

Аналіз напруг і деформацій в розробленій станині в ELCUT

ELCUT - це інженерна система моделювання двовимірних електромагнітних, теплових, і механічних полів.

Розрахунок пружно - напруженого стану застосовується при проектуванні більшості механічних конструкцій. У завданнях теорії пружності інтерес представляють переміщення, деформації, і різні компоненти тензора напруг.

Пакет ELCUT може вирішувати лінійне завдання пружності суцільного середовища для плоско напруженого, плоско деформованого або вісісіметричного напруженого стану. Рівняння записані в термінах напруг. При постановці завдання Ви можете використати наступні можливості:

- **Властивості середовищ:** ортотропні й ізотропні матеріали.
- **Джерела поля:** зосереджені сили, розподілені поверхневі й об'ємні сили, зовнішній тиск, термічні деформації й сили, імпортовані із завдань електростатики й магнітостатики.
- **Граничні умови:** тверде закріплення з наперед заданим зсувом, пружне закріплення (пружинний підвіс).
- **Результати розрахунку:** переміщення, деформації, координатні й головні компоненти тензора напруг, еквівалентні напруги по різних теоріях міцності.

Ці завдання підходить для моделювання об'єктів з досить великою товщиною в напрямку, нормальному до площини моделі.

Геометрична модель містить повний опис геометрії завдання, мітки різних її частин і розрахункову сітку кінцевих елементів. Різні завдання можуть використати загальну модель (це, зокрема, корисно при рішенні зв'язаних завдань).

Фізичні властивості або Дані розрізняються для різних типів завдань. Ці документи містять значення властивостей матеріалів, джерел

поля й граничних умов для різних позначених геометричних об'єктів моделі. Документ властивостей може бути використаний як бібліотека матеріалів для різних завдань.

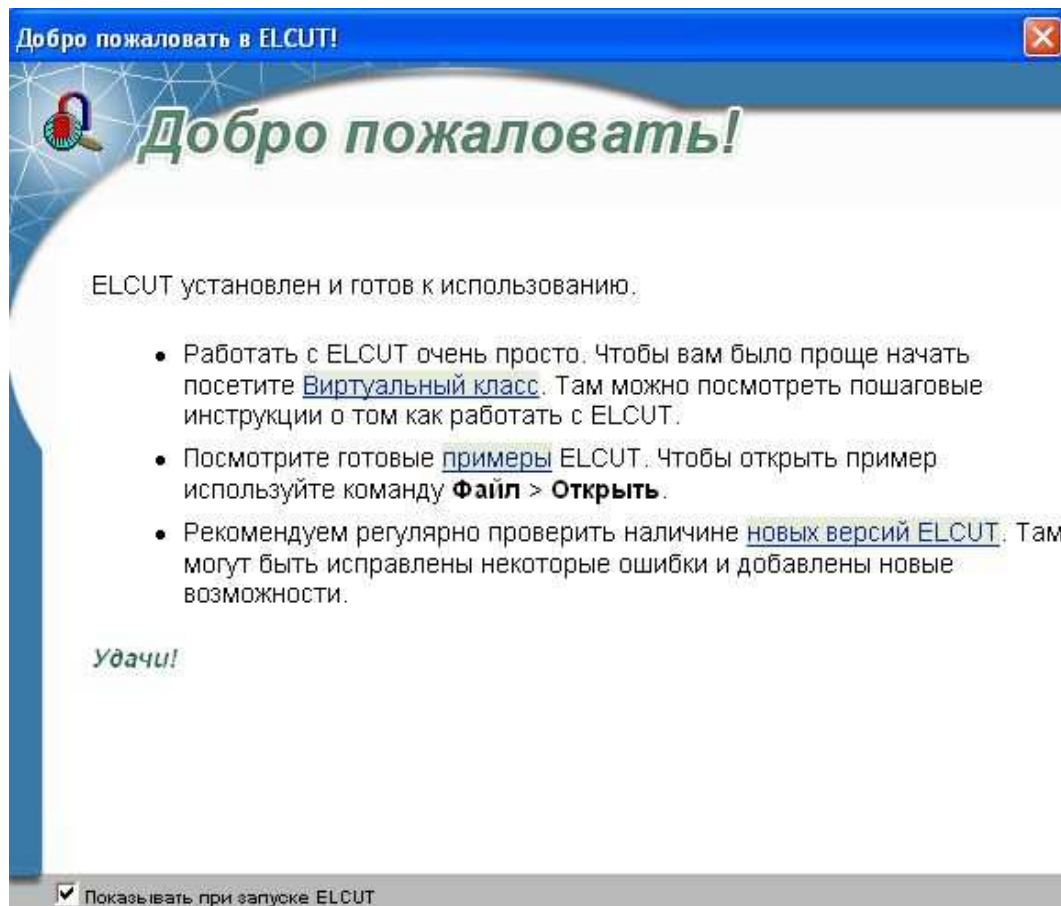
Щоб **вирішити завдання** потрібно асоціювати з нею імена двох документів: моделі й фізичних властивостей. Для більшої зручності, завдання може посилатися на два документи властивостей одночасно: один з них, називаний довідник властивостей, містить властивості часто використовуваних матеріалів (бібліотека матеріалів), а інший документ містить дані специфічні для даного завдання або групи завдань.

