Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Е. А. Андреева, Решение одномерных задач пластичности для разупрочняющегося материала, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2008, выпуск 2(), 152–160

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu642>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.84.234.179

26 апреля 2023 г., 16:33:25

УДК 539.374

РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНЫХ ЗАДАЧ ПЛАСТИЧНОСТИ ДЛЯ РАЗУПРОЧНЯЮЩЕГОСЯ МАТЕРИАЛА

Е. А. Андреева

Самарский государственный технический университет,
443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

E-mail: andrejeva@kg.ru

Решены одномерные задачи для пластически разупрочняющегося материала на основании структурной (механика микронеоднородных сред) и феноменологической (механика сплошной среды) моделей. Проведены результаты расчёта по обеим моделям. Выполнен анализ особенностей деформирования стержневых систем на закритической стадии деформирования.

Ключевые слова: пластичность, разупрочнение, структурная и феноменологическая модели, одномерные задачи, закритическое деформирование.

Изучению закономерностей механического поведения элементов конструкций на стадии закритического упругопластического деформирования посвящено большое число работ, при этом используются модели разупрочняющегося материала как на уровне механики микронеоднородных сред [1–9], так и на уровне макромоделей сплошной среды [5, 10–13]. Актуальность этой задачи связана с тем, что именно на этой стадии происходит макроразрушение элемента объема материала. Разработка данного вопроса естественным образом связана с проблемой повышения деформационных резервов элементов конструкций, а также более полного использования их несущей способности.

Целью настоящей работы является разработка методов решения одномерных задач для статически неопределенных стержневых конструкций из пластически разупрочняющегося материала на основании микро- и макромоделей среды и сравнительный анализ результатов расчета, при этом рассматривается режим жёсткого нагружения, поскольку в этом случае возможно равновесное протекание процесса накопления повреждений, что находит свое отражение на ниспадающей ветви диаграммы деформирования [5, 6, 14–17].

1. Рассмотрим сначала решение одномерных задач для стержневых конструкций на закритической стадии деформирования материала на основании структурной модели среды [5, 6], согласно которой поликристаллический материал моделируется системой хаотически ориентированных однородных стержней (локальных элементов) одинаковой длины, работающих на растяжение – сжатие. Каждый локальный элемент этой системы наделяется простейшими деформационными свойствами: линейной упругостью и идеальной пластичностью. Поэтому деформацию i -того локального элемента можно представить в виде

$$\varepsilon_i = e_i + e_i^p, \quad (1)$$

где $e_i = \frac{\sigma_i}{E}$ — упругая деформация, e_i^p — пластическая деформация.

Ориентация элементарных стержней (локальных элементов) задается дву-

Андреева Елена Анатольевна — аспирант кафедры прикладной математики и информатики Самарского государственного технического университета.

мя сферическими углами θ и φ ($0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$). Через $\sigma(\theta, \varphi)$ обозначим напряжение, возникающее в локальном элементе (микронапряжение); $\varepsilon(\theta, \varphi)$ — деформацию локального элемента (микродоформацию); $\langle \sigma_x \rangle$, $\langle \sigma_y \rangle$, $\langle \sigma_z \rangle$ — макронапряжения, $\langle \varepsilon_x \rangle$, $\langle \varepsilon_y \rangle$, $\langle \varepsilon_z \rangle$ — макродеформации (для одноосного напряженного состояния в силу симметрии задачи микронапряжения и микродоформации зависят только от угла θ).

В [5, 6] для рассматриваемой модели в одноосном случае были получены уравнения равновесия

$$\langle \sigma_x \rangle = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sigma(\theta) \cos^2 \theta \sin \theta d\theta, \quad \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sigma(\theta) \sin^3 \theta d\theta = 0 \quad (2)$$

и совместности деформаций —

$$\varepsilon(\theta) = \langle \varepsilon_x \rangle \cos^2 \theta + \langle \varepsilon_y \rangle \sin^2 \theta. \quad (3)$$

