

УДК 621.7.011**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ НДС ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ФУНКЦИЙ НА ЯЗЫКЕ LUA В QFORM**

Тигран Геворкович Минасян

*Студент 3 курса**кафедра «Обработка металлов давлением»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Ю.А. Гладков,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки давлением».**Ключевые слова: тензор напряжений, теория обработки давлением, интенсивность напряжений, сопротивление деформации, эффективное напряжение.*

Выполнено исследование точности расчета параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) в пользовательских подпрограммах на языке Lua в QForm [1]. Расчет некоторых параметров НДС приведен в работе [2].

Для понимания и оценки точности расчетов в QForm формул с использованием тензора напряжений выполнен расчет эффективного напряжения по формуле из курса лекций Ан.В.Власова [3]:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sqrt{2}}{2} * \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}$$

В подпрограмме рассчитано сопротивление деформации по формуле Хензеля-Шпиттеля с параметрами материала Сталь 50 (см. рис. 3):

$$\sigma_s = A * e^{-m_1 T} \epsilon^{m_2} e^{-\epsilon^{m_4}} \epsilon^{m_3}$$

Так как в программе заложен критерий пластичности Мизеса, то эти величины должны быть равны:

$$\sigma_i = \bar{\sigma} = \sigma_s$$

σ_i – это третий параметр для сравнения, рассчитываемый ядром «Интенсивность напряжений», который является тем же самым эффективным напряжением.

Оценка точности выполнена путем сравнения этих параметров, полученных тремя разными способами. Результаты, вычисленные в 5 различных трассируемых точках, сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Сравнение параметров расчета

Номер точки	Эффективное напряжение $\bar{\sigma}$, МПа	Интенсивность напряжений σ_i , МПа	Сопротивление деформации σ_s , МПа	Погрешность, %
1	211	211	210	0,47%
2	207	207	206	0,48%
3	224	228	224	1,75%
4	209	205	208	1,4%
5	216	216	215	0,46%

Выводы

1. Можно считать, что найденная таким образом погрешность расчета – это дополнительная погрешность численных алгоритмов интерпретации пользовательской программы на языке Lua.

2. Максимальная погрешность расчета составила 1.75 %.

```

set_target_workpiece()

sigm = result ("Сигма", 0)
HS = result ("Хензель-Шпиттель", 0 )

A = parameter("параметр А", 1645.1688)
m1 = parameter("параметр m1", 0.0028)
m2 = parameter("параметр m2", 0.19371)
m3 = parameter("параметр m3", 0.1467)
m4 = parameter("параметр m4", 0)

function UserFields (T, strain, strain_rate, stress_1, stress_2, stress_3)

    x = stress_1
    y = stress_2
    z = stress_3

    Def = strain
    SkDef = strain_rate

    q = (1/(2^0.5))*((x-y)^2+(x-z)^2+(y-z)^2)^0.5/1000000
    h = A*(2.7182^(-m1*T))*(Def^(m2))*(2.7182^(-m4*Def))*SkDef^(m3)

    store(sigm, q)
    store(HS, h)

end

```

Рис. 1. Листинг подпрограммы на языке Lua

Литература

1. *Белевич А.В., Бабин Д.М., Гладков Ю.А.* и др. Моделирование и исследование технологических процессов обработки металлов давлением: монография.- Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013. – 181 с.
2. *Ортлиб В.Д.* Написание подпрограмм в QForm для расчета параметров напряженно-деформированного состояния. [Электронный ресурс] // Всероссийская научно-техническая конференция «Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии»: материалы конференции, 5 – 8 апреля, 2016, Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана. – М.: ООО «КванторФорм», 2016.– URL: studvesna.ru?go=articles&id=1779 (дата обращения: 18.03.2016).– Загл. с экрана.
3. *Власов А.В., Маркечко И.В., Штеле В.Г.* Основы теории напряженного и деформированного состояний. Основы теории пластичности: учеб. пособие.- Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. – 164 с.