Між сеансами роботи ELCUT документи зберігаються в дискових файлах по одному файлі для кожного документа. У ході сеансу можна створювати нові документи й відкривати й зберігати існуючі.

Використання цієї гнучкої архітектури дозволить швидко поставити й вирішити завдання або серію завдань. Типова послідовність кроків при рішенні нового завдання представлена на блок-схемі:

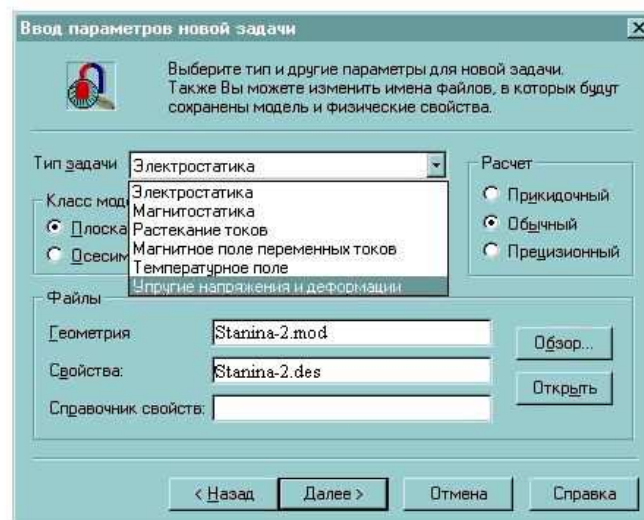


Допоможе в рішенні Ваших завдань **Справка по ELCUT [12]**

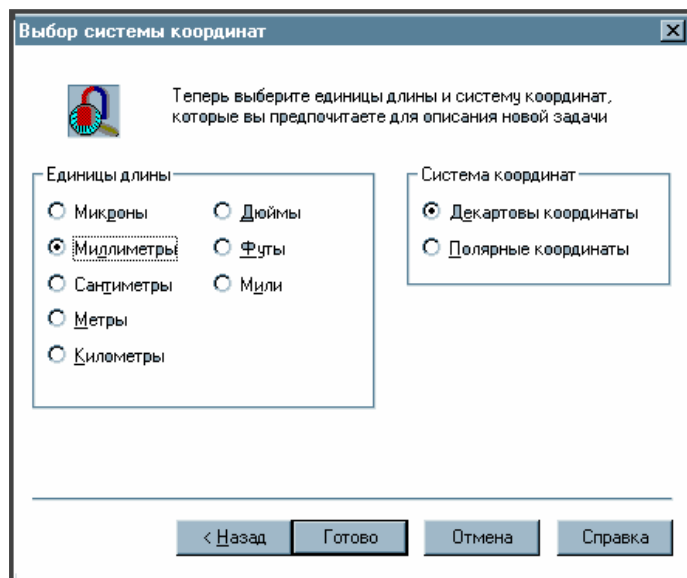


Нижче представлений покроковий процес створення й рішення завдання ELCUT - «Оцінка напруг і деформацій в моделі станини прокатного стана», побудованої на основі попередніх розрахунків в MathCAD і конструкторської розробки в КОМПАС:

1. Створюємо нове завдання ELCUT і вибираємо для неї властивості: *Упругие напряжения и деформации.*



2. У наступному вікні потрібно вказати в яких одиницях будуть вимірятися лінійні розміри, а також вибрати тип системи координат

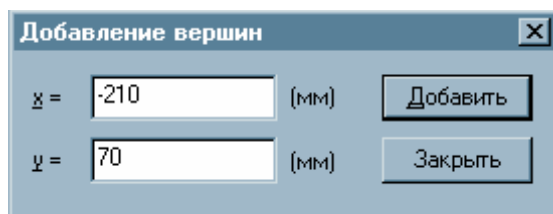


3. Далі - необхідно задати (намалювати) геометричну модель потрібного перетину.