Для установления связи между микро- и макродеформациями введена гипотеза однородности деформации по объёму:

$$\langle \varepsilon_x \rangle = \varepsilon(0), \quad \langle \varepsilon_y \rangle = \langle \varepsilon_z \rangle = \varepsilon\left(\frac{\pi}{2}\right). \quad (4)$$

Для микропредела текучести локального элемента $\sigma_{\text{тм}}$ и микромодуля Юнга $E_{\text{м}}$ установлены следующие зависимости [5]:

$$\sigma_{\text{тм}} = 3\sigma_{\text{пр}}, \quad E_{\text{м}} = 3\langle E \rangle,$$

где $\langle E \rangle$ — макромодуль материала, $\sigma_{\text{пр}}$ — макропредел пропорциональности.

В качестве критерия разрушения для локального элемента (на микроуровне) использован энергетический критерий вида

$$\int_0^{e^p} \sigma(\theta) de^p(\theta) = A_p^*, \quad (5)$$

где $A_p^* = \sigma_{\text{тм}} e_s^p$, e_s^p — значение макропластической деформации, соответствующее временному пределу сопротивления на диаграмме упругопластического деформирования. В силу того, что локальный элемент наделен свойством идеальной пластичности, критерий (5) преобразуется в деформационный критерий вида $e^p(\theta) = e_s^p$, т. е. разрушение локального элемента происходит тогда, когда его деформация достигает критического значения e_s^p .

Если схематическая диаграмма упругопластического макродеформирования образца, полученная при стандартных испытаниях на растяжение в режиме «жёсткого» нагружения, имеет вид, представленный на рис. 1, то кинетика поля микронапряжений в процессе упругопластического деформирования и разрушения металлов на основе структурной модели (1)–(5), изображенная на рис. 2, состоит из этапов а) — е).

Точке 1 на диаграмме деформирования (рис. 1) соответствует чисто упругое состояние, поэтому для эпюры микронапряжений имеем $|\sigma(\theta)| < \sigma_{\text{тм}}$, $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ (рис. 2, а). По мере возрастания нагрузки (точка 2 на рис. 1) часть наиболее нагруженных локальных элементов модели достигает предела текучести и возникает зона пластического растяжения ($\sigma(\theta) = \sigma_{\text{тм}}$, $0 \leq \theta \leq \alpha_1$), а оставшиеся элементы находятся в упругом состоянии ($|\sigma(\theta)| < \sigma_{\text{тм}}$, $\alpha_1 < \theta < \frac{\pi}{2}$). Этому состоянию соответствует схема, представленная на рис. 2, б.

Рис. 1. Идеализированная диаграмма упругопластического деформирования образца

В последующем на закритической стадии деформирования естественно предположить, что наиболее нагруженные локальные элементы модели в зоне растяжения начинают разрушаться и микронапряженное состояние среды определяется зоной разрушенных элементов ($0 \leq \theta \leq \alpha_3$), зонами пластического растяжения ($\alpha_3 \leq \theta \leq \alpha_1$) и пластического сжатия ($\alpha_2 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$), упругой областью ($\alpha_1 \leq \theta \leq \alpha_2$) (схема на рис. 2, д). Завершающей стадии закритического деформирования соответствуют зоны разрушения в областях пластического растяжения ($0 \leq \theta \leq \alpha_3$) и пластического сжатия ($\alpha_4 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$), пластического сжатия ($\alpha_4 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$) и пластического растяжения ($\alpha_3 \leq \theta \leq \alpha_1$) без разрушения локальных элементов, а также упругая область ($\alpha_1 \leq \theta \leq \alpha_2$). Схематически это состояние представлено схемой на рис. 2, е.

Таким образом, если задан режим «жесткого» нагружения образца, то ниспадающая ветвь диаграммы прогнозируется на основании структурной модели, при этом необходимо иметь всего три феноменологических макропараметра: $\sigma_{\text{пр}}$, $\langle E \rangle$, ϵ_s^p .

Рис. 2. Диаграмма распределения микронапряжений в процессе одноосного упругопластического деформирования

2. Исследуем теперь закритическое упругопластическое деформирование стержневых систем на основании предложенной структурной модели разрушающейся среды. Поскольку принципиальных различий в поведении статически неопределимых систем не будет, рассмотрим простейшую трёхэлементную систему, изображённую на рис. 3.