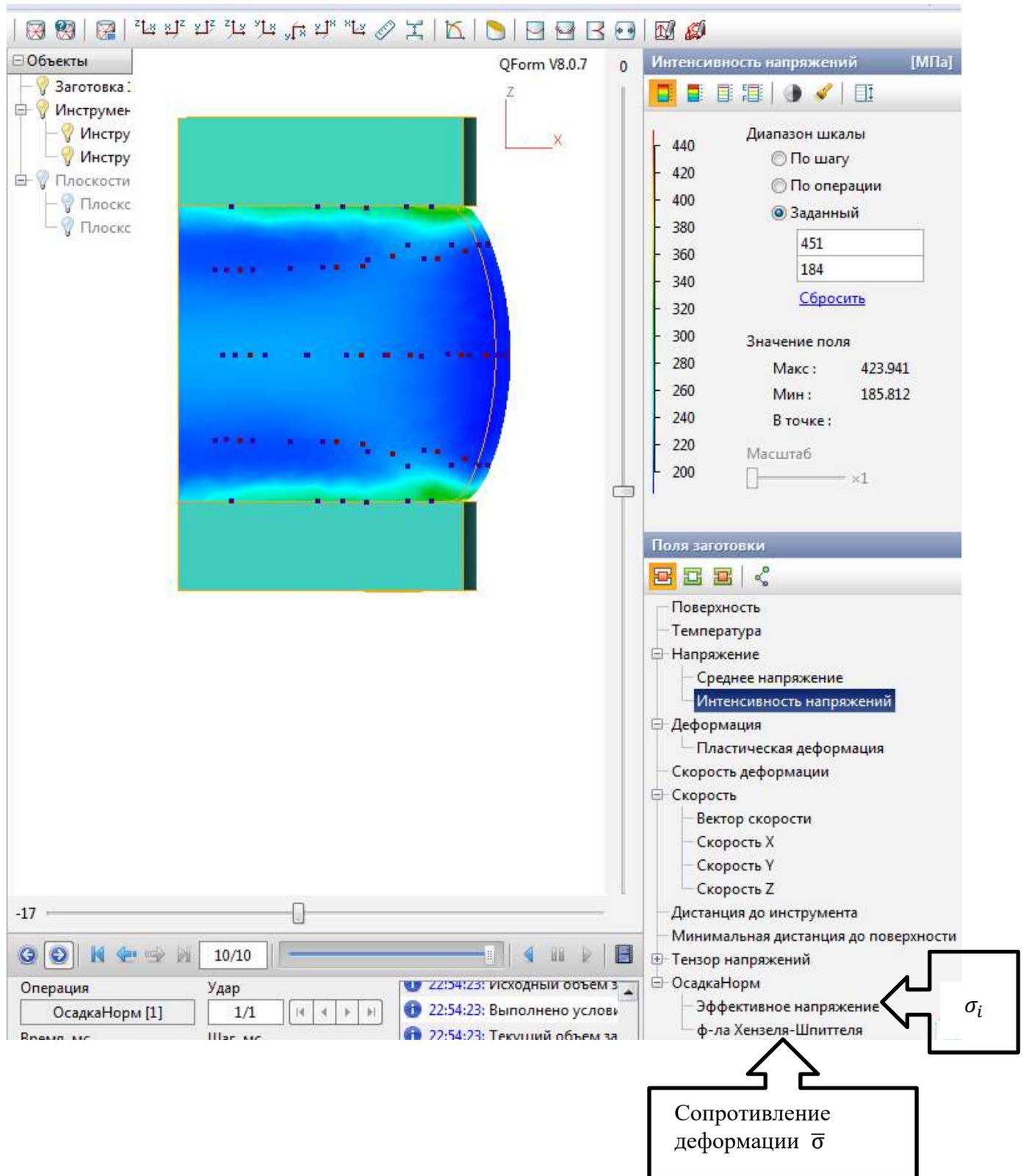


Рис. 2. Копия экрана программы QForm с результатами расчета LUA подпрограммы