Спочатку можна намалювати модель на міліметрівці (або в одному з пакетів САПР, наприклад КОМПАС, і зберегти її в форматі *.dfx). Це необхідно для більш точного завдання властивостей моделі і її перетинів. Якщо перетин уже готовий, то для опису його характеристик потрібно знати координати вершин.

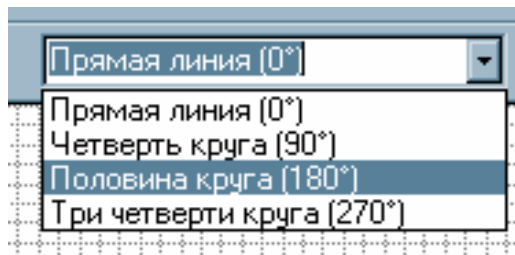
- а) Для завдання координат вершин потрібно натиснути кнопку 

У вікні розробки моделі можна задавати координати всіх вершин перетину, установлюючи курсор у відповідні крапки сітки вікна, фіксуючи вершину подвійним натисканням лівої кнопки миші, або побудувати їх по підготовленому ескізі в сітці вікна



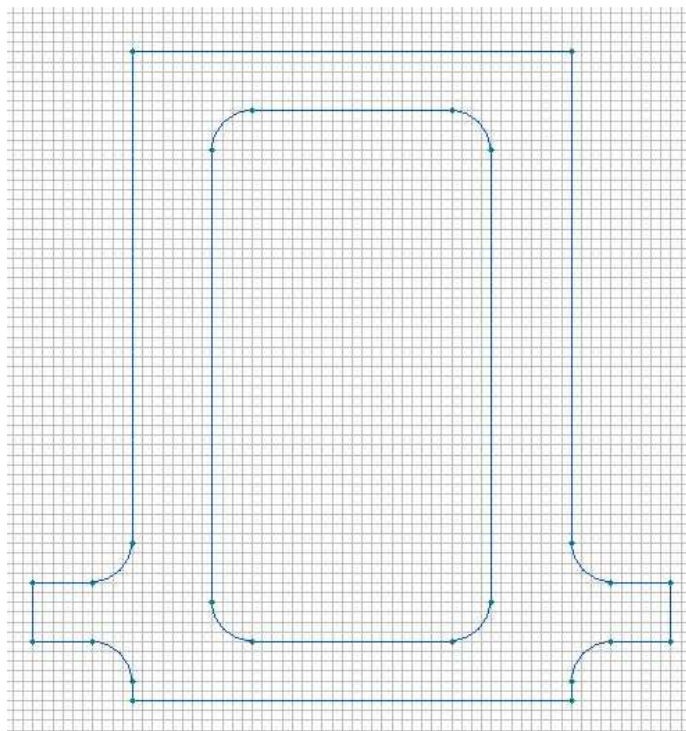
** виправити помилку можна командою «Правка / Отменить добавление вершины»*

- с) Після того як були задані всі вершини, потрібно намалювати ребра, з'єднавши відповідні вершини прямими лініями або частинами окружностей, вибравши підходящий режим:

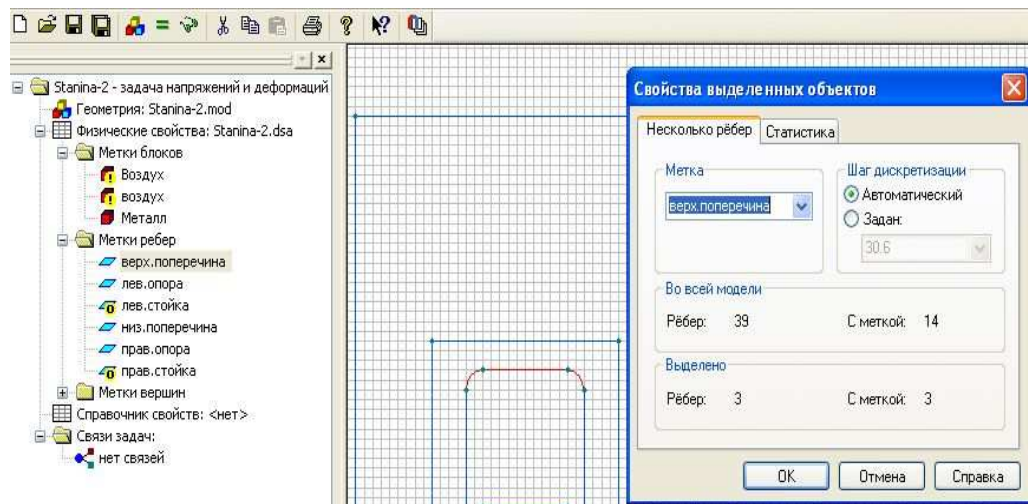


** При побудові ввігнутих або опуклих частин окружностей варто вести курсор із затиснутою лівою клавішею миші по або проти вартовий стрілки відповідно.*