Уравнения равновесия и совместности деформаций для нее имеют вид:

$$\alpha\sigma_1 + (1 - \alpha)\sigma_2 = \sigma_0, \quad (6)$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cos^2 \varphi, \quad (7)$$

где $\vec{N}$ — приложенная нагрузка; $\sigma_0 = \frac{N}{S_1 + 2S_2}$ — приведённое напряжение; $\alpha = \frac{S_1}{S_1 + 2S_2}$; S_1, S_2, S_3 — соответственно площади поперечных сечений стержней ($S_2 = S_3$); $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ и $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ — соответственно напряжения и полные деформации в стержнях, при этом очевидно, что $\sigma_2 = \sigma_3$ и $\varepsilon_2 = \varepsilon_3$.

На рис. 4 приведены экспериментальная (линия 1) и расчётная (линия 2) по структурной модели диаграммы упругопластического деформирования сплава ЭИ 617 (характеристики материала: $T = 900^\circ\text{C}$, $\langle E \rangle = 170\,000$ МПа, $\sigma_{\text{пр}} = 285$ МПа, $\varepsilon_s^p = 0,042$), а на рис. 5 сплошной линией показана диаграмма деформирования стержневой конструкции из этого материала при $S_1 = S_2 = S_3$ в координатах « $\sigma_0 - \varepsilon$ », где σ_0 — приведённое напряжение, $\varepsilon = \varepsilon_1$ — деформация системы в вертикальном направлении. Точками 1–6 здесь отмечены характерные состояния системы: так, в точке 1 в первом стержне возникает область пластического растяжения локальных элементов структурной модели, а второй стержень находится в упругой области. Точке 2 соответствует состояние б (рис. 2) для обоих стержней; в точке 3 для материала стержня I имеем состояние г на рис. 2, а для стержня II — состояние б; в точке 4 оба стержня системы находятся в состоянии г. Точка 5 соответствует началу разрушения локальных элементов структурной модели в стержне I и переходу всей конструкции на закритический участок деформирования. Дальнейшее деформирование конструкции в режиме «жёсткого» нагружения сопровождается падением относительной внешней нагрузки $\sigma_0 = \frac{N}{S_1 + 2S_2}$.

Рис. 3. Схема стержневой системы

Рис. 4. Экспериментальная (1), расчётные по структурной (2) и феноменологической (3) моделям диаграммы деформирования образца из сплава ЭИ 617 при $T = 900^\circ\text{C}$

Рис. 5. Расчётная по структурной (линия 1) и феноменологической (линия 2) моделям диаграммы деформирования стержневой системы (см. рис. 3). Материал: сплав ЭИ 617 при $T = 900^\circ\text{C}$

В точке 6 начинается микроструктурное разрушение в стержне II и фактически начинается финальная закритическая стадия разрушения конструкции, при этом приведённая внешняя нагрузка σ_0 убывает до нуля.

Аналогичная картина напряжённо-деформированного состояния наблюдается и для статически неопределённой системы из двух деформируемых стержней и абсолютно жёсткой балки под действием нагрузки $\vec{P}$ (рис. 6). Здесь $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ — реакции в стержнях, и $\vec{R}_0$ и $\vec{H}$ — реакции в опоре; площади сечений стержней I и II равны.

Для данной конструкции имеем уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} H + N_2 \cos \alpha &= 0, \\ R_0 + N_2 \sin \alpha + N_1 - P &= 0, \\ aN_2 \sin \alpha + (a + b)N_1 - (a + b + c)P &= 0 \end{aligned}$$

и совместности деформаций

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{a}{a + b} \sin^2 \alpha.$$

На рис. 7 показана расчётная обобщённая диаграмма деформирования этой стержневой системы из сплава ЭИ 617 ($T = 900^\circ\text{C}$) в координатах « $P - \varepsilon$ », где P — приложенная нагрузка, $\varepsilon = \varepsilon_1$ — деформация первого стержня. Точки 1–6 на диаграмме соответствуют тем же самым состояниям, что

Рис. 6. Схема стержневой конструкции

и на рис. 5. Сравнение данных на рис. 5 и рис. 7 говорит о полной качественной аналогии деформирования этих двух стержневых систем на закритической стадии деформирования.

