	149,87	0,994046	5,83351	6246	0,9798	0,0962	0,1374	135,08	0,31	-64,92
2	150,15	0,99338	5,853889	6270	0,9798	0,0962	0,1325	133,18	0,31	-69,34
2	148,89	0,996174	5,87653	6294	0,9847	0,0877	0,1227	130,33	0,31	-71,98
2	150,56	1,001251	5,907665	6318	0,9896	0,1075	0,1080	130,51	0,00	-75,08

2	150,41	0,998559	5,929858	6342	0,9896	0,0905	0,0981	127,96	0,31	-79,05
2	151,50	1,003304	5,958805	6366	0,9945	0,0990	0,0883	127,01	0,31	-82,58
2	151,64	1,001572	5,981765	6390	0,9945	0,0933	0,0736	124,82	0,00	-86,12
2	151,73	1,006878	6,013918	6414	0,9994	0,1075	0,0589	122,74	0,31	-89,21
2	151,14	1,005763	6,037627	6438	0,9994	0,1018	0,0491	121,02	0,00	-90,53
2	152,19	1,004775	6,064937	6462	0,9994	0,0962	0,0393	118,94	0,31	-94,95
2	152,82	1,004997	6,086065	6486	0,9994	0,1018	0,0294	117,22	0,00	-98,04
2	152,67	1,004673	6,101536	6510	0,9994	0,1018	0,0147	114,38	0,00	-101,13
2	152,86	1,005787	6,121421	6534	0,9994	0,1131	0,0049	111,82	0,31	-104,22
2	152,97	1,004614	6,154834	6558	0,9994	0,1018	-0,0098	109,45	0,31	-106,87
2	153,65	1,004757	6,169556	6582	0,9994	0,1018	-0,0196	108,21	0,00	-109,08
2	154,10	1,004595	6,185791	6606	0,9994	0,0962	-0,0344	105,65	0,31	-112,17
2	154,55	1,005536	6,207985	6630	0,9994	0,1018	-0,0442	103,93	0,00	-114,38
2	154,15	1,001141	6,222963	6654	0,9945	0,0990	-0,0589	101,86	0,31	-115,71
2	152,84	1,001766	6,243597	6678	0,9945	0,0990	-0,0687	96,16	0,31	-118,80
2	154,27	1,002884	6,264369	6702	0,9945	0,0990	-0,0834	95,69	0,31	-121,01
2	154,91	1,004321	6,282423	6726	0,9945	0,1047	-0,0932	93,31	0,31	-123,66
2	154,91	1,001251	6,313201	6750	0,9896	0,1075	-0,1080	89,70	0,00	-126,30
2	155,44	1,001766	6,344336	6774	0,9896	0,1018	-0,1178	88,09	0,31	-128,07
2	155,66	0,999035	6,367295	6798	0,9847	0,1103	-0,1276	83,82	0,31	-131,16
2	155,25	0,995299	6,385348	6822	0,9798	0,1018	-0,1423	80,20	0,00	-132,93
2	155,05	0,997344	6,402651	6846	0,9798	0,1075	-0,1521	79,08	0,31	-133,37
2	156,63	0,993781	6,428966	6870	0,9749	0,1047	-0,1619	76,88	0,00	-136,46
2	155,89	0,991198	6,458726	6894	0,9700	0,1018	-0,1767	72,91	0,31	-137,79
2	155,76	0,988505	6,468541	6918	0,9651	0,1047	-0,1865	70,06	0,31	-139,11
2	155,76	0,985334	6,491007	6942	0,9602	0,1018	-0,1963	66,44	0,00	-140,88
2	155,11	0,982869	6,506478	6966	0,9553	0,1047	-0,2061	62,94	0,31	-141,76
2	156,19	0,981019	6,528	6990	0,9504	0,1018	-0,2208	60,57	0,31	-143,97
2	155,11	0,97825	6,546053	7014	0,9455	0,0990	-0,2306	57,72	0,31	-143,97
2	155,31	0,977399	6,58084	7038	0,9406	0,1018	-0,2454	54,87	0,31	-145,29
2	156,31	0,974858	6,609138	7062	0,9357	0,1103	-0,2503	52,97	0,31	-147,06
2	155,90	0,97181	6,632099	7086	0,9308	0,1018	-0,2601	49,18	0,31	-147,94
2	154,75	0,965741	6,66405	7110	0,9210	0,1075	-0,2699	45,38	0,31	-147,94
2	155,34	0,964192	6,677196	7134	0,9161	0,1103	-0,2797	43,01	0,31	-149,27
2	154,58	0,965124	6,69783	7158	0,9112	0,1075	-0,2993	40,16	0,31	-149,27
2	154,18	0,955879	6,726747	7182	0,9014	0,1075	-0,2993	36,84	0,31	-149,71
2	154,96	0,955681	6,7448	7206	0,8965	0,1047	-0,3141	34,64	0,00	-151,04
2	153,16	0,951403	6,771105	7230	0,8916	0,1075	-0,3141	30,19	0,31	-150,15
2	153,49	0,947236	6,799572	7254	0,8818	0,1075	-0,3288	27,35	0,31	-151,04
2	153,99	0,940977	6,833459	7278	0,8720	0,1018	-0,3386	25,15	0,00	-151,92
2	152,91	0,938536	6,851512	7302	0,8671	0,1047	-0,3435	20,88	0,00	-151,48
2	152,97	0,934415	6,864657	7326	0,8573	0,0990	-0,3582	17,85	0,31	-151,92
2	153,49	0,924846	6,885785	7350	0,8475	0,0933	-0,3582	14,53	0,31	-152,80
2	152,88	0,925907	6,920573	7374	0,8426	0,0905	-0,3730	12,63	0,31	-152,36
2	153,65	0,931709	6,950333	7398	0,8426	0,1075	-0,3828	11,21	0,31	-153,24
2	152,57	0,925728	6,97853	7441	0,8328	0,0962	-0,3926	8,07	0,00	-152,36
2	152,38	0,917094	7,003004	7492	0,8181	0,0990	-0,4024	2,67	0,31	-152,36

2	154,13	0,908115	7,027779	7537	0,8034	0,0962	-0,4122	0,30	0,31	-154,13
2	155,20	0,891557	7,058558	7634	0,7740	0,0962	-0,4318	-7,59	0,00	-155,01
2	155,29	0,883858	7,100122	7690	0,7544	0,0905	-0,4515	-14,89	0,31	-154,57
2	154,80	0,871057	7,128245	7717	0,7397	0,0877	-0,4515	-18,51	0,00	-153,69
2	154,82	0,857081	7,154536	7741	0,7201	0,0877	-0,4564	-22,01	0,31	-153,24
2	156,48	0,849279	7,176666	7765	0,7055	0,0792	-0,4662	-24,38	0,31	-154,57
2	157,03	0,841709	7,214354	7789	0,6957	0,0849	-0,4662	-27,71	0,31	-154,57
2	157,13	0,825025	7,233156	7813	0,6761	0,0792	-0,4662	-30,55	0,31	-154,13
2	157,94	0,826904	7,262791	7837	0,6712	0,0820	-0,4760	-32,45	0,31	-154,57
2	157,69	0,821288	7,281593	7861	0,6614	0,0764	-0,4809	-35,30	0,31	-153,69
2	158,01	0,813418	7,305239	7885	0,6516	0,0764	-0,4809	-36,72	0,31	-153,69
2	154,97	0,804921	7,33445	7909	0,6369	0,0792	-0,4858	-40,04	0,31	-149,71
2	157,49	0,793631	7,358553	7933	0,6222	0,0820	-0,4858	-44,61	0,00	-151,04
2	157,91	0,788448	7,378374	7957	0,6124	0,0764	-0,4907	-44,61	0,00	-151,48
2	159,63	0,780862	7,39913	7981	0,6026	0,0764	-0,4907	-47,64	0,31	-152,36
2	159,52	0,771924	7,420652	8005	0,5879	0,0679	-0,4956	-50,01	0,31	-151,48
2	159,03	0,765576	7,437622	8029	0,5781	0,0792	-0,4956	-52,38	0,31	-150,15
2	159,16	0,756933	7,456424	8053	0,5634	0,0707	-0,5005	-55,23	0,31	-149,27
2	159,42	0,752954	7,467738	8077	0,5536	0,0707	-0,5055	-57,13	0,31	-148,83
2	159,64	0,74578	7,488372	8101	0,5438	0,0707	-0,5055	-59,98	0,31	-147,94
2	159,26	0,73541	7,508734	8125	0,5291	0,0735	-0,5055	-62,17	0,00	-146,62
2	158,25	0,727338	7,548465	8149	0,5193	0,0622	-0,5055	-64,72	0,31	-144,41
2	158,25	0,720636	7,571092	8173	0,5046	0,0651	-0,5104	-68,52	0,31	-142,65
2	156,84	0,709814	7,591727	8197	0,4948	0,0594	-0,5055	-70,71	0,00	-140,00
2	156,34	0,699894	7,608697	8221	0,4801	0,0622	-0,5055	-74,69	0,31	-137,35
2	155,04	0,69321	7,62001	8245	0,4703	0,0622	-0,5055	-77,54	0,31	-134,25
2	155,71	0,679573	7,641121	8269	0,4507	0,0566	-0,5055	-81,81	0,31	-132,49
2	154,11	0,675677	7,656576	8293	0,4458	0,0481	-0,5055	-83,71	0,31	-129,40
2	153,82	0,663026	7,678848	8317	0,4311	0,0566	-0,5005	-87,80	0,00	-126,30
2	152,87	0,660445	7,695818	8341	0,4213	0,0566	-0,5055	-89,88	0,31	-123,66
2	149,31	0,650455	7,724062	8365	0,4115	0,0566	-0,5005	-91,60	0,00	-117,91
2	151,89	0,63719	7,747006	8389	0,3968	0,0537	-0,4956	-96,82	0,00	-117,03
2	150,21	0,630272	7,76246	8413	0,3870	0,0424	-0,4956	-98,89	0,31	-113,06
2	151,75	0,617649	7,785404	8437	0,3723	0,0453	-0,4907	-102,69	0,31	-111,73
2	150,04	0,607468	7,806038	8461	0,3625	0,0396	-0,4858	-104,41	0,00	-107,76
2	149,29	0,598312	7,833123	8485	0,3478	0,0311	-0,4858	-106,01	0,31	-105,11
2	150,45	0,58898	7,869984	8509	0,3380	0,0368	-0,4809	-110,58	0,00	-102,02
2	149,57	0,579374	7,901912	8533	0,3282	0,0368	-0,4760	-112,18	0,31	-98,92
2	148,99	0,57388	7,922274	8557	0,3184	0,0368	-0,4760	-114,08	0,31	-95,83
2	146,66	0,559452	7,955148	8581	0,3086	0,0198	-0,4662	-115,03	0,31	-90,97
2	146,89	0,548032	7,979913	8605	0,2939	0,0339	-0,4613	-118,35	0,31	-87,00
2	146,50	0,538349	8,014516	8629	0,2841	0,0283	-0,4564	-119,78	0,31	-84,35
2	146,80	0,528776	8,031131	8653	0,2743	0,0226	-0,4515	-121,97	0,00	-81,70
2	146,86	0,519536	8,054074	8677	0,2645	0,0226	-0,4466	-124,05	0,31	-78,61
2	146,62	0,510645	8,081253	8701	0,2547	0,0283	-0,4417	-125,94	0,31	-75,08
2	145,07	0,494281	8,110149	8725	0,2401	0,0141	-0,4318	-127,19	0,00	-69,78
2	146,72	0,485274	8,143918	8749	0,2303	0,0141	-0,4269	-130,69	0,31	-66,69