У результаті пророблених операцій одержуємо один з варіантів картини перетину станини:

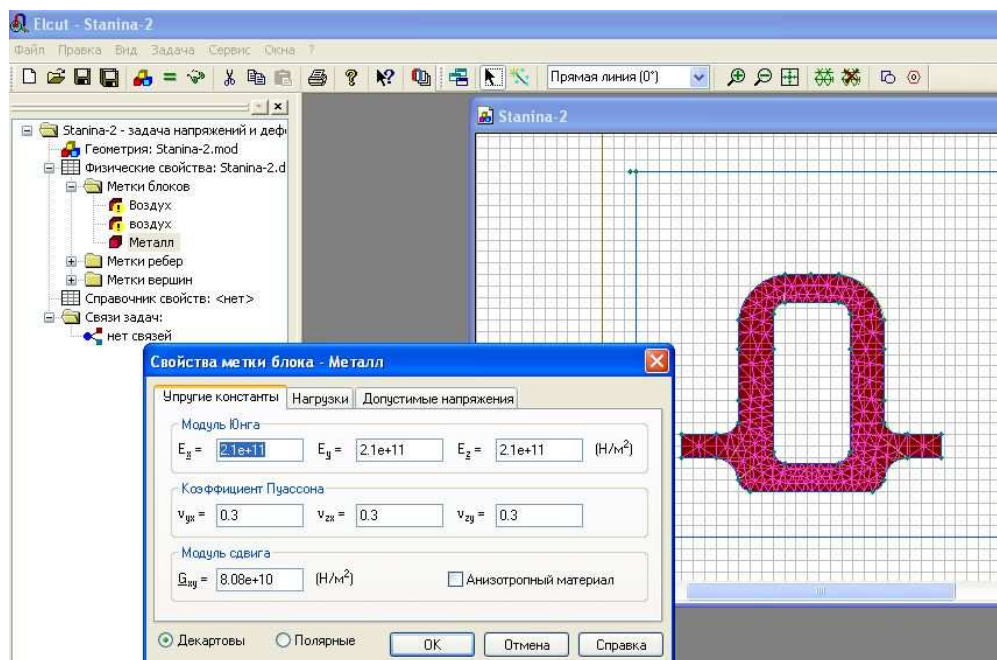


4. Тепер необхідно задати мітки **Блоков**, **Вершин** и **Ребер** . Для завдання відповідних міток потрібно підвести курсор до обраної ділянки, натиснути праву кнопку миші, вибрати пункт **Свойства** контекстного меню й записати назву мітки.



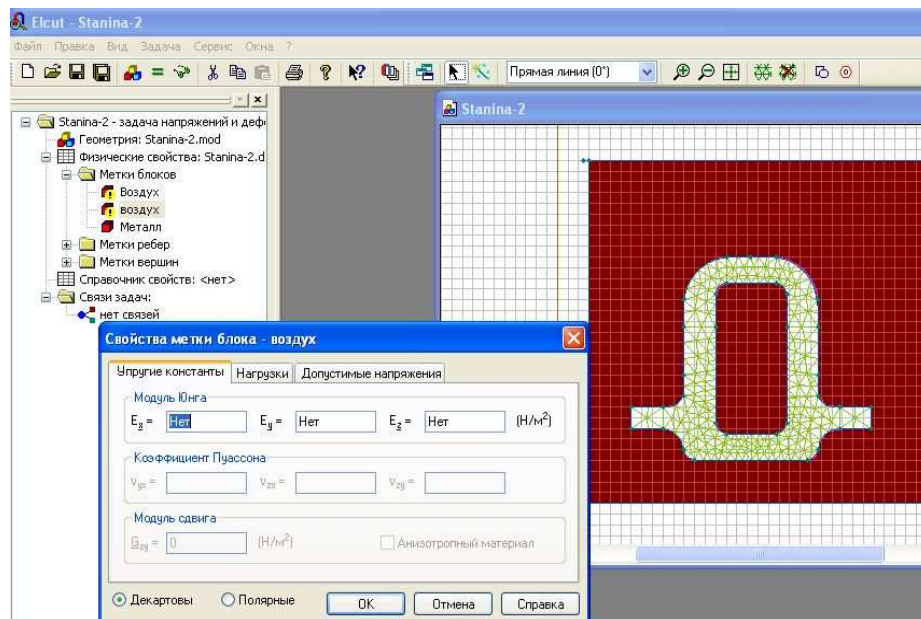
5. Її назва з'являється й в **Окне описания задачи**.