Рис. 7. Расчётная по структурной (линия 1) и феноменологической (линия 2) моделям диаграммы деформирования стержневой системы (см. рис. 6). Материал: сплав ЭИ 617 при $T = 900^\circ\text{C}$

Таким образом, с позиций структурной феноменологической модели теоретически обоснован ниспадающий участок диаграммы деформирования как для материала, так и для обобщённых моделей стержневых элементов конструкций при деформировании в режиме жёсткого нагружения.

3. Для сравнительного анализа эти же задачи для стержневых систем были решены на основании эндохронного варианта теории пластичности разупрочняющихся сред, определяющие соотношения которой имеют вид:

$$\dot{e}^p = \begin{cases} 0, & \text{при } \sigma(t) \leq \sigma_{\text{пр}}; \\ \begin{cases} \lambda [c(\sigma(t) - \sigma_{\text{пр}})^n - e^p(t)], & c(\sigma(t) - \sigma_{\text{пр}})^n > e^p(t), \\ 0, c(\sigma(t) - \sigma_{\text{пр}})^n \leq e^p(t), & \text{при } \sigma(t) > \sigma_{\text{пр}}, \end{cases} \end{cases} \quad (8)$$

$$\sigma = \sigma_0(1 + \omega), \quad (9)$$

$$\dot{\omega} = \gamma \sigma \dot{e}^p \quad (10)$$

с начальными условиями

$$e^p(0) = 0, \quad \omega(0) = 0. \quad (11)$$

Здесь ε — полная деформация; e и e^p — упругая и пластическая деформации (соответственно); σ_0 и σ — соответственно номинальное и истинное напряжения ($\sigma_0 \geq 0$); c и n — константы, описывающие участок упрочнения диаграммы пластического деформирования; γ — параметр, контролирующий процессы разупрочнения материала; $\sigma_{\text{пр}}$ — предел пропорциональности; λ — параметр, характеризующий скорость нарастания пластической деформации; ω — параметр поврежденности, который, согласно (3), полагается пропорциональным работе истинного напряжения на пластической деформации.

Подробная методика расчета по модели (8)–(11) для расчёта жёсткого нагружения изложена в работе [5], и поэтому в данной работе приводятся лишь

результаты расчёта для рассмотренных ранее стержневых систем, которые приведены на рис. 5 и 7 (параметры модели (8)–(11): $n = 4,14$; $c = 2,14 \times 10^{-12} \text{ (МПа)}^{-n}$, $\gamma = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ (МПа)}^{-1}$). В целом результаты расчёта по структурной и феноменологической моделям дают удовлетворительное соответствие на закритической стадии упругопластического деформирования, однако внутренние (расчётные) состояния системы по той и другой теории качественно отличаются. По структурной модели закритическое деформирование (ниспадающий участок), например, для системы на рис. 5, начинается, когда в первом стержне начинается процесс разрушения локальных элементов (точка 5 на графике). По феноменологической модели для этой системы в точке A начинается процесс разупрочнения в первом стержне, однако для самой конструкции в целом на участке AB происходит упрочнение, а затем начинается процесс разупрочнения, но при этом до точки C во втором стержне происходит процесс упрочнения и лишь после точки C и в этом стержне начинается разупрочнение.

Таким образом, из феноменологической модели (8)–(11) следует, что в стержневых конструкциях часть её элементов может находиться в разупрочнённом состоянии, в то время как вся конструкция (в целом) находится в состоянии упрочнения.