2	146,65	0,476215	8,158895	8773	0,2205	0,0085	-0,4220	-131,93	0,00	-64,04
2	146,24	0,463	8,170209	8797	0,2107	0,0085	-0,4122	-133,54	0,31	-59,62
2	145,82	0,45422	8,187194	8821	0,2009	0,0085	-0,4073	-134,96	0,31	-55,20
2	145,85	0,441109	8,205247	8845	0,1911	0,0085	-0,3975	-136,39	0,31	-51,67
2	144,65	0,430418	8,222534	8869	0,1764	-0,0057	-0,3926	-136,86	0,31	-46,81
2	142,85	0,421485	8,248013	8893	0,1764	-0,0057	-0,3828	-136,68	0,00	-41,51
2	143,23	0,412986	8,266067	8917	0,1666	-0,0057	-0,3779	-138,10	0,00	-37,98
2	142,45	0,400085	8,283306	8941	0,1568	-0,0057	-0,3680	-138,76	0,31	-32,24
2	142,12	0,387376	8,30778	8965	0,1470	-0,0113	-0,3582	-139,71	0,31	-26,06
2	142,74	0,383765	8,326584	8989	0,1372	-0,0113	-0,3582	-140,66	0,31	-24,29
2	143,06	0,368197	8,351059	9013	0,1323	-0,0085	-0,3435	-141,61	0,31	-20,31
2	143,83	0,353986	8,364205	9037	0,1176	-0,0113	-0,3337	-142,85	0,00	-16,78
2	142,70	0,354528	8,39534	9061	0,1176	-0,0226	-0,3337	-142,08	0,31	-13,25
2	143,18	0,33674	8,436883	9085	0,1078	-0,0057	-0,3190	-142,85	0,00	-9,72
2	142,08	0,319841	8,469921	9109	0,0980	-0,0113	-0,3043	-142,08	0,31	-0,44
2	142,41	0,309436	8,479735	9133	0,0931	-0,0198	-0,2944	-142,38	0,00	3,09
2	141,76	0,298455	8,50675	9157	0,0882	-0,0170	-0,2846	-141,61	0,31	6,62
2	142,54	0,286274	8,529695	9181	0,0784	-0,0170	-0,2748	-142,08	0,31	11,48
2	142,70	0,275359	8,557258	9205	0,0735	-0,0141	-0,2650	-142,08	0,31	13,25
2	143,44	0,265747	8,581363	9229	0,0686	-0,0283	-0,2552	-142,56	0,31	15,90
2	143,06	0,254269	8,601998	9253	0,0637	-0,0198	-0,2454	-141,61	0,31	20,31
2	143,39	0,242974	8,624192	9277	0,0539	-0,0255	-0,2356	-141,61	0,31	22,52
2	144,15	0,232717	8,644078	9301	0,0490	-0,0283	-0,2257	-141,61	0,31	26,94
2	143,74	0,221265	8,675002	9325	0,0441	-0,0198	-0,2159	-140,18	0,31	31,80
2	143,75	0,207542	8,693056	9349	0,0441	-0,0255	-0,2012	-138,76	0,31	37,54
2	143,75	0,196907	8,711109	9373	0,0343	-0,0311	-0,1914	-138,76	0,31	37,54
2	144,62	0,191306	8,732237	9397	0,0343	-0,0255	-0,1865	-139,05	0,00	39,75
2	144,08	0,171763	8,759252	9421	0,0294	-0,0283	-0,1668	-136,86	0,31	45,05
2	145,57	0,16076	8,778069	9445	0,0196	-0,0283	-0,1570	-138,28	0,31	45,49
2	146,14	0,151187	8,802174	9469	0,0196	-0,0283	-0,1472	-138,28	0,31	47,25
2	146,20	0,141648	8,823286	9493	0,0147	-0,0311	-0,1374	-135,73	0,00	54,32
2	145,71	0,126155	8,845179	9517	0,0147	-0,0255	-0,1227	-133,54	0,31	58,29
2	146,38	0,117997	8,873796	9541	0,0147	-0,0311	-0,1129	-132,88	0,00	61,39
2	147,61	0,107759	8,903113	9565	0,0049	-0,0311	-0,1031	-131,46	0,00	67,13
2	147,53	9,38E-02	8,93206	9589	0,0049	-0,0311	-0,0883	-130,22	0,31	69,34
2	149,08	8,74E-02	8,952696	9613	0,0049	-0,0255	-0,0834	-128,79	0,31	75,08
2	148,87	7,23E-02	8,973075	9637	0,0000	-0,0339	-0,0638	-126,42	0,31	78,61
2	149,36	6,09E-02	8,991523	9661	0,0000	-0,0283	-0,0540	-123,87	0,00	83,47
2	149,20	5,99E-02	9,003919	9685	0,0049	-0,0255	-0,0540	-122,15	0,31	85,68
2	151,43	4,84E-02	9,039703	9717	0,0000	-0,0283	-0,0393	-120,72	0,31	91,42
2	151,94	3,92E-02	9,06832	9741	0,0000	-0,0339	-0,0196	-116,45	0,31	97,60
2	151,45	2,99E-02	9,085624	9765	0,0000	-0,0283	-0,0098	-113,13	0,31	100,69
2	152,63	2,64E-02	9,106259	9789	-0,0049	-0,0255	0,0049	-113,13	0,31	102,46
3	154,34	2,98E-02	9,127688	9813	-0,0049	-0,0255	0,0147	-113,43	0,00	104,67
3	155,48	3,71E-02	9,153996	9837	-0,0049	-0,0311	0,0196	-111,23	0,31	108,64
3	155,65	4,70E-02	9,184126	9861	-0,0049	-0,0255	0,0393	-107,91	0,31	112,17
3	154,98	5,83E-02	9,206593	9885	-0,0049	-0,0311	0,0491	-105,54	0,31	113,50

3	156,32	6,98E-02	9,228787	9909	0,0000	-0,0283	0,0638	-103,64	0,31	117,03
3	156,21	0,080065	9,249166	9933	-0,0049	-0,0311	0,0736	-103,46	0,00	117,03
3	155,56	8,35E-02	9,264638	9957	0,0000	-0,0283	0,0785	-99,37	0,31	119,68
3	155,33	0,102141	9,289112	9981	0,0000	-0,0283	0,0981	-97,94	0,31	120,56
3	155,48	0,108499	9,313776	10005	0,0000	-0,0339	0,1031	-96,52	0,31	121,89
3	155,37	0,126662	9,338251	10029	0,0049	-0,0311	0,1227	-93,49	0,00	124,10
3	155,98	0,132873	9,351398	10053	0,0049	-0,0368	0,1276	-92,72	0,31	125,42
3	156,84	0,150551	9,371026	10077	0,0049	-0,0311	0,1472	-91,77	0,31	127,19
3	156,01	0,157501	9,38983	10101	0,0098	-0,0396	0,1521	-88,45	0,31	128,51
3	156,57	0,167	9,410209	10125	0,0098	-0,0396	0,1619	-87,50	0,31	129,84
3	157,37	0,184976	9,438152	10149	0,0098	-0,0339	0,1816	-85,60	0,31	132,05
3	156,09	0,191641	9,456206	10173	0,0196	-0,0396	0,1865	-81,81	0,31	132,93
3	156,62	0,204982	9,478848	10197	0,0196	-0,0339	0,2012	-79,91	0,31	134,70
3	157,81	0,21559	9,498734	10221	0,0245	-0,0368	0,2110	-78,49	0,31	136,90
3	155,95	0,225206	9,527033	10245	0,0245	-0,0368	0,2208	-74,69	0,31	136,90
3	157,40	0,24644	9,549994	10269	0,0294	-0,0453	0,2405	-72,79	0,31	139,55
3	157,39	0,257147	9,578256	10293	0,0343	-0,0481	0,2503	-69,29	0,00	141,32
3	156,04	0,261192	9,603734	10317	0,0392	-0,0396	0,2552	-67,10	0,31	140,88
3	156,58	0,275593	9,62602	10341	0,0392	-0,0396	0,2699	-63,59	0,00	143,09
3	155,49	0,291512	9,644074	10365	0,0490	-0,0396	0,2846	-59,80	0,00	143,53
3	155,30	0,302322	9,66471	10389	0,0539	-0,0424	0,2944	-57,13	0,31	144,41
3	151,99	0,303167	9,679688	10413	0,0539	-0,0481	0,2944	-51,26	0,00	143,09
3	153,74	0,323554	9,703043	10437	0,0588	-0,0509	0,3141	-47,64	0,31	146,18
3	154,15	0,333425	9,731357	10461	0,0686	-0,0396	0,3239	-44,79	0,31	147,50
3	154,89	0,349808	9,755461	10485	0,0735	-0,0481	0,3386	-42,89	0,31	148,83
3	154,00	0,359984	9,779566	10509	0,0784	-0,0453	0,3484	-39,57	0,31	148,83
3	154,38	0,370227	9,800201	10533	0,0833	-0,0424	0,3582	-37,67	0,31	149,71
3	153,99	0,381875	9,82568	10557	0,0882	-0,0509	0,3680	-34,17	0,00	150,15
3	155,06	0,392119	9,842983	10581	0,0931	-0,0481	0,3779	-31,03	0,31	151,92
3	153,31	0,403096	9,872602	10605	0,0931	-0,0594	0,3877	-26,28	0,31	151,04
3	154,23	0,419035	9,915432	10629	0,1078	-0,0453	0,4024	-23,91	0,31	152,36
3	154,75	0,436137	9,945725	10653	0,1127	-0,0594	0,4171	-21,54	0,31	153,24
3	154,27	0,441739	9,987093	10677	0,1176	-0,0566	0,4220	-17,74	0,31	153,24
3	154,45	0,448432	10,00438	10701	0,1274	-0,0509	0,4269	-15,37	0,31	153,69
3	154,28	0,463541	10,02773	10725	0,1323	-0,0481	0,4417	-13,47	0,31	153,69
3	155,37	0,469925	10,05735	10749	0,1372	-0,0509	0,4466	-10,62	0,31	155,01
3	156,11	0,486311	10,07464	10773	0,1421	-0,0594	0,4613	-8,25	0,31	155,89
3	155,55	0,497885	10,09912	10797	0,1519	-0,0537	0,4711	-5,40	0,31	155,45
3	155,92	0,504343	10,11409	10821	0,1568	-0,0566	0,4760	-3,03	0,31	155,89
3	155,90	0,510828	10,13473	10845	0,1617	-0,0594	0,4809	-0,95	0,00	155,89
3	156,34	0,52854	10,16551	10869	0,1764	-0,0509	0,4956	0,30	0,31	156,34
3	157,23	0,539121	10,18798	10893	0,1813	-0,0481	0,5055	2,19	0,31	157,22
3	158,14	0,550227	10,21424	10917	0,1862	-0,0509	0,5153	3,62	0,31	158,10
3	159,08	0,563788	10,24619	10941	0,2009	-0,0424	0,5251	5,52	0,31	158,99
3	159,56	0,566251	10,28218	10965	0,2058	-0,0509	0,5251	6,46	0,31	159,43
3	160,04	0,576892	10,30181	10989	0,2107	-0,0481	0,5349	7,41	0,31	159,87
3	161,12	0,594133	10,32553	11013	0,2205	-0,0481	0,5496	10,92	0,00	160,75