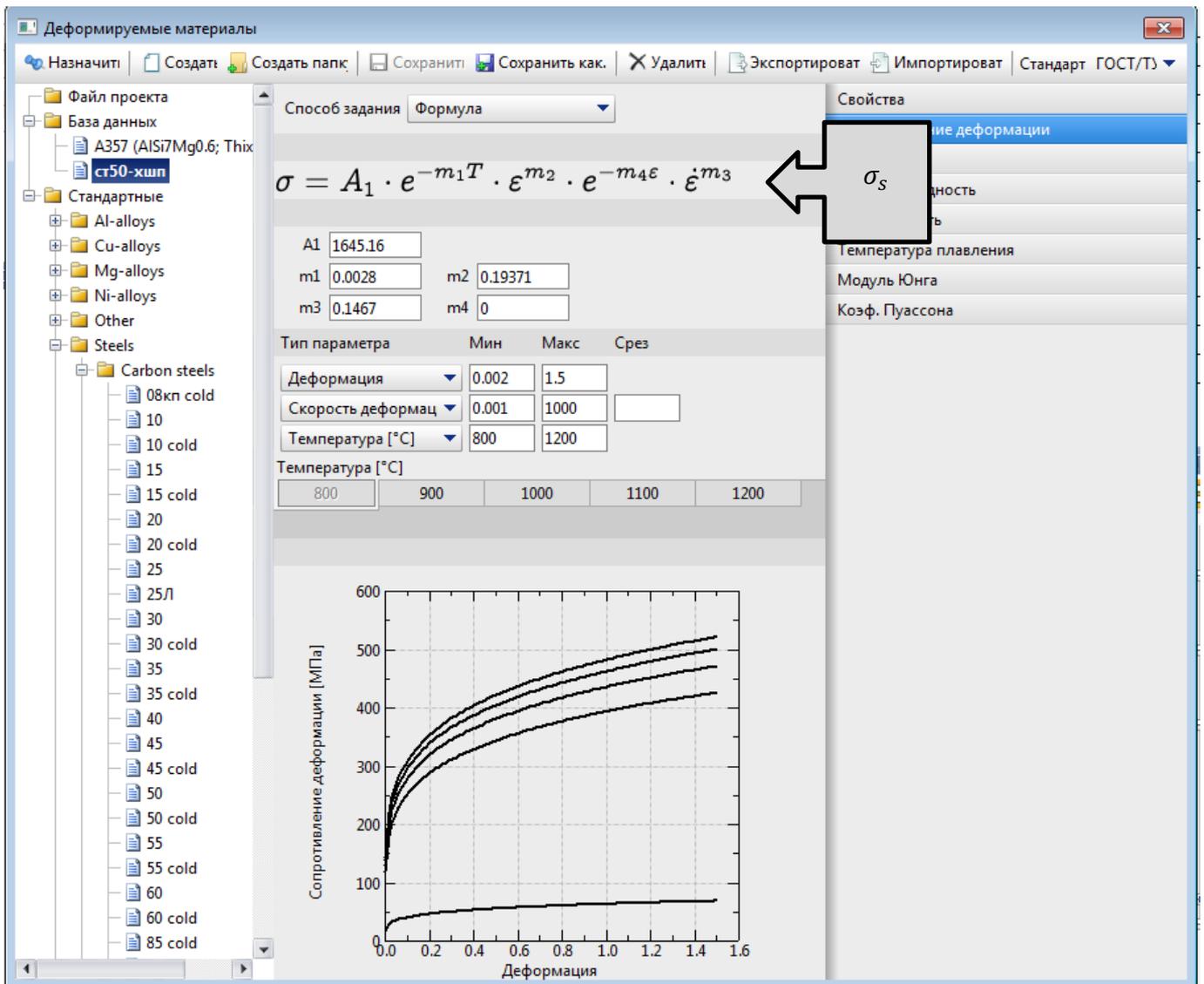


Рис. 3. Копия экрана программы QForm с данными для расчета по формуле Хензеля-Шпиттеля.