Щоб визначити мітку для блоку потрібно виділити цей блок, клацнувши по ньому правою кнопкою й привласнити йому мітку в тім же порядку, що й для ребер. При натисканні правої кнопки миші на назві мітки в **Окне описания** завдання варто задати властивості мітки блоку:



Мітка блоку станини «Метал» й її властивості

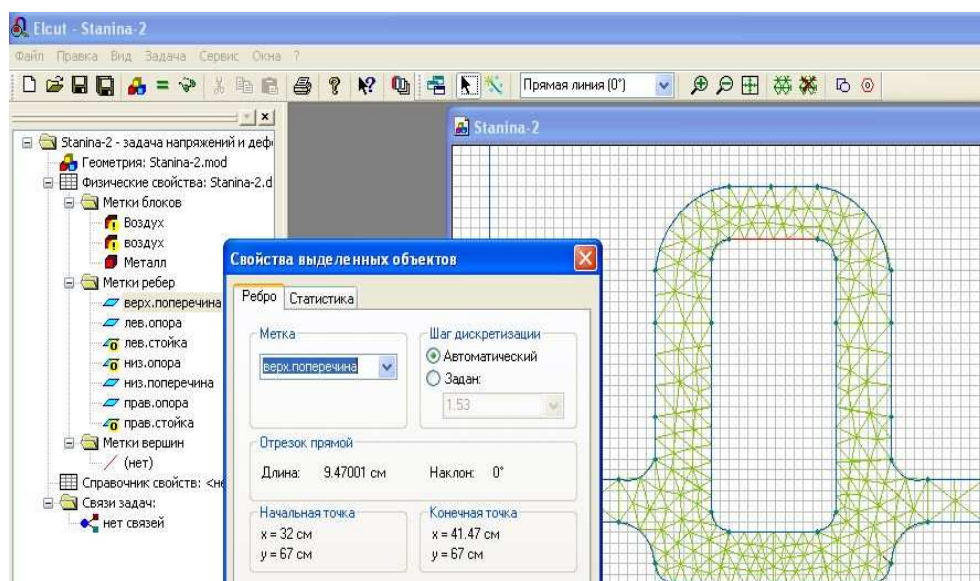
У такий же спосіб привласнені мітки навколишньому середовищу Станини й задані її властивості:



Мітка блоку навколишнього середовища «Воздух»

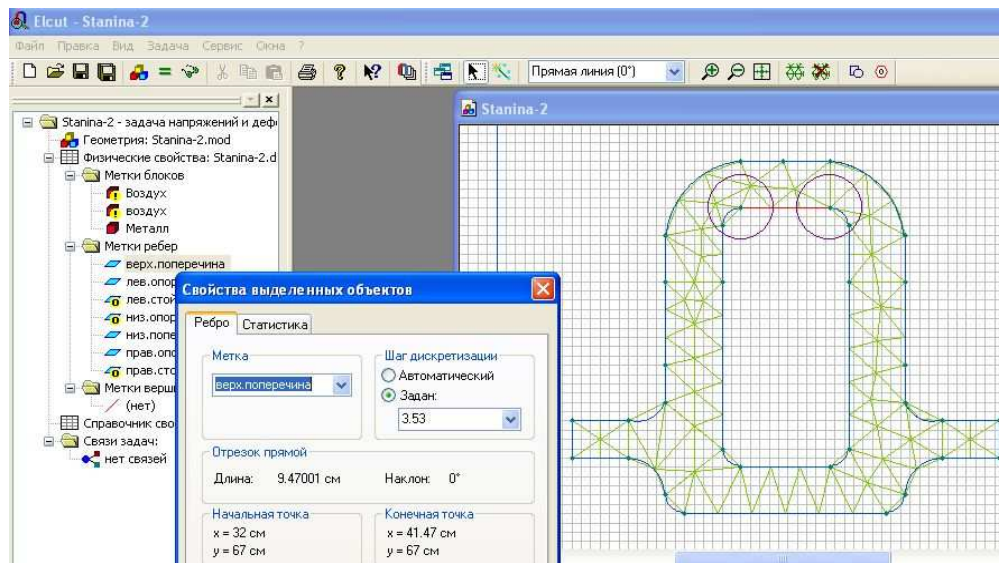
Для станини, установленной на фундамент, варто створити мітки опор й у контекстному меню **Свойства** заборонити їхнього переміщення по координатах **X - Y**