3	161,29	0,606873	10,34433	11037	0,2303	-0,0481	0,5594	13,11	0,31	160,75
3	161,91	0,618887	10,36422	11061	0,2401	-0,0368	0,5692	15,19	0,00	161,19
3	160,81	0,632496	10,3897	11085	0,2498	-0,0481	0,5791	17,38	0,31	159,87
3	162,02	0,642839	10,40667	11109	0,2547	-0,0396	0,5889	20,23	0,31	160,75
3	161,66	0,653438	10,44009	11133	0,2694	-0,0424	0,5938	24,02	0,31	159,87
3	161,92	0,667231	10,46256	11157	0,2792	-0,0537	0,6036	28,30	0,31	159,43
3	161,57	0,677296	10,4905	11181	0,2939	-0,0453	0,6085	31,14	0,31	158,54
3	161,28	0,680054	10,51729	11205	0,2988	-0,0537	0,6085	33,99	0,31	157,66
3	161,16	0,687993	10,54521	11229	0,3086	-0,0424	0,6134	35,41	0,31	157,22
3	161,38	0,707579	10,58582	11253	0,3233	-0,0396	0,6281	38,26	0,31	156,78
3	162,08	0,716152	10,60311	11277	0,3331	-0,0339	0,6330	41,11	0,31	156,78
3	161,55	0,729682	10,61626	11301	0,3429	-0,0396	0,6429	43,96	0,31	155,45
3	161,22	0,736164	10,6294	11325	0,3478	-0,0368	0,6478	47,28	0,31	154,13
3	161,11	0,747646	10,66402	11349	0,3625	-0,0396	0,6527	51,08	0,31	152,80
3	160,63	0,756432	10,69264	11373	0,3723	-0,0339	0,6576	53,45	0,31	151,48
3	160,94	0,76613	10,70578	11397	0,3821	-0,0453	0,6625	56,77	0,31	150,59
3	160,68	0,781296	10,73438	11421	0,3968	-0,0311	0,6723	60,57	0,31	148,83
3	160,85	0,791044	10,76893	11445	0,4066	-0,0424	0,6772	63,12	0,00	147,94
3	161,11	0,7954	10,80665	11469	0,4164	-0,0255	0,6772	65,79	0,31	147,06
3	160,89	0,803017	10,82741	11493	0,4213	-0,0453	0,6821	68,16	0,31	145,74
3	161,10	0,818439	10,86458	11517	0,4360	-0,0311	0,6919	69,58	0,31	145,29
3	161,56	0,826725	10,8808	11541	0,4507	-0,0396	0,6919	72,43	0,31	144,41
3	162,16	0,840039	10,89137	11565	0,4605	-0,0339	0,7017	75,46	0,00	143,53
3	162,19	0,845449	10,91915	11589	0,4703	-0,0339	0,7017	77,18	0,31	142,65
3	162,09	0,858128	10,94361	11613	0,4850	-0,0424	0,7067	78,60	0,31	141,76
3	162,68	0,867723	10,96589	11637	0,4948	-0,0424	0,7116	82,10	0,00	140,44
3	162,89	0,877095	10,99748	11661	0,5046	-0,0368	0,7165	84,00	0,00	139,55
3	163,12	0,886756	11,02389	11685	0,5144	-0,0368	0,7214	85,90	0,00	138,67
3	162,91	0,895482	11,05031	11709	0,5291	-0,0396	0,7214	87,62	0,31	137,35
3	163,09	0,902211	11,07508	11733	0,5340	-0,0368	0,7263	90,65	0,00	135,58
3	163,32	0,915021	11,09954	11757	0,5487	-0,0396	0,7312	92,36	0,31	134,70
3	163,70	0,927681	11,11425	11781	0,5634	-0,0368	0,7361	94,92	0,00	133,37
3	163,07	0,933664	11,13122	11805	0,5732	-0,0368	0,7361	95,69	0,31	132,05
3	163,35	0,946303	11,15416	11829	0,5879	-0,0283	0,7410	98,53	0,31	130,28
3	163,40	0,95559	11,16962	11853	0,6026	-0,0311	0,7410	100,91	0,31	128,51
3	163,59	0,965585	11,18659	11877	0,6124	-0,0311	0,7459	102,33	0,31	127,63
3	164,70	0,964838	11,20994	11901	0,6173	-0,0283	0,7410	105,18	0,31	126,75
3	163,99	0,97813	11,23323	11925	0,6320	-0,0311	0,7459	105,65	0,31	125,42
3	164,22	0,988406	11,2502	11949	0,6418	-0,0368	0,7508	107,55	0,31	124,10
3	164,46	0,997591	11,27622	11973	0,6565	-0,0226	0,7508	109,92	0,31	122,33
3	163,47	1,007549	11,28753	11997	0,6712	-0,0311	0,7508	110,40	0,31	120,56
3	165,22	1,017583	11,31048	12021	0,6810	-0,0255	0,7557	113,90	0,00	119,68
3	164,80	1,02741	11,33159	12045	0,6957	-0,0226	0,7557	114,67	0,31	118,36
3	165,02	1,03736	11,34291	12069	0,7104	-0,0198	0,7557	117,22	0,00	116,15
3	165,26	1,040779	11,35422	12093	0,7153	-0,0226	0,7557	117,99	0,31	115,71
3	164,06	1,054319	11,37533	12117	0,7299	-0,0141	0,7606	118,47	0,31	113,50
3	164,93	1,057705	11,3978	12141	0,7397	-0,0198	0,7557	121,31	0,31	111,73

3	163,85	1,067987	11,4219	12165	0,7544	-0,0170	0,7557	122,26	0,31	109,08
3	165,34	1,078467	11,43246	12189	0,7691	-0,0198	0,7557	124,64	0,31	108,64
3	165,85	1,085388	11,45692	12213	0,7789	-0,0141	0,7557	127,19	0,00	106,43
3	165,31	1,092383	11,47573	12237	0,7887	-0,0085	0,7557	127,96	0,31	104,67
3	165,31	1,103023	11,49118	12261	0,8034	-0,0057	0,7557	129,38	0,31	102,90
3	164,05	1,106845	11,51381	12285	0,8132	-0,0057	0,7508	129,86	0,31	100,25
3	164,99	1,114064	11,53594	12309	0,8230	-0,0057	0,7508	132,70	0,31	98,04
3	162,92	1,124983	11,56119	12333	0,8377	-0,0085	0,7508	131,76	0,31	95,83
3	166,40	1,135952	11,57434	12357	0,8524	-0,0057	0,7508	136,03	0,31	95,83
3	165,57	1,140106	11,59844	12381	0,8622	0,0057	0,7459	137,45	0,31	92,30
3	165,62	1,14752	11,6237	12405	0,8720	0,0000	0,7459	138,40	0,31	90,97
3	164,28	1,151834	11,64895	12429	0,8818	-0,0057	0,7410	139,35	0,31	87,00
3	166,12	1,163113	11,66775	12453	0,8965	0,0028	0,7410	141,25	0,31	87,44
3	164,74	1,171386	11,69002	12477	0,9112	0,0000	0,7361	141,25	0,31	84,79
3	166,49	1,179024	11,71265	12501	0,9210	0,0000	0,7361	143,80	0,00	83,91
3	166,83	1,183669	11,72396	12525	0,9308	-0,0057	0,7312	145,70	0,00	81,26
3	166,67	1,191389	11,75684	12549	0,9406	0,0057	0,7312	145,52	0,31	81,26
3	166,81	1,200067	11,77978	12573	0,9553	0,0085	0,7263	147,12	0,00	78,61
3	165,43	1,208953	11,8009	12597	0,9700	0,0170	0,7214	147,42	0,31	75,08
3	166,93	1,216723	11,83296	12621	0,9798	0,0057	0,7214	149,32	0,31	74,63
3	166,59	1,221848	11,86157	12645	0,9896	0,0170	0,7165	150,44	0,00	71,54
3	165,99	1,226879	11,87955	12669	0,9994	0,0113	0,7116	151,21	0,31	68,45
3	166,31	1,236045	11,90019	12693	1,0141	0,0085	0,7067	153,11	0,31	64,92
3	165,57	1,241367	11,92879	12717	1,0239	0,0141	0,7017	153,77	0,00	61,39
3	165,61	1,246789	11,94759	12741	1,0337	0,0198	0,6968	155,01	0,31	58,29
3	165,02	1,252308	11,97477	12765	1,0435	0,0255	0,6919	155,66	0,00	54,76
3	164,89	1,257694	11,99741	12789	1,0533	0,0198	0,6870	156,43	0,31	52,11
3	163,03	1,259094	12,02219	12813	1,0582	0,0170	0,6821	155,48	0,31	49,02
3	165,41	1,26881	12,05717	12837	1,0729	0,0141	0,6772	158,51	0,00	47,25
3	167,05	1,281383	12,09752	12861	1,0876	0,0226	0,6772	160,23	0,31	47,25
3	166,15	1,288823	12,11482	12885	1,1023	0,0255	0,6674	160,88	0,00	41,51
3	166,26	1,294819	12,14239	12909	1,1121	0,0311	0,6625	161,65	0,31	38,86
3	166,78	1,300756	12,1612	12933	1,1219	0,0311	0,6576	162,60	0,31	37,10
3	165,94	1,310938	12,189	12957	1,1366	0,0283	0,6527	162,60	0,31	33,12
3	167,61	1,310409	12,21725	12981	1,1415	0,0311	0,6429	164,98	0,31	29,59
3	167,46	1,316568	12,24739	13005	1,1513	0,0311	0,6380	164,98	0,31	28,71
3	166,48	1,322934	12,26966	13029	1,1611	0,0368	0,6330	164,50	0,31	25,61
3	168,04	1,331153	12,29596	13053	1,1758	0,0339	0,6232	166,40	0,31	23,41
3	167,11	1,333274	12,32042	13077	1,1807	0,0368	0,6183	165,93	0,31	19,87
3	166,77	1,337631	12,34336	13101	1,1905	0,0424	0,6085	165,93	0,31	16,78
3	166,09	1,337485	12,37365	13125	1,1954	0,0396	0,5987	165,45	0,31	14,57
3	167,69	1,350722	12,40785	13149	1,2100	0,0424	0,5987	167,35	0,31	10,60
3	168,58	1,357352	12,42407	13173	1,2198	0,0424	0,5938	168,30	0,31	9,72
3	166,48	1,355494	12,44106	13197	1,2247	0,0453	0,5791	166,40	0,31	5,30
3	168,07	1,360019	12,46478	13221	1,2296	0,0481	0,5791	168,00	0,00	4,86
3	166,41	1,367281	12,50036	13245	1,2443	0,0509	0,5643	166,40	0,31	1,32
3	168,48	1,374199	12,52583	13269	1,2541	0,0509	0,5594	168,48	0,00	-0,44