4. В основополагающих работах [19, 20] процессы разупрочнения материала при реологическом деформировании связываются с нарушением сплошности материала на микроуровне за счёт образования дефектов, пор, микротрещин, при этом в условиях одноосного напряжённого состояния преимущественное направление этих трещин перпендикулярно оси действия растягивающего напряжения. Поэтому естественно рассмотреть вопрос о связи закритического упругопластического деформирования и параметра повреждённости (охрупчивания) Работнова— Качанова [19], являющегося некоторой математической мерой степени уменьшения эффективной площади поперечного сечения одноосного образца вследствие необратимых деформаций.

Согласно [19] связь истинного (σ) и номинального (σ_0) напряжений задаётся соотношением

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{1 - \omega_1}, \quad (12)$$

где ω_1 — мера (параметр) повреждённости ($\omega_1 \in [0; 1]$), характеризующий относительную долю повреждённого материала в поперечном сечении, при этом неповреждённому состоянию соответствует $\omega_1 = 0$, а полностью повреждённому — $\omega_1 = 1$. В феноменологической модели (8)–(11) истинное и номинальное напряжения связаны соотношением

$$\sigma = \sigma_0(1 + \omega). \quad (13)$$

Из (12) и (13) устанавливается связь между параметрами ω_1 и ω :

$$\omega_1 = \frac{\omega}{1 + \omega}. \quad (14)$$

Таким образом, если параметр ω определяется по модели (8)–(11), то параметр ω_1 , определяемый по (14), будет задавать относительную величину повреждённого материала.

С другой стороны, из структурной модели материала следует, что разупрочнение материала начинается тогда, когда начинают разрушаться локальные элементы (схемы *д* и *е* на рис. 2). Поэтому за параметр ω_1 для структурной модели можно взять относительное число разрушившихся локальных элементов. На рис. 8 приведены данные расчёта кинетики параметра ω_1 в зависимости от накопленной пластической деформации по структурной модели и эндохронной теории (8)–(11). В целом наблюдается удовлетворительное соответствие расчёта по той и другой теории.

Рис. 8. Кинетика параметра поврежденности ω_1 по структурной (линия 1) и феноменологической (линия 2) моделям

Таким образом, в работе показано, что при деформировании как одноосного образца, так и стержневых конструкций в режиме жёсткого нагружения возможно равновесное протекание процесса пластического деформирования на закритической стадии и его математическое описание связано с применением концепции накопления поврежденности в материале.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кадашев, Ю. И. Распиренный вариант теории ползучести, учитывающий микроразрушения [Текст] / Ю. И. Кадашев, А. М. Пейсахов, С. П. Помяткин // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. — 2008. — № 1(16). — С. 33–35.
2. Кадашев, Ю. И. Теория пластичности и ползучести, учитывающая микроразрушения [Текст] / Ю. И. Кадашев // Докл. АН СССР. — 1982. — Т. 266, № 6. — С. 79–87.
3. Новожилов, В. В. Микронапряжения в конструкционных материалах [Текст] / В. В. Новожилов, Ю. И. Кадашев. — Л.: Машиностроение, 1990. — 224 с.
4. Стружанов, В. В. Микронапряжения в конструкционных материалах [Текст] / В. В. Стружанов, Вяч. В. Башуров // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. — 2007. — № 1(14). — С. 20–39.
5. Радченко, В. П. Реологическое деформирование и разрушение материалов и элементов конструкций [Текст] / В. П. Радченко, Ю. А. Ерёмин. — М.: Машиностроение-1, 2004. — 265 с. — ISBN 5-94275-111-0.
6. Радченко, В. П. Структурно-феноменологический подход к описанию полной диаграммы упругопластического деформирования [Текст] / В. П. Радченко, Е. В. Небогина, М. В. Басов // Известия вузов. Машиностроение. — 2000. — № 5–6. С. 3–13.
7. Радченко, В. П. Численное моделирование микро- и макроразрушения стержневых систем из пластически разупрочняющегося материала [Текст] / В. П. Радченко, Е. А. Андреева / Матем. моделирование и краев. задачи: Тр. Третьей Всерос. научн. конф. — Самара: СамГТУ, 2006. — Ч. 1: Математические модели механики, прочности и надёжности элементов конструкций. — С. 176–181.
8. Радченко, В. П. Об эффекте Баушингера на стадии пластического разупрочнения материала [Текст] / В. П. Радченко, Е. А. Андреева / Зимняя школа по механике сплошных сред (пятнадцатая): Сб. статей. — Пермь: ИМСС УрО РАН, 2007. — Ч. 1. — С. 42–45.
9. Вильдеман, В. Э. Механика неупругого деформирования и разрушения композиционных материалов [Текст] / В. Э. Вильдеман, Ю. В. Соколкин, А. А. Ташкинов. — М.: Наука. Физматлит, 1997. — 288 с.