Тепер потрібно задати крок дискретизації. За замовчуванням значення цього параметра задається автоматично. Для цього вибираємо будь-яку вершину, клацаємо по ній правою кнопкою миші, вибираємо **Свойства** і в діалоговому вікні, що з'явилося, ставимо галочку **Задан**.



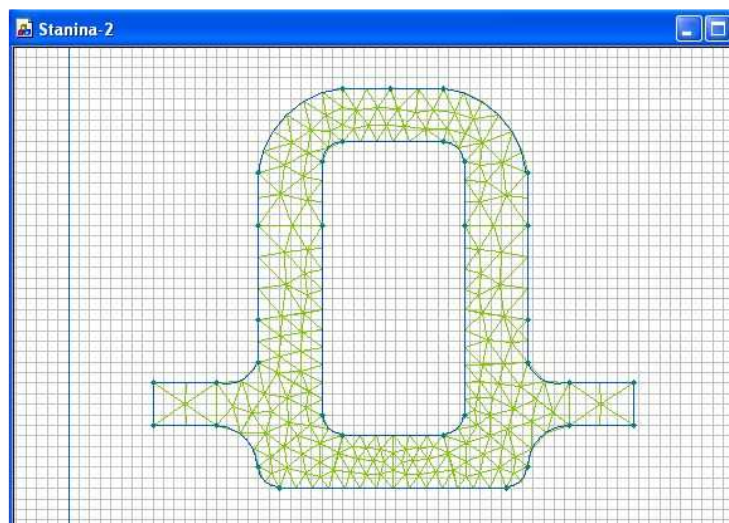
Тут крок дискретизації встановлений «Автоматичний»

Можна задати крок дискретизації й у ручному режимі. При більшому значенні кроку - число вузлів сітки менше (дивися малюнок нижче).



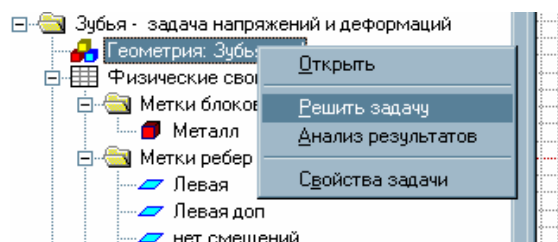
* Такий прийом зручний, якщо система відмовляється вирішувати завдання через перевищення припустимого (255) числа вузлів сітки (для Студентської версії), але вірогідність розрахунку знижується.

6. Тепер потрібно побудувати сітку кінцевих елементів у перетині. Для цього потрібно виділити відповідний блок і натиснути кнопку . Одержимо картину сітки кінцевих елементів:

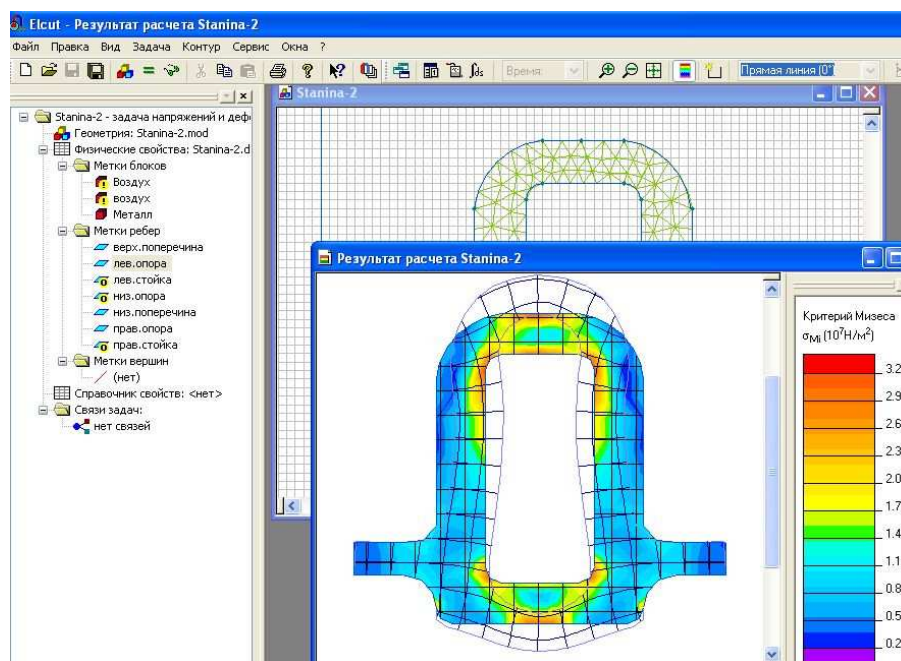


Це - сітка кінцевих елементів. З її допомогою наочно вирішуються складні завдання опору матеріалів і деталей машин.

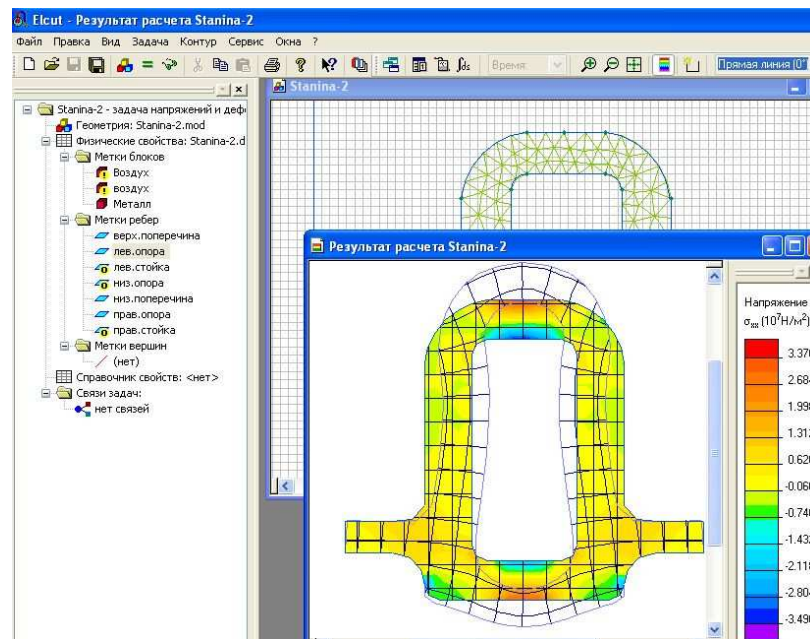
7. Наступний крок – безпосереднє рішення завдання. Знаходимо в Меню **Задача**, натискаємо лівою кнопкою миші, і вибираємо, **Решить задачу**. Таким же чином можна надійти, звернувшись до розділу Геометрия в Окне описания задачи, **Правая кнопка мыши** и далі **Решить задачу** (дивись малюнок).



8. В результаті рішення одержимо картини напруг і деформацій і шкалу їхньої розшифровки:

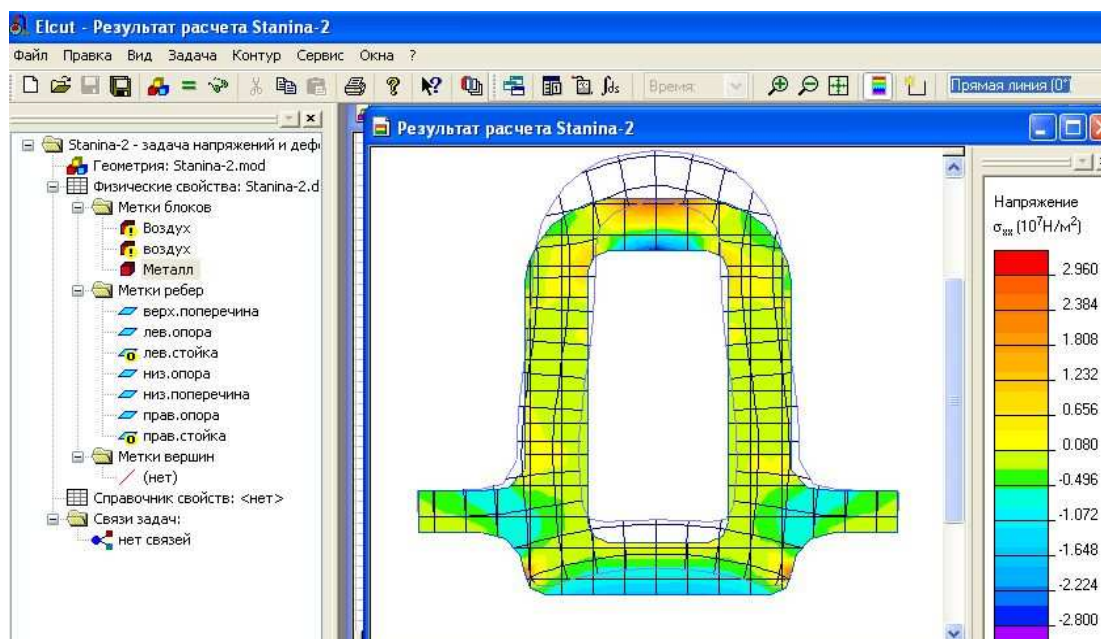


Для поділу показуваних характеристик і вигляду кінцевого результату, клацніть на малюнку правою кнопкою миші й активізуйте в контекстному меню **Картина поля**. Тут можна вибрати елемент для показання, наприклад, **Напряжения** або **Деформации** і подивитися картину напруг у даному перетині при відповідних (заданих) навантаженнях:

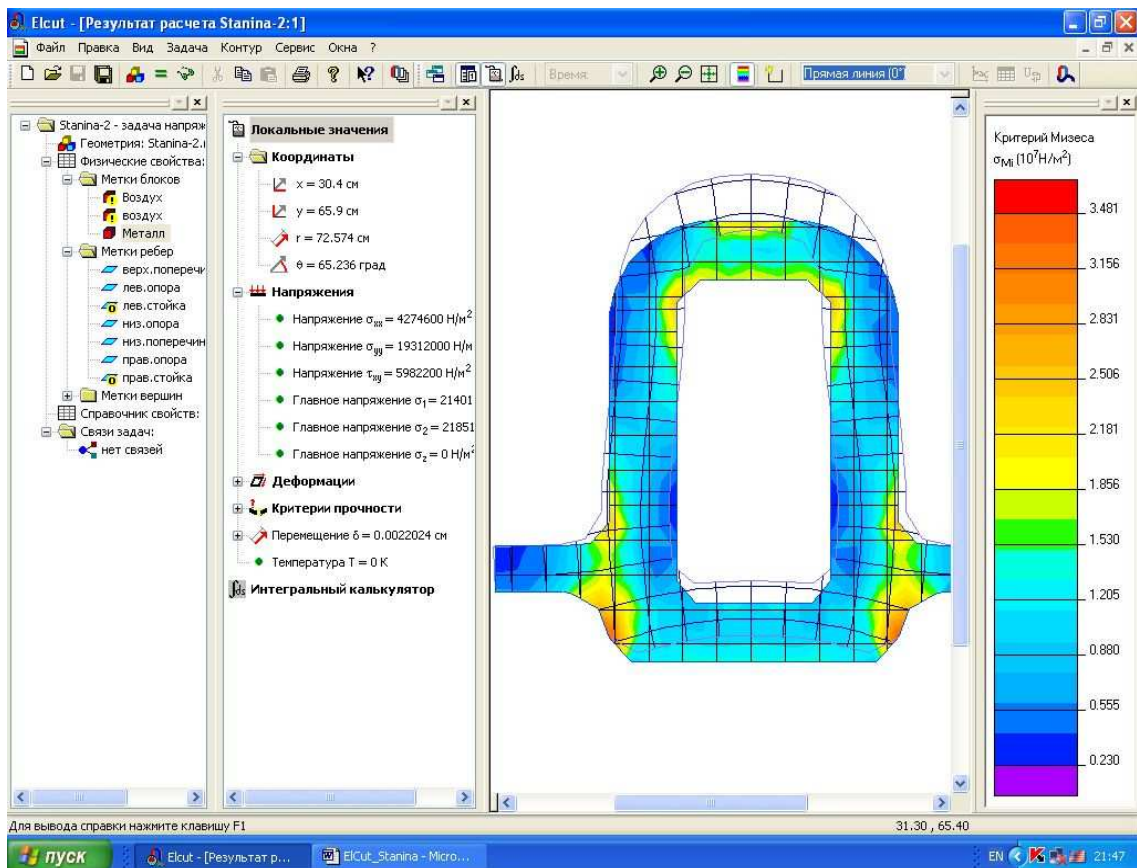


На цьому знімку станина встановлена на опори, а нижня поперечка перебуває в прямку, що не заважає її деформації.

На наступному знімку моделюється ситуація опори нижньої поперечки на фундамент, обмежене її переміщення - міняються й картини напруг.