3	168,79	1,379206	12,54312	13293	1,2639	0,0509	0,5496	168,77	0,31	-2,21
3	168,55	1,386475	12,56602	13317	1,2737	0,0566	0,5447	168,48	0,00	-4,86
3	168,47	1,389582	12,58665	13341	1,2835	0,0509	0,5300	168,30	0,31	-7,51
3	169,05	1,397003	12,61491	13365	1,2933	0,0566	0,5251	168,77	0,31	-9,72
3	168,19	1,393584	12,63786	13389	1,2933	0,0622	0,5153	167,82	0,31	-11,04
3	167,40	1,403548	12,66415	13413	1,3080	0,0594	0,5055	166,87	0,31	-13,25
3	169,31	1,404744	12,67655	13437	1,3129	0,0622	0,4956	168,48	0,00	-16,78
3	169,05	1,406304	12,69718	13461	1,3178	0,0707	0,4858	167,82	0,31	-20,31
3	167,51	1,412445	12,73197	13485	1,3276	0,0764	0,4760	165,93	0,31	-22,96
3	168,76	1,420339	12,75185	13509	1,3374	0,0820	0,4711	166,87	0,31	-25,17
3	169,11	1,419993	12,77917	13533	1,3423	0,0792	0,4564	166,87	0,31	-27,38
3	168,62	1,427699	12,80464	13557	1,3521	0,0792	0,4515	165,93	0,31	-30,03
3	169,46	1,429436	12,82915	13581	1,3570	0,0820	0,4417	166,11	0,00	-33,56
3	168,44	1,43126	12,8472	13605	1,3619	0,0849	0,4318	164,50	0,31	-36,21
3	170,68	1,441743	12,86267	13629	1,3717	0,0792	0,4368	167,35	0,31	-33,56
3	166,32	1,439033	12,89643	13655	1,3766	0,0764	0,4122	160,23	0,31	-44,60
3	167,73	1,445957	12,932	13679	1,3864	0,0820	0,4024	160,41	0,00	-49,02
3	168,63	1,446803	12,95611	13703	1,3913	0,0849	0,3877	160,23	0,31	-52,55
3	167,67	1,45038	12,97647	13727	1,3962	0,0877	0,3828	157,86	0,31	-56,53
3	167,38	1,456375	13,00472	13751	1,4060	0,0933	0,3680	157,38	0,31	-56,97
3	167,49	1,453573	13,02353	13775	1,4060	0,0877	0,3582	155,48	0,31	-62,27
3	167,62	1,456106	13,04391	13799	1,4109	0,0905	0,3484	154,54	0,31	-64,92
3	168,41	1,4633	13,05706	13823	1,4207	0,0905	0,3386	154,06	0,31	-68,01
3	168,20	1,465652	13,07952	13847	1,4256	0,0877	0,3288	152,64	0,31	-70,66
3	168,43	1,467367	13,10582	13871	1,4305	0,0905	0,3141	151,21	0,31	-74,19
3	167,51	1,471651	13,11821	13895	1,4354	0,0990	0,3092	148,84	0,31	-76,84
3	168,53	1,47323	13,1352	13919	1,4403	0,0962	0,2944	148,37	0,31	-79,93
3	168,99	1,475345	13,15508	13943	1,4452	0,0990	0,2797	146,94	0,31	-83,47
3	169,18	1,473906	13,17728	13967	1,4452	0,1047	0,2699	146,65	0,00	-84,35
3	168,50	1,477625	13,19791	13991	1,4501	0,1018	0,2650	144,57	0,31	-86,56
3	169,71	1,47968	13,22239	14015	1,4550	0,0990	0,2503	144,09	0,31	-89,65
3	168,89	1,482677	13,23736	14039	1,4599	0,1075	0,2356	141,72	0,31	-91,86
3	169,16	1,485777	13,25542	14063	1,4648	0,1047	0,2257	140,30	0,31	-94,51
3	170,28	1,488956	13,26781	14087	1,4697	0,1018	0,2159	139,53	0,00	-97,60
3	169,74	1,487962	13,28279	14111	1,4697	0,1075	0,2061	136,98	0,31	-100,25
3	169,27	1,491047	13,30317	14135	1,4746	0,1103	0,1914	135,08	0,31	-102,02
3	169,76	1,490248	13,32883	14159	1,4746	0,1160	0,1816	133,65	0,31	-104,67
3	170,30	1,493163	13,35294	14183	1,4795	0,1131	0,1668	132,23	0,31	-107,32
3	170,09	1,49168	13,38307	14207	1,4795	0,1075	0,1570	129,38	0,31	-110,41
3	171,17	1,500819	13,40268	14231	1,4893	0,1131	0,1472	128,91	0,31	-112,61
3	171,11	1,494812	13,42257	14255	1,4844	0,1103	0,1374	126,06	0,31	-115,71
3	170,71	1,498195	13,45051	14279	1,4893	0,1075	0,1227	123,87	0,00	-117,47
3	171,22	1,49784	13,47115	14303	1,4893	0,1131	0,1129	122,44	0,00	-119,68
3	171,10	1,49724	13,49946	14327	1,4893	0,1188	0,0981	120,07	0,00	-121,89
3	171,89	1,501002	13,52419	14351	1,4942	0,1160	0,0834	118,94	0,31	-124,10
3	171,23	1,495394	13,54754	14375	1,4893	0,1131	0,0736	117,04	0,31	-124,98
3	172,53	1,499839	13,56559	14399	1,4942	0,1160	0,0589	116,09	0,31	-127,63

3	171,59	1,499485	13,58107	14423	1,4942	0,1160	0,0491	114,20	0,31	-128,07
3	172,67	1,499076	13,59912	14447	1,4942	0,1160	0,0344	112,30	0,31	-131,16
3	171,78	1,498883	13,62359	14471	1,4942	0,1160	0,0245	110,40	0,31	-131,60
3	173,26	1,499162	13,63907	14495	1,4942	0,1216	0,0098	108,98	0,31	-134,70
3	172,76	1,498682	13,66019	14519	1,4942	0,1160	0,0000	107,08	0,31	-135,58
3	172,88	1,499203	13,68951	14543	1,4942	0,1216	-0,0147	104,41	0,00	-137,79
3	173,26	1,498456	13,71764	14567	1,4942	0,1103	-0,0245	103,28	0,31	-139,11
3	173,29	1,499076	13,74311	14591	1,4942	0,1160	-0,0344	100,91	0,31	-140,88
3	174,28	1,499333	13,76042	14615	1,4942	0,1160	-0,0442	100,14	0,00	-142,65
3	173,20	1,500286	13,77023	14639	1,4942	0,1216	-0,0589	97,59	0,31	-143,09
3	174,60	1,500937	13,79012	14663	1,4942	0,1216	-0,0736	96,16	0,31	-145,74
3	173,66	1,495909	13,80857	14687	1,4893	0,1131	-0,0834	92,36	0,31	-147,06
3	174,51	1,496071	13,82329	14711	1,4893	0,1075	-0,0932	91,12	0,00	-148,83
3	173,92	1,497916	13,84877	14735	1,4893	0,1188	-0,1080	89,99	0,31	-148,83
3	173,90	1,493959	13,86374	14759	1,4844	0,1160	-0,1227	86,20	0,31	-151,04
3	174,20	1,495247	13,88412	14783	1,4844	0,1216	-0,1325	85,25	0,31	-151,92
3	173,22	1,4906	13,89959	14807	1,4795	0,1188	-0,1374	82,40	0,31	-152,36
3	174,80	1,492537	13,92407	14831	1,4795	0,1188	-0,1570	81,63	0,00	-154,57
3	174,38	1,488526	13,93647	14855	1,4746	0,1160	-0,1668	78,13	0,31	-155,89
3	173,77	1,489658	13,96818	14879	1,4746	0,1160	-0,1767	77,65	0,31	-155,45
3	174,18	1,486856	13,98548	14903	1,4697	0,1188	-0,1914	74,04	0,00	-157,66
3	172,32	1,482885	14,0002	14927	1,4648	0,1216	-0,1963	70,53	0,31	-157,22
3	173,33	1,485379	14,02241	14951	1,4648	0,1273	-0,2110	70,06	0,31	-158,54
3	173,65	1,482478	14,04871	14975	1,4599	0,1245	-0,2257	66,74	0,31	-160,31
3	172,82	1,47895	14,06676	14999	1,4550	0,1216	-0,2356	64,54	0,00	-160,31
3	171,37	1,475158	14,07915	15023	1,4501	0,1245	-0,2405	60,57	0,31	-160,31
3	173,44	1,478019	14,10212	15047	1,4501	0,1188	-0,2601	60,57	0,31	-162,52
3	172,31	1,475685	14,12017	15071	1,4452	0,1273	-0,2699	57,25	0,31	-162,52
3	172,01	1,472968	14,14912	15095	1,4403	0,1301	-0,2797	55,05	0,00	-162,96
3	173,08	1,469832	14,16717	15119	1,4354	0,1273	-0,2895	51,73	0,00	-165,17
3	172,76	1,467317	14,18522	15143	1,4305	0,1188	-0,3043	49,18	0,31	-165,61
3	172,10	1,465327	14,21566	15167	1,4256	0,1273	-0,3141	46,80	0,31	-165,61
3	172,75	1,463466	14,24427	15191	1,4207	0,1358	-0,3239	44,43	0,31	-166,93
3	171,92	1,460661	14,26232	15215	1,4158	0,1329	-0,3337	41,11	0,31	-166,93
3	172,12	1,456972	14,2778	15239	1,4109	0,1188	-0,3435	38,26	0,31	-167,82
3	171,42	1,44963	14,31154	15263	1,4011	0,1301	-0,3484	34,94	0,31	-167,82
3	171,73	1,449303	14,33832	15287	1,3962	0,1386	-0,3631	32,09	0,31	-168,70
3	172,17	1,446295	14,36808	15311	1,3913	0,1301	-0,3730	29,72	0,31	-169,58
3	173,59	1,439973	14,39921	15335	1,3815	0,1358	-0,3828	27,82	0,31	-171,35
3	170,80	1,439005	14,43192	15359	1,3766	0,1329	-0,3975	23,73	0,00	-169,14
3	172,65	1,435952	14,44991	15383	1,3717	0,1358	-0,4024	21,18	0,31	-171,35
3	173,80	1,435752	14,4837	15407	1,3668	0,1386	-0,4171	19,75	0,31	-172,68
3	170,29	1,433185	14,51231	15431	1,3619	0,1301	-0,4269	15,48	0,31	-169,58
3	172,75	1,430265	14,5386	15455	1,3570	0,1329	-0,4318	13,29	0,00	-172,23
3	172,27	1,429886	14,55559	15479	1,3521	0,1301	-0,4466	12,81	0,00	-171,79
3	172,58	1,431951	14,57778	15503	1,3521	0,1358	-0,4515	10,92	0,00	-172,23
3	171,97	1,426916	14,59998	15537	1,3423	0,1301	-0,4662	7,89	0,31	-171,79