10. Стружанов, В. В. Свойства разупрочняющихся материалов и определяющие соотношения при одноосном напряжённом состоянии [Текст] / В. В. Стружанов // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. — 2007. — № 2(15). — С. 69–78.
11. Стружанов, В. В. Деформационное разупрочнение материала в элементах конструкций [Текст] / В. В. Стружанов, В. И. Миронов. — Екатеринбург: УрО РАН, 1995. — 191 с.
12. Стружанов, В. В. Упругопластическая среда с разупрочнением. Сообщение 1. Свойство материала и инкрементальный закон пластичности при растяжении [Текст] / В. В. Стружанов // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. — 2006. — № 42. — С. 49–61.
13. Радченко, В. П. Математическая модель неупругого деформирования и разрушения металлов при ползучести энергетического типа [Текст] / В. П. Радченко // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. — 1996. — № 4. — С. 43–63.
14. Вильдеман, В. Э. Краевые задачи континуальной механики разрушения [Текст] / В. Э. Вильдеман, Ю. В. Соколкин, А. А. Ташкинов. — Пермь: Препринт/УрОРАН, 1992. — 78 с.
15. Исследование кинетики разрушения материалов на заключительной стадии деформирования [Текст] / А. А. Лебедев, О. И. Марусий, Н. Г. Чаусов и др. // Пробл. прочности. — 1982. — № 1. — С. 12–18.
16. Пежина, П. Моделирование закритического поведения и разрушения диссипативного твёрдого тела [Текст] / П. Пежина // Теоретич. основы инженерных расчётов. — 1984. — Т. 106, № 4. — С. 107–117.
17. Кинетика разрушения листовой аустенитной стали на заключительной стадии деформирования [Текст] / А. А. Лебедев, Н. Г. Чаусов, О. И. Марусий и др. // Пробл. прочности. — 1989. — № 3. — С. 16–21.
18. Радченко, В. П. Об устойчивости решений одного варианта эндохронной теории одноосной пластичности [Текст] / В. П. Радченко, Г. А. Павлова, С. В. Горбунов / Матем. моделирование и краев. задачи: Тр. Пятой Всерос. научн. конф. с междунар. участием. — Самара: СамГТУ, 2008. — Ч. 1: Математические модели механики, прочности и надёжности элементов конструкций. — С. 255–261.
19. Работнов, Ю. Н. Ползучесть элементов конструкций [Текст] / Ю. Н. Работнов. — М.: Наука, 1966. — 752 с.
20. Новожилов, В. В. О пластическом разрыхлении [Текст] / В. В. Новожилов // ПММ. — 1965. — Т. 29, № 4. — С. 681–689.

Поступила в редакцию 05/VI/2008;
в окончательном варианте — 12/IX/2008.

MSC: 74C05, 74K10

SOLUTION OF ONE-DIMENSIONAL SOFTENING MATERIALS PLASTICITY PROBLEMS

E. A. Andreyeva

Samara State Technical University,
443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244.
E-mail: andreyeva@kg.ru

One-dimensional problems for plastically softening material are solved on the basis of structural (micro-non-homogeneous media) and phenomenological (continuum mechanics) models. Analysis of behaviour peculiarities of framed structures beyond the range of stability was performed.

Key words: *plasticity, structural and phenomenological models, one-dimensional problem, postbuckling behaviour.*

Original article submitted 05/VI/2008;
revision submitted 12/IX/2008.

Andreyeva Elena Anatolyevna, Postgraduate Student, Dept. of Applied Mathematics and Computer Science of Samara State Technical University.