3	170,48	1,419958	14,62628	15590	1,3276	0,1329	-0,4858	2,19	0,31	-170,47
3	172,23	1,410119	14,65915	15638	1,3129	0,1188	-0,5005	-0,18	0,31	-172,23
3	174,06	1,404868	14,69719	15692	1,2982	0,1329	-0,5202	-4,45	0,31	-174,00
3	173,67	1,397129	14,73097	15716	1,2884	0,1273	-0,5251	-6,17	0,00	-173,56
3	173,36	1,390391	14,7611	15740	1,2786	0,1103	-0,5349	-9,20	0,31	-173,12
3	173,10	1,386163	14,79798	15764	1,2688	0,1216	-0,5447	-12,04	0,31	-172,68
3	174,18	1,375923	14,82018	15788	1,2541	0,1131	-0,5545	-14,71	0,00	-173,56
3	173,63	1,368997	14,84565	15812	1,2443	0,1131	-0,5594	-18,21	0,31	-172,68
3	173,20	1,359051	14,8683	15836	1,2296	0,1047	-0,5692	-22,01	0,31	-171,79
3	173,58	1,359454	14,9092	15860	1,2247	0,1131	-0,5791	-24,86	0,31	-171,79
3	173,40	1,348112	14,93167	15884	1,2100	0,1103	-0,5840	-26,58	0,00	-171,35
3	173,81	1,344109	14,95614	15908	1,2003	0,1160	-0,5938	-29,13	0,31	-171,35
3	173,97	1,337556	14,9618	15932	1,1905	0,1160	-0,5987	-30,08	0,31	-171,35
3	174,49	1,331062	14,9859	15956	1,1807	0,1160	-0,6036	-32,93	0,31	-171,35
3	174,14	1,32185	15,00886	15980	1,1660	0,1075	-0,6134	-35,59	0,00	-170,47
3	173,52	1,320055	15,02868	16004	1,1611	0,1103	-0,6183	-36,72	0,31	-169,58
3	175,00	1,316588	15,04567	16028	1,1513	0,1160	-0,6281	-39,57	0,31	-170,47
3	175,76	1,313941	15,07961	16052	1,1464	0,1075	-0,6330	-40,99	0,31	-170,91
3	175,47	1,313079	15,09841	16076	1,1366	0,1131	-0,6478	-43,37	0,31	-170,03
3	173,47	1,297698	15,134	16100	1,1219	0,1103	-0,6429	-45,56	0,00	-167,38
3	174,66	1,29122	15,15811	16124	1,1121	0,1047	-0,6478	-48,41	0,00	-167,82
3	176,06	1,288247	15,18517	16148	1,1023	0,1103	-0,6576	-48,88	0,00	-169,14
3	176,51	1,277527	15,2159	16173	1,0876	0,1018	-0,6625	-51,91	0,31	-168,70
3	176,55	1,264338	15,24751	16197	1,0631	0,0990	-0,6772	-56,18	0,31	-167,38
3	176,33	1,251037	15,2806	16221	1,0435	0,1047	-0,6821	-59,32	0,00	-166,05
3	177,16	1,238664	15,30287	16245	1,0190	0,1018	-0,6968	-64,07	0,00	-165,17
3	177,56	1,225881	15,33482	16269	0,9994	0,1075	-0,7017	-69,47	0,31	-163,40
3	177,39	1,21056	15,37303	16293	0,9749	0,0933	-0,7116	-73,09	0,00	-161,64
3	176,91	1,193643	15,41471	16317	0,9504	0,0905	-0,7165	-78,49	0,31	-158,54
3	176,56	1,184094	15,44447	16341	0,9308	0,0905	-0,7263	-83,71	0,31	-155,45
3	175,65	1,167788	15,48103	16365	0,9063	0,0877	-0,7312	-88,93	0,31	-151,48
3	175,36	1,151799	15,51044	16389	0,8818	0,0849	-0,7361	-94,15	0,31	-147,94
3	174,30	1,13337	15,54606	16413	0,8573	0,0877	-0,7361	-98,89	0,31	-143,53
3	174,54	1,116825	15,57984	16437	0,8328	0,0679	-0,7410	-103,64	0,31	-140,44
3	174,91	1,098407	15,61903	16461	0,8034	0,0679	-0,7459	-108,86	0,31	-136,90
3	174,62	1,08753	15,65897	16485	0,7887	0,0651	-0,7459	-112,18	0,31	-133,81
3	173,11	1,06973	15,70465	16509	0,7642	0,0622	-0,7459	-115,98	0,31	-128,51
3	172,45	1,055691	15,73142	16533	0,7397	0,0594	-0,7508	-118,83	0,31	-124,98
3	173,19	1,038223	15,76451	16557	0,7153	0,0509	-0,7508	-124,34	0,00	-120,56
3	173,37	1,018046	15,79529	16581	0,6908	0,0537	-0,7459	-128,32	0,31	-116,59
3	172,26	0,998047	15,82505	16605	0,6614	0,0481	-0,7459	-132,59	0,31	-109,96
3	173,65	0,985171	15,8607	16629	0,6418	0,0481	-0,7459	-136,86	0,31	-106,87
3	172,09	0,964747	15,89781	16653	0,6222	0,0424	-0,7361	-139,23	0,31	-101,13
3	172,56	0,942006	15,92864	16677	0,5928	0,0368	-0,7312	-143,50	0,31	-95,83
3	171,69	0,925566	15,96437	16701	0,5732	0,0255	-0,7263	-145,88	0,31	-90,53
3	171,64	0,906774	15,99376	16725	0,5487	0,0283	-0,7214	-148,72	0,31	-85,68
3	171,39	0,886999	16,02822	16749	0,5291	0,0226	-0,7116	-152,52	0,31	-78,17

3	170,94	0,868544	16,06542	16773	0,5046	0,0198	-0,7067	-154,42	0,31	-73,31
3	172,05	0,843679	16,1018	16797	0,4752	0,0198	-0,6968	-158,04	0,00	-68,01
3	171,31	0,827161	16,13004	16821	0,4605	0,0113	-0,6870	-159,94	0,00	-61,39
3	170,85	0,805435	16,16461	16845	0,4360	-0,0028	-0,6772	-161,54	0,31	-55,64
3	171,47	0,788248	16,20111	16869	0,4115	0,0000	-0,6723	-163,91	0,31	-50,35
3	170,56	0,765515	16,24072	16893	0,3919	0,0000	-0,6576	-164,86	0,31	-43,72
3	171,74	0,751425	16,27287	16917	0,3723	-0,0057	-0,6527	-166,76	0,31	-41,07
3	171,59	0,724769	16,30402	16941	0,3527	-0,0113	-0,6330	-168,18	0,31	-34,01
3	172,32	0,70688	16,33629	16965	0,3331	-0,0170	-0,6232	-169,61	0,31	-30,47
3	171,87	0,684907	16,35704	16989	0,3135	-0,0226	-0,6085	-170,08	0,31	-24,73
3	172,70	0,665542	16,3905	17013	0,2890	-0,0311	-0,5987	-171,50	0,31	-20,31
3	170,16	0,64493	16,42991	17037	0,2694	-0,0481	-0,5840	-169,61	0,31	-13,69
3	173,73	0,618632	16,46565	17061	0,2498	-0,0424	-0,5643	-173,40	0,31	-10,60
3	174,08	0,604474	16,49678	17085	0,2352	-0,0509	-0,5545	-173,88	0,31	-8,39
3	173,40	0,57847	16,53196	17109	0,2156	-0,0453	-0,5349	-173,40	0,31	0,00
3	173,96	0,551091	16,57431	17133	0,2009	-0,0537	-0,5104	-173,88	0,31	5,30
3	173,05	0,5265	16,6077	17157	0,1813	-0,0594	-0,4907	-172,75	0,00	10,16
3	173,66	0,508135	16,65307	17181	0,1666	-0,0622	-0,4760	-172,93	0,31	15,90
3	173,89	0,486156	16,68594	17205	0,1519	-0,0707	-0,4564	-172,75	0,00	19,87
3	173,63	0,468281	16,72305	17229	0,1372	-0,0735	-0,4417	-171,98	0,31	23,85
3	174,17	0,440553	16,74936	17253	0,1176	-0,0792	-0,4171	-172,27	0,00	25,61
3	175,36	0,420153	16,79495	17277	0,1127	-0,0764	-0,3975	-172,45	0,31	31,80
3	174,64	0,404754	16,82427	17301	0,1029	-0,0820	-0,3828	-170,56	0,31	37,54
3	175,33	0,377714	16,85258	17325	0,0784	-0,0905	-0,3582	-170,56	0,31	40,63
3	173,61	0,357409	16,88855	17349	0,0735	-0,0877	-0,3386	-166,28	0,31	49,90
3	174,93	0,338588	16,92391	17373	0,0686	-0,0905	-0,3190	-166,28	0,31	54,32
3	175,46	0,316544	16,95622	17397	0,0539	-0,0877	-0,2993	-165,34	0,31	58,74
3	174,48	0,295406	16,98442	17428	0,0441	-0,0990	-0,2748	-160,11	0,31	69,34
3	175,00	0,275646	17,02097	17452	0,0343	-0,1103	-0,2503	-156,79	0,31	77,73
3	174,98	0,253828	17,0496	17476	0,0294	-0,1018	-0,2306	-152,82	0,00	85,23
3	175,97	0,228949	17,07845	17500	0,0196	-0,1075	-0,2012	-150,62	0,31	90,97
3	176,61	0,21483	17,11303	17524	0,0196	-0,1131	-0,1816	-147,78	0,31	96,72
3	176,80	0,185231	17,14611	17548	0,0147	-0,1047	-0,1521	-146,83	0,31	98,48
3	178,28	0,172486	17,17898	17572	0,0049	-0,1160	-0,1276	-147,12	0,00	100,69
3	174,33	0,176273	17,20578	17604	0,0049	-0,1103	-0,1374	-144,45	0,31	97,60
3	176,23	0,154093	17,24663	17631	0,0000	-0,1188	-0,0981	-141,13	0,31	105,55
3	179,26	0,130153	17,28482	17664	-0,0049	-0,1160	-0,0589	-138,76	0,31	113,50
3	178,93	0,133286	17,31308	17688	-0,0049	-0,1273	-0,0393	-134,96	0,31	117,47
3	178,53	0,116999	17,35554	17712	-0,0049	-0,1160	-0,0147	-130,04	0,00	122,33
4	176,60	0,12182	17,38815	17729	-0,0049	-0,1216	-0,0049	-127,37	0,31	122,33
4	179,18	0,127751	17,41179	17753	-0,0049	-0,1273	0,0098	-125,77	0,00	127,63
4	178,49	0,128877	17,43627	17777	-0,0049	-0,1273	0,0196	-123,87	0,00	128,51
4	179,23	0,125232	17,44608	17801	-0,0049	-0,1216	0,0294	-121,67	0,31	131,60
4	177,86	0,134813	17,46597	17825	-0,0049	-0,1273	0,0442	-118,17	0,00	132,93
4	178,61	0,143562	17,48585	17849	-0,0049	-0,1329	0,0540	-116,27	0,00	135,58
4	179,15	0,150326	17,499	17873	-0,0098	-0,1358	0,0638	-115,03	0,31	137,35
4	178,32	0,15447	17,5284	17897	-0,0049	-0,1329	0,0785	-112,66	0,31	138,23

4	178,74	0,161971	17,54646	17921	0,0000	-0,1358	0,0883	-108,86	0,31	141,76
4	177,59	0,165976	17,56634	17945	0,0000	-0,1301	0,1031	-106,96	0,31	141,76
4	179,22	0,172242	17,58365	17969	0,0000	-0,1301	0,1129	-105,54	0,31	144,85
4	176,82	0,182984	17,60428	17993	0,0000	-0,1358	0,1227	-102,04	0,00	144,41
4	176,75	0,195223	17,62875	18017	0,0049	-0,1386	0,1374	-99,37	0,31	146,18
4	177,38	0,205851	17,65246	18041	0,0049	-0,1386	0,1521	-99,19	0,00	147,06
4	176,55	0,211549	17,67052	18065	0,0098	-0,1358	0,1619	-96,34	0,00	147,94
4	177,73	0,220754	17,69298	18089	0,0049	-0,1386	0,1718	-95,10	0,31	150,15
4	176,48	0,225513	17,71562	18113	0,0147	-0,1329	0,1816	-92,72	0,31	150,15
4	177,24	0,24213	17,74166	18137	0,0098	-0,1414	0,1963	-91,30	0,31	151,92
4	176,80	0,244525	17,7643	18161	0,0196	-0,1301	0,2061	-88,93	0,31	152,80
4	176,32	0,262963	17,79185	18185	0,0196	-0,1414	0,2208	-87,98	0,31	152,80
4	175,00	0,270194	17,81297	18209	0,0245	-0,1386	0,2306	-83,71	0,31	153,69
4	175,94	0,286741	17,83743	18233	0,0196	-0,1471	0,2454	-83,23	0,31	155,01
4	176,40	0,288772	17,87108	18257	0,0245	-0,1329	0,2552	-80,86	0,31	156,78
4	175,70	0,301009	17,89097	18281	0,0343	-0,1386	0,2650	-77,54	0,31	157,66
4	175,68	0,314047	17,91361	18305	0,0343	-0,1386	0,2797	-76,59	0,31	158,10
4	175,59	0,325289	17,9358	18329	0,0343	-0,1442	0,2895	-72,61	0,00	159,87
4	175,69	0,339592	17,95562	18353	0,0441	-0,1442	0,3043	-70,89	0,31	160,75
4	174,78	0,347907	17,97186	18377	0,0490	-0,1414	0,3141	-67,57	0,31	161,19
4	175,46	0,359072	17,99482	18401	0,0490	-0,1471	0,3239	-66,15	0,31	162,52
4	173,42	0,365724	18,00538	18425	0,0490	-0,1414	0,3337	-62,82	0,31	161,64
4	175,34	0,384942	18,0371	18449	0,0588	-0,1527	0,3484	-57,60	0,31	165,61
4	173,59	0,391403	18,06522	18473	0,0637	-0,1442	0,3582	-54,76	0,31	164,73
4	175,05	0,402478	18,08253	18497	0,0637	-0,1499	0,3680	-52,68	0,00	166,93
4	175,11	0,417595	18,11147	18521	0,0735	-0,1499	0,3828	-50,01	0,31	167,82
4	173,77	0,421984	18,12645	18545	0,0784	-0,1471	0,3877	-46,69	0,31	167,38
4	173,14	0,432907	18,15323	18569	0,0833	-0,1499	0,3975	-44,32	0,31	167,38
4	173,29	0,448358	18,17619	18593	0,0882	-0,1527	0,4122	-41,47	0,31	168,26
4	174,46	0,455611	18,20097	18617	0,0931	-0,1442	0,4220	-39,10	0,31	170,03
4	173,91	0,472948	18,23543	18641	0,0980	-0,1527	0,4368	-36,54	0,00	170,03
4	175,10	0,483849	18,25879	18665	0,0980	-0,1584	0,4466	-33,87	0,31	171,79
4	175,14	0,493181	18,28322	18689	0,1078	-0,1527	0,4564	-31,80	0,00	172,23
4	176,07	0,504216	18,30127	18713	0,1127	-0,1556	0,4662	-29,60	0,31	173,56
4	176,56	0,513554	18,32423	18737	0,1176	-0,1527	0,4760	-27,23	0,31	174,44
4	175,64	0,52297	18,33663	18761	0,1225	-0,1499	0,4858	-23,91	0,31	174,00
4	175,65	0,537723	18,34903	18785	0,1323	-0,1612	0,4956	-20,59	0,31	174,44
4	176,35	0,551323	18,38247	18809	0,1323	-0,1612	0,5104	-18,98	0,00	175,33
4	175,76	0,561219	18,4089	18833	0,1421	-0,1556	0,5202	-17,56	0,00	174,88
4	174,60	0,572344	18,42388	18857	0,1470	-0,1584	0,5300	-14,42	0,31	174,00
4	174,93	0,577391	18,44865	18881	0,1519	-0,1556	0,5349	-12,99	0,31	174,44
4	175,68	0,592191	18,47949	18905	0,1617	-0,1499	0,5496	-11,09	0,31	175,33
4	175,52	0,598809	18,51223	18929	0,1666	-0,1527	0,5545	-8,25	0,31	175,33
4	175,44	0,618111	18,53666	18953	0,1764	-0,1640	0,5692	-6,35	0,31	175,33
4	176,27	0,625014	18,56133	18977	0,1813	-0,1499	0,5791	-4,45	0,31	176,21
4	176,22	0,637591	18,58543	19001	0,1862	-0,1584	0,5889	-2,08	0,31	176,21
4	176,21	0,649555	18,6102	19025	0,1960	-0,1584	0,5987	-1,13	0,31	176,21

4	177,09	0,662174	18,63084	19049	0,2009	-0,1669	0,6085	0,30	0,31	177,09
4	177,55	0,67149	18,65413	19073	0,2107	-0,1556	0,6183	2,19	0,31	177,53
4	178,89	0,682721	18,68375	19097	0,2156	-0,1584	0,6281	3,14	0,31	178,86
4	177,62	0,693956	18,70594	19121	0,2205	-0,1612	0,6380	5,52	0,31	177,53
4	179,42	0,701624	18,73556	19145	0,2303	-0,1612	0,6429	6,46	0,31	179,30
4	179,90	0,710357	18,75708	19169	0,2352	-0,1527	0,6527	7,59	0,00	179,74
4	178,24	0,722647	18,77206	19193	0,2449	-0,1527	0,6625	9,79	0,31	177,98
4	178,86	0,738512	18,79051	19217	0,2596	-0,1612	0,6723	12,63	0,31	178,42
4	179,49	0,74857	18,81114	19241	0,2645	-0,1584	0,6821	15,01	0,31	178,86
4	179,67	0,761064	18,82994	19265	0,2694	-0,1669	0,6919	17,09	0,00	178,86
4	179,89	0,775588	18,86857	19289	0,2792	-0,1556	0,7067	19,28	0,31	178,86
4	179,73	0,782519	18,89076	19313	0,2890	-0,1499	0,7116	21,65	0,31	178,42
4	179,22	0,798458	18,91869	19337	0,2988	-0,1669	0,7214	24,50	0,31	177,53
4	179,05	0,802177	18,94759	19361	0,3086	-0,1669	0,7214	26,40	0,31	177,09
4	179,44	0,813654	18,97832	19385	0,3184	-0,1612	0,7312	28,95	0,00	177,09
4	179,37	0,82745	19,00843	19409	0,3282	-0,1669	0,7410	31,14	0,31	176,65
4	179,28	0,834651	19,05148	19433	0,3380	-0,1612	0,7459	33,04	0,31	176,21
4	179,64	0,844874	19,07442	19457	0,3429	-0,1584	0,7557	34,94	0,31	176,21
4	180,73	0,855835	19,09248	19481	0,3576	-0,1612	0,7606	36,07	0,00	177,09
4	180,12	0,866086	19,11128	19505	0,3625	-0,1584	0,7704	37,31	0,31	176,21
4	181,51	0,87458	19,13191	19529	0,3723	-0,1584	0,7754	37,79	0,31	177,53
4	180,75	0,886475	19,15254	19553	0,3821	-0,1527	0,7852	38,26	0,31	176,65
4	181,73	0,900384	19,16916	19577	0,3919	-0,1584	0,7950	40,81	0,00	177,09
4	181,27	0,91001	19,19673	19601	0,4017	-0,1640	0,7999	42,53	0,31	176,21
4	182,39	0,922975	19,21402	19625	0,4115	-0,1640	0,8097	45,38	0,31	176,65
4	181,76	0,932685	19,23879	19649	0,4213	-0,1697	0,8146	47,93	0,00	175,33
4	181,50	0,943731	19,26235	19673	0,4311	-0,1584	0,8244	50,13	0,31	174,44
4	180,95	0,952517	19,27781	19697	0,4409	-0,1584	0,8293	52,68	0,00	173,12
4	181,18	0,962295	19,30258	19721	0,4507	-0,1640	0,8342	54,87	0,31	172,68
4	180,87	0,97116	19,31987	19745	0,4605	-0,1640	0,8392	57,90	0,00	171,35
4	181,13	0,986181	19,34628	19769	0,4752	-0,1612	0,8490	61,22	0,00	170,47
4	181,05	1,001248	19,36126	19793	0,4850	-0,1725	0,8588	63,42	0,31	169,58
4	180,25	1,008352	19,40494	19817	0,4948	-0,1612	0,8637	65,79	0,31	167,82
4	180,14	1,018294	19,42557	19841	0,5046	-0,1669	0,8686	67,69	0,31	166,93
4	179,82	1,028288	19,43871	19865	0,5144	-0,1725	0,8735	70,06	0,31	165,61
4	180,23	1,035554	19,46317	19889	0,5242	-0,1612	0,8784	72,14	0,00	165,17
4	179,32	1,045582	19,48381	19913	0,5340	-0,1669	0,8833	73,86	0,31	163,40
4	180,31	1,054749	19,50675	19937	0,5438	-0,1669	0,8882	77,18	0,31	162,96
4	179,55	1,066068	19,52555	19961	0,5585	-0,1640	0,8931	79,08	0,31	161,19
4	179,78	1,07448	19,54849	19985	0,5683	-0,1584	0,8980	80,50	0,31	160,75
4	179,68	1,083779	19,56511	20009	0,5781	-0,1584	0,9029	82,87	0,31	159,43
4	180,01	1,098019	19,58805	20033	0,5879	-0,1640	0,9128	85,25	0,31	158,54
4	179,76	1,105541	19,60685	20057	0,6026	-0,1612	0,9128	87,14	0,31	157,22
4	179,68	1,114948	19,63575	20081	0,6124	-0,1612	0,9177	88,57	0,31	156,34
4	179,48	1,123585	19,65638	20105	0,6222	-0,1556	0,9226	90,47	0,31	155,01
4	179,55	1,136184	19,68796	20129	0,6369	-0,1584	0,9275	92,84	0,31	153,69
4	180,15	1,148081	19,70418	20155	0,6516	-0,1556	0,9324	96,82	0,00	151,92

4	179,28	1,169673	19,73278	20179	0,6761	-0,1527	0,9422	99,96	0,31	148,83
4	179,62	1,185026	19,76103	20203	0,6957	-0,1527	0,9471	103,75	0,31	146,62
4	180,52	1,204418	19,79135	20227	0,7153	-0,1527	0,9569	107,73	0,00	144,85
4	179,68	1,221949	19,815	20251	0,7397	-0,1442	0,9618	110,40	0,31	141,76
4	179,38	1,240425	19,83864	20275	0,7642	-0,1414	0,9667	113,25	0,31	139,11
4	179,45	1,258523	19,86573	20299	0,7887	-0,1329	0,9716	117,04	0,31	136,02
4	180,43	1,2715	19,89503	20323	0,8083	-0,1386	0,9716	120,54	0,00	134,25
4	180,73	1,2972	19,9273	20347	0,8377	-0,1329	0,9815	124,34	0,00	131,16
4	179,69	1,313061	19,95554	20371	0,8573	-0,1273	0,9864	125,59	0,31	128,51
4	180,29	1,332562	19,97849	20395	0,8818	-0,1245	0,9913	129,09	0,00	125,86
4	179,74	1,345098	20,0189	20419	0,9014	-0,1188	0,9913	131,28	0,31	122,77
4	180,76	1,364968	20,03877	20443	0,9259	-0,1160	0,9962	135,08	0,31	120,12
4	181,61	1,384614	20,07939	20467	0,9553	-0,1103	0,9962	138,87	0,31	117,03
4	181,29	1,404078	20,10581	20491	0,9798	-0,0962	1,0011	141,72	0,31	113,06
4	182,02	1,417638	20,13817	20515	1,0043	-0,0933	0,9962	145,04	0,31	109,96
4	180,79	1,438325	20,17577	20539	1,0288	-0,0905	1,0011	146,47	0,31	105,99
4	182,48	1,452073	20,21134	20563	1,0533	-0,0820	0,9962	149,79	0,31	104,22
4	179,82	1,463697	20,24443	20587	1,0729	-0,0933	0,9913	150,74	0,31	98,04
4	181,34	1,484858	20,27687	20611	1,0974	-0,0905	0,9962	153,11	0,31	97,16
4	181,41	1,496075	20,30663	20635	1,1219	-0,0820	0,9864	156,43	0,31	91,86
4	183,43	1,520866	20,33675	20659	1,1513	-0,0707	0,9913	159,28	0,31	90,97
4	182,74	1,533323	20,37094	20683	1,1758	-0,0735	0,9815	160,71	0,31	87,00
4	183,82	1,545036	20,39824	20707	1,1954	-0,0679	0,9766	163,55	0,31	83,91
4	183,06	1,564601	20,42533	20731	1,2247	-0,0622	0,9716	164,68	0,00	79,93
4	183,90	1,576761	20,46018	20755	1,2443	-0,0566	0,9667	166,87	0,31	77,28
4	184,97	1,593298	20,49244	20779	1,2688	-0,0594	0,9618	169,25	0,31	74,63
4	182,90	1,606748	20,52036	20803	1,2933	-0,0509	0,9520	169,43	0,00	68,89
4	183,84	1,615633	20,55599	20827	1,3080	-0,0481	0,9471	171,15	0,31	67,13
4	183,78	1,63346	20,57261	20851	1,3374	-0,0311	0,9373	172,75	0,00	62,71
4	184,37	1,639805	20,60454	20875	1,3521	-0,0226	0,9275	174,47	0,31	59,62
4	185,20	1,665608	20,64081	20899	1,3864	-0,0311	0,9226	176,37	0,31	56,53
4	185,32	1,672349	20,68263	20923	1,4011	-0,0226	0,9128	177,97	0,00	51,67
4	183,62	1,683449	20,72738	20947	1,4207	-0,0170	0,9029	177,32	0,31	47,70
4	182,98	1,694827	20,76233	20971	1,4403	-0,0170	0,8931	177,79	0,31	43,28
4	185,89	1,710633	20,79047	20995	1,4648	-0,0198	0,8833	181,59	0,31	39,75
4	185,54	1,719905	20,82503	21019	1,4844	-0,0141	0,8686	182,06	0,31	35,77
4	184,35	1,731922	20,85581	21043	1,5040	-0,0085	0,8588	181,59	0,31	31,80
4	185,18	1,74606	20,88338	21067	1,5285	0,0057	0,8441	183,01	0,31	28,26
4	185,03	1,756239	20,92097	21091	1,5481	0,0057	0,8293	183,49	0,31	23,85
4	186,49	1,768968	20,9416	21115	1,5677	0,0057	0,8195	185,38	0,31	20,31
4	185,63	1,775295	20,97658	21139	1,5824	0,0085	0,8048	184,91	0,31	16,34
4	185,87	1,790741	21,01777	21163	1,6069	0,0226	0,7901	185,56	0,00	10,60
4	185,64	1,79963	21,05009	21187	1,6216	0,0198	0,7803	185,56	0,00	5,30
4	185,87	1,813524	21,08355	21211	1,6461	0,0283	0,7606	185,86	0,31	1,77
4	186,08	1,825605	21,11085	21235	1,6657	0,0453	0,7459	186,04	0,00	-3,97
4	181,85	1,828613	21,18004	21259	1,6755	0,0453	0,7312	181,59	0,31	-9,72
4	185,38	1,839047	21,20706	21283	1,6950	0,0509	0,7116	184,91	0,31	-13,25

4	183,05	1,847251	21,24354	21307	1,7097	0,0594	0,6968	182,06	0,31	-18,99
4	182,62	1,849045	21,27641	21331	1,7195	0,0594	0,6772	181,11	0,31	-23,41
4	184,92	1,866859	21,31683	21355	1,7440	0,0679	0,6625	182,54	0,31	-29,59
4	183,42	1,877266	21,36215	21379	1,7587	0,0707	0,6527	180,64	0,31	-31,80
4	185,26	1,885922	21,40181	21425	1,7783	0,0764	0,6232	180,34	0,00	-42,40
4	185,63	1,893555	21,44008	21449	1,7930	0,0792	0,6036	179,39	0,00	-47,70
4	184,82	1,906519	21,48914	21473	1,8126	0,0905	0,5840	177,32	0,31	-52,11
4	185,07	1,910221	21,52146	21497	1,8224	0,0962	0,5643	176,37	0,31	-56,09
4	185,25	1,912225	21,55863	21521	1,8322	0,0905	0,5398	174,94	0,31	-60,94
4	185,42	1,922374	21,59363	21545	1,8469	0,0933	0,5251	173,52	0,31	-65,36
4	185,21	1,931697	21,61993	21569	1,8616	0,1018	0,5055	172,10	0,31	-68,45
4	183,93	1,93556	21,64971	21593	1,8714	0,0905	0,4858	168,30	0,31	-74,19
4	185,51	1,945685	21,68427	21617	1,8861	0,1047	0,4662	167,82	0,31	-79,05
4	185,25	1,945686	21,70674	21641	1,8910	0,1018	0,4466	163,55	0,31	-87,00
4	185,52	1,955316	21,74035	21665	1,9057	0,1160	0,4220	161,18	0,31	-91,86
4	186,17	1,960418	21,77876	21689	1,9155	0,1103	0,4024	158,81	0,31	-97,16
4	185,72	1,965127	21,80355	21713	1,9253	0,1103	0,3779	155,48	0,31	-101,57
4	187,01	1,971066	21,83624	21737	1,9351	0,1103	0,3582	153,77	0,00	-106,43
4	187,64	1,972416	21,86103	21761	1,9400	0,1245	0,3337	151,39	0,00	-110,85
4	187,96	1,983451	21,90673	21785	1,9547	0,1329	0,3092	149,49	0,00	-113,94
4	188,31	1,979096	21,95558	21809	1,9547	0,1103	0,2895	146,47	0,31	-118,36
4	188,53	1,986011	21,98769	21833	1,9645	0,1216	0,2650	144,57	0,31	-121,01
4	188,31	1,988168	22,01525	21857	1,9694	0,1188	0,2454	141,25	0,31	-124,54
4	188,57	1,990135	22,04156	21881	1,9743	0,1273	0,2159	138,40	0,31	-128,07
4	188,93	1,992788	22,07421	21905	1,9792	0,1245	0,1963	135,55	0,31	-131,60
4	189,53	1,995217	22,1082	21929	1,9841	0,1216	0,1718	132,88	0,00	-135,14
4	189,33	1,993255	22,14565	21953	1,9841	0,1216	0,1472	129,38	0,31	-138,23
4	189,36	1,996353	22,17123	21977	1,9890	0,1245	0,1178	126,54	0,31	-140,88
4	190,21	1,999765	22,19728	22001	1,9939	0,1216	0,0932	124,82	0,00	-143,53
4	189,66	1,999298	22,22739	22025	1,9939	0,1273	0,0736	120,84	0,31	-146,18
4	189,58	1,998546	22,25193	22049	1,9939	0,1273	0,0491	117,99	0,31	-148,39
4	190,56	2,00311	22,27949	22073	1,9988	0,1301	0,0196	115,62	0,31	-151,48
4	190,55	2,003014	22,30812	22097	1,9988	0,1301	0,0000	113,25	0,31	-153,24
4	189,66	2,00311	22,33185	22121	1,9988	0,1301	-0,0196	108,03	0,31	-155,89
4	190,80	1,99904	22,37006	22145	1,9939	0,1329	-0,0540	103,46	0,00	-160,31
4	191,30	1,999124	22,39951	22169	1,9939	0,1273	-0,0687	100,91	0,31	-162,52
4	191,95	2,001685	22,42323	22193	1,9939	0,1499	-0,0932	98,53	0,31	-164,73
4	191,71	2,002163	22,47038	22217	1,9939	0,1386	-0,1178	94,26	0,31	-166,93
4	191,37	1,989688	22,5111	22249	1,9792	0,1414	-0,1472	89,52	0,31	-169,14
4	192,19	2,000589	22,52908	22273	1,9890	0,1471	-0,1570	88,75	0,00	-170,47
4	191,84	1,995904	22,56254	22297	1,9841	0,1442	-0,1619	87,14	0,31	-170,91
4	192,55	1,992934	22,58518	22321	1,9792	0,1471	-0,1816	84,30	0,31	-173,12
4	191,53	1,993852	22,60633	22345	1,9792	0,1471	-0,1914	82,87	0,31	-172,68
4	191,92	1,990767	22,62696	22371	1,9743	0,1442	-0,2110	80,03	0,31	-174,44
4	191,59	1,987886	22,65175	22395	1,9694	0,1414	-0,2306	76,23	0,31	-175,77
4	191,79	1,986034	22,68928	22419	1,9645	0,1499	-0,2503	71,48	0,31	-177,98
4	189,58	1,980724	22,72816	22443	1,9547	0,1556	-0,2797	65,31	0,31	-177,98

4	190,81	1,979736	22,76026	22467	1,9498	0,1584	-0,3043	61,52	0,31	-180,62
4	192,01	1,977806	22,78708	22491	1,9449	0,1556	-0,3239	57,25	0,31	-183,27
4	191,63	1,971059	22,8207	22515	1,9351	0,1499	-0,3435	52,97	0,31	-184,16
4	191,65	1,959959	22,84696	22539	1,9204	0,1471	-0,3631	48,23	0,31	-185,48
4	190,94	1,95411	22,87811	22563	1,9106	0,1471	-0,3828	43,48	0,31	-185,92
4	190,88	1,954501	22,91173	22587	1,9057	0,1499	-0,4073	39,21	0,31	-186,81
4	188,92	1,954783	22,9493	22615	1,9008	0,1471	-0,4318	35,89	0,31	-185,48
4	191,48	1,947041	22,96919	22639	1,8910	0,1414	-0,4417	33,22	0,00	-188,57
4	190,62	1,944746	22,99138	22663	1,8861	0,1442	-0,4515	30,67	0,31	-188,13
4	191,27	1,942515	23,01251	22687	1,8812	0,1471	-0,4613	29,24	0,31	-189,02
4	192,73	1,940703	23,03364	22711	1,8763	0,1386	-0,4760	27,35	0,31	-190,78
4	192,91	1,940264	23,05169	22735	1,8714	0,1471	-0,4907	25,45	0,31	-191,22
4	192,29	1,937839	23,07616	22759	1,8665	0,1442	-0,5005	24,02	0,31	-190,78
4	190,97	1,93056	23,09422	22783	1,8567	0,1386	-0,5104	20,23	0,31	-189,90
4	190,71	1,92337	23,10919	22807	1,8469	0,1329	-0,5202	17,56	0,00	-189,90
4	190,93	1,924703	23,14339	22831	1,8469	0,1329	-0,5251	15,01	0,31	-190,34
4	190,76	1,930548	23,17644	22855	1,8469	0,1386	-0,5447	12,63	0,31	-190,34
4	190,73	1,927054	23,18884	22879	1,8420	0,1358	-0,5496	12,16	0,31	-190,34
4	191,48	1,925403	23,20198	22903	1,8371	0,1386	-0,5594	9,97	0,00	-191,22
4	191,02	1,923409	23,22609	22927	1,8322	0,1358	-0,5692	9,49	0,00	-190,78
4	189,57	1,921096	23,24156	22951	1,8273	0,1273	-0,5791	6,46	0,31	-189,46
4	189,06	1,913271	23,26785	22975	1,8175	0,1273	-0,5840	4,09	0,31	-189,02
4	189,47	1,910463	23,29312	22999	1,8077	0,1329	-0,6036	2,19	0,31	-189,46
4	189,46	1,900808	23,3229	23023	1,7979	0,1273	-0,6036	0,30	0,31	-189,46
4	190,34	1,900725	23,34837	23047	1,7930	0,1245	-0,6183	-0,18	0,31	-190,34
4	190,80	1,894353	23,3732	23071	1,7832	0,1188	-0,6281	-2,55	0,31	-190,78
4	190,83	1,893206	23,39767	23095	1,7783	0,1216	-0,6380	-4,45	0,31	-190,78
4	191,31	1,881902	23,41007	23119	1,7636	0,1075	-0,6478	-5,87	0,31	-191,22
4	190,53	1,881581	23,45097	23143	1,7587	0,1216	-0,6576	-8,54	0,00	-190,34
4	190,25	1,879934	23,47161	23167	1,7538	0,1131	-0,6674	-11,57	0,31	-189,90
4	190,40	1,871719	23,48475	23191	1,7391	0,1160	-0,6821	-13,76	0,00	-189,90
4	191,06	1,86666	23,51452	23215	1,7342	0,1075	-0,6821	-16,61	0,00	-190,34
4	191,26	1,861187	23,54246	23239	1,7244	0,1075	-0,6919	-18,69	0,31	-190,34
4	191,01	1,855802	23,56839	23263	1,7146	0,1075	-0,7017	-20,59	0,31	-189,90
4	191,84	1,850185	23,58154	23287	1,7048	0,1018	-0,7116	-23,91	0,31	-190,34
4	191,71	1,849964	23,61804	23311	1,6999	0,1103	-0,7214	-26,28	0,31	-189,90
4	191,45	1,842893	23,65491	23335	1,6901	0,1103	-0,7263	-27,53	0,00	-189,46
4	192,49	1,837821	23,68038	23359	1,6804	0,1103	-0,7361	-28,65	0,31	-190,34
4	191,52	1,8302	23,70102	23383	1,6706	0,0990	-0,7410	-30,85	0,00	-189,02
4	192,62	1,827949	23,72926	23407	1,6608	0,1103	-0,7557	-32,27	0,00	-189,90
4	193,03	1,818717	23,7552	23431	1,6510	0,1047	-0,7557	-34,64	0,00	-189,90
4	192,98	1,814283	23,78067	23455	1,6412	0,1103	-0,7655	-36,72	0,31	-189,46
4	193,84	1,808933	23,81183	23484	1,6265	0,1018	-0,7852	-40,99	0,31	-189,46
4	193,78	1,795658	23,84044	23508	1,6069	0,1018	-0,7950	-42,71	0,00	-189,02
4	193,50	1,788974	23,86723	23532	1,5922	0,0990	-0,8097	-45,27	0,31	-188,13
4	194,73	1,780308	23,89058	23556	1,5726	0,0933	-0,8293	-48,59	0,31	-188,57
4	195,52	1,754398	23,93812	23580	1,5432	0,0933	-0,8293	-54,76	0,31	-187,69

4	196,77	1,746643	23,97425	23604	1,5236	0,0933	-0,8490	-56,18	0,31	-188,57
4	197,18	1,730018	23,99835	23628	1,4991	0,0905	-0,8588	-59,03	0,31	-188,13
4	197,75	1,727349	24,03596	23652	1,4844	0,0933	-0,8784	-60,93	0,31	-188,13
4	197,60	1,710976	24,06993	23676	1,4599	0,0849	-0,8882	-65,67	0,31	-186,37
4	198,15	1,699453	24,10107	23700	1,4403	0,0849	-0,8980	-68,52	0,31	-185,92
4	197,85	1,688429	24,13352	23724	1,4207	0,0905	-0,9079	-72,32	0,31	-184,16
4	198,56	1,672795	24,17249	23748	1,3962	0,0820	-0,9177	-78,49	0,31	-182,39
4	197,69	1,664407	24,20225	23772	1,3766	0,0764	-0,9324	-81,33	0,31	-180,18
4	197,83	1,642973	24,22934	23796	1,3472	0,0764	-0,9373	-86,37	0,00	-177,98
4	197,41	1,636474	24,26275	23820	1,3325	0,0735	-0,9471	-89,88	0,31	-175,77
4	197,90	1,619108	24,29388	23844	1,3080	0,0651	-0,9520	-95,10	0,31	-173,56
4	197,08	1,605134	24,32697	23868	1,2835	0,0622	-0,9618	-98,89	0,31	-170,47
4	196,50	1,592271	24,35339	23892	1,2639	0,0566	-0,9667	-102,22	0,31	-167,82
4	196,57	1,581708	24,38927	23916	1,2394	0,0481	-0,9815	-107,26	0,00	-164,73
4	196,84	1,56559	24,42389	23940	1,2149	0,0453	-0,9864	-111,71	0,31	-162,08
4	196,16	1,543184	24,45462	23964	1,1905	0,0311	-0,9815	-115,50	0,31	-158,54
4	195,95	1,530765	24,48882	23988	1,1660	0,0339	-0,9913	-119,30	0,31	-155,45
4	194,85	1,51899	24,53042	24012	1,1464	0,0283	-0,9962	-123,10	0,31	-151,04
4	194,77	1,500454	24,56436	24036	1,1219	0,0198	-0,9962	-127,19	0,00	-147,50
4	194,43	1,481852	24,59366	24060	1,0925	0,0141	-1,0011	-131,17	0,31	-143,53
4	194,01	1,467421	24,63648	24084	1,0729	0,0085	-1,0011	-134,78	0,00	-139,55
4	193,66	1,452988	24,66578	24108	1,0484	0,0057	-1,0060	-138,28	0,31	-135,58
4	193,23	1,431924	24,69103	24132	1,0190	-0,0057	-1,0060	-141,90	0,00	-131,16
4	193,68	1,418136	24,72297	24156	0,9994	-0,0170	-1,0060	-146,83	0,31	-126,30
4	193,08	1,401019	24,7554	24180	0,9749	-0,0198	-1,0060	-149,02	0,00	-122,77
4	192,68	1,384129	24,78582	24204	0,9504	-0,0226	-1,0060	-152,05	0,31	-118,36
4	192,81	1,367897	24,81522	24228	0,9259	-0,0424	-1,0060	-154,89	0,31	-114,82
4	191,82	1,351069	24,8468	24252	0,9063	-0,0424	-1,0011	-158,69	0,31	-107,76
4	192,80	1,334854	24,87206	24276	0,8818	-0,0453	-1,0011	-162,49	0,31	-103,78
4	192,44	1,315399	24,90217	24300	0,8573	-0,0537	-0,9962	-165,34	0,31	-98,48
4	192,26	1,299687	24,93594	24324	0,8328	-0,0566	-0,9962	-168,66	0,31	-92,30
4	192,47	1,280729	24,97537	24348	0,8083	-0,0651	-0,9913	-170,08	0,31	-90,09
4	192,14	1,265253	24,99908	24372	0,7887	-0,0764	-0,9864	-171,98	0,31	-85,68
4	189,53	1,24681	25,03618	24396	0,7642	-0,0849	-0,9815	-172,45	0,31	-78,61
4	192,64	1,221595	25,06516	24420	0,7348	-0,0905	-0,9716	-178,15	0,31	-73,31
4	190,44	1,206409	25,09857	24444	0,7153	-0,0962	-0,9667	-177,20	0,31	-69,78
4	191,85	1,191399	25,12563	24468	0,6957	-0,1018	-0,9618	-180,05	0,31	-66,24
4	192,33	1,175741	25,14776	24492	0,6712	-0,1273	-0,9569	-182,42	0,31	-60,94
4	193,44	1,14893	25,1914	24516	0,6467	-0,1188	-0,9422	-185,27	0,31	-55,64
4	193,03	1,136243	25,22602	24540	0,6222	-0,1273	-0,9422	-185,74	0,31	-52,55
4	192,80	1,116997	25,26995	24564	0,6075	-0,1358	-0,9275	-186,69	0,31	-48,14
4	193,33	1,095987	25,29889	24588	0,5830	-0,1386	-0,9177	-188,12	0,31	-44,60
4	194,50	1,075981	25,32779	24612	0,5585	-0,1471	-0,9079	-190,01	0,31	-41,51
4	194,15	1,058956	25,37105	24636	0,5340	-0,1725	-0,8980	-190,49	0,31	-37,54
4	193,59	1,039551	25,4158	24660	0,5193	-0,1754	-0,8833	-190,96	0,31	-31,80
4	194,27	1,020959	25,44436	24684	0,4899	-0,1754	-0,8784	-192,21	0,00	-28,26
4	195,57	1,000704	25,47894	24708	0,4752	-0,1952	-0,8588	-194,11	0,00	-23,85

4	194,84	0,984199	25,51835	24732	0,4556	-0,2008	-0,8490	-193,63	0,00	-21,64
4	194,50	0,960881	25,5526	24756	0,4311	-0,2036	-0,8342	-193,81	0,31	-16,34
4	195,10	0,942152	25,58817	24780	0,4164	-0,2065	-0,8195	-194,76	0,31	-11,48
4	194,37	0,930365	25,62702	24804	0,3968	-0,2291	-0,8097	-194,28	0,31	-5,74
4	196,70	0,907869	25,66187	24828	0,3772	-0,2234	-0,7950	-196,66	0,31	-3,97
4	192,44	0,891083	25,69268	24852	0,3625	-0,2319	-0,7803	-192,39	0,31	4,42
4	196,24	0,866389	25,7263	24876	0,3380	-0,2404	-0,7606	-196,18	0,31	4,86
4	196,33	0,845583	25,75708	24900	0,3086	-0,2517	-0,7459	-196,18	0,31	7,51
4	196,92	0,831683	25,79389	24924	0,3037	-0,2546	-0,7312	-196,48	0,00	13,25
4	195,85	0,812886	25,83023	24948	0,2841	-0,2715	-0,7116	-195,23	0,31	15,46
4	198,00	0,793968	25,86101	24972	0,2694	-0,2687	-0,6968	-197,13	0,31	18,55
4	196,11	0,774239	25,89368	24996	0,2498	-0,2800	-0,6772	-194,76	0,31	22,96
4	197,05	0,755606	25,92378	25020	0,2352	-0,2885	-0,6576	-195,71	0,31	22,96
4	197,96	0,742011	25,96243	25044	0,2254	-0,2942	-0,6429	-196,18	0,31	26,50
4	197,69	0,724143	25,9907	25068	0,2107	-0,3026	-0,6232	-195,53	0,00	29,15
4	197,25	0,715177	26,03087	25092	0,1960	-0,3111	-0,6134	-193,81	0,31	36,65
4	197,96	0,682254	26,07119	25116	0,1715	-0,3083	-0,5840	-194,28	0,31	37,98
4	197,51	0,658804	26,09867	25140	0,1666	-0,3055	-0,5594	-191,44	0,31	48,58
4	198,89	0,638802	26,13636	25164	0,1470	-0,3168	-0,5349	-192,86	0,31	48,58
4	199,21	0,630117	26,15984	25188	0,1372	-0,3281	-0,5202	-192,86	0,31	49,90
4	199,50	0,620468	26,19618	25212	0,1225	-0,3309	-0,5104	-192,21	0,00	53,44
4	198,38	0,598526	26,22328	25236	0,1127	-0,3309	-0,4858	-187,46	0,00	64,92
4	198,11	0,576239	26,26092	25260	0,1078	-0,3281	-0,4613	-187,17	0,31	64,92
4	199,00	0,562622	26,30419	25284	0,0931	-0,3422	-0,4368	-188,12	0,31	64,92
4	199,31	0,554205	26,33685	25308	0,0784	-0,3564	-0,4171	-188,59	0,31	64,48
4	201,23	0,52965	26,38319	25332	0,0735	-0,3422	-0,3975	-189,06	0,31	68,89
4	200,03	0,518888	26,40508	25362	0,0588	-0,3507	-0,3779	-183,37	0,31	79,93
4	199,73	0,483935	26,445	25388	0,0539	-0,3366	-0,3435	-179,57	0,31	87,44
4	200,48	0,473257	26,47959	25412	0,0441	-0,3422	-0,3239	-177,97	0,00	92,30
4	200,83	0,462766	26,50974	25436	0,0392	-0,3507	-0,2993	-176,73	0,31	95,39
4	201,31	0,433332	26,54745	25460	0,0294	-0,3338	-0,2748	-174,83	0,31	99,81
4	201,73	0,430178	26,58583	25484	0,0294	-0,3451	-0,2552	-172,45	0,31	104,67
4	201,91	0,412811	26,61214	25508	0,0196	-0,3451	-0,2257	-171,03	0,31	107,32
4	200,06	0,402332	26,64606	25532	0,0147	-0,3422	-0,2110	-167,71	0,31	109,08
4	201,94	0,39481	26,67881	25558	0,0147	-0,3422	-0,1963	-165,81	0,31	115,26
4	202,19	0,390646	26,71786	25582	0,0098	-0,3507	-0,1718	-162,96	0,31	119,68
4	202,16	0,382297	26,74885	25618	0,0000	-0,3507	-0,1521	-159,94	0,00	123,66
4	202,72	0,379347	26,80349	25642	0,0049	-0,3536	-0,1374	-158,22	0,31	126,75
4	202,26	0,378533	26,82568	25666	0,0000	-0,3564	-0,1276	-157,27	0,31	127,19
4	203,33	0,373828	26,83808	25690	0,0000	-0,3564	-0,1129	-155,37	0,31	131,16
4	202,90	0,362907	26,86262	25726	0,0000	-0,3507	-0,0932	-152,52	0,31	133,81
4	204,25	0,363296	26,88397	25750	-0,0049	-0,3536	-0,0834	-151,57	0,31	136,90
4	203,19	0,354649	26,89454	25774	-0,0049	-0,3479	-0,0687	-150,15	0,31	136,90
4	203,60	0,358458	26,91901	25798	-0,0049	-0,3536	-0,0589	-148,25	0,31	139,55
4	202,83	0,356977	26,9389	25822	-0,0049	-0,3536	-0,0491	-146,35	0,31	140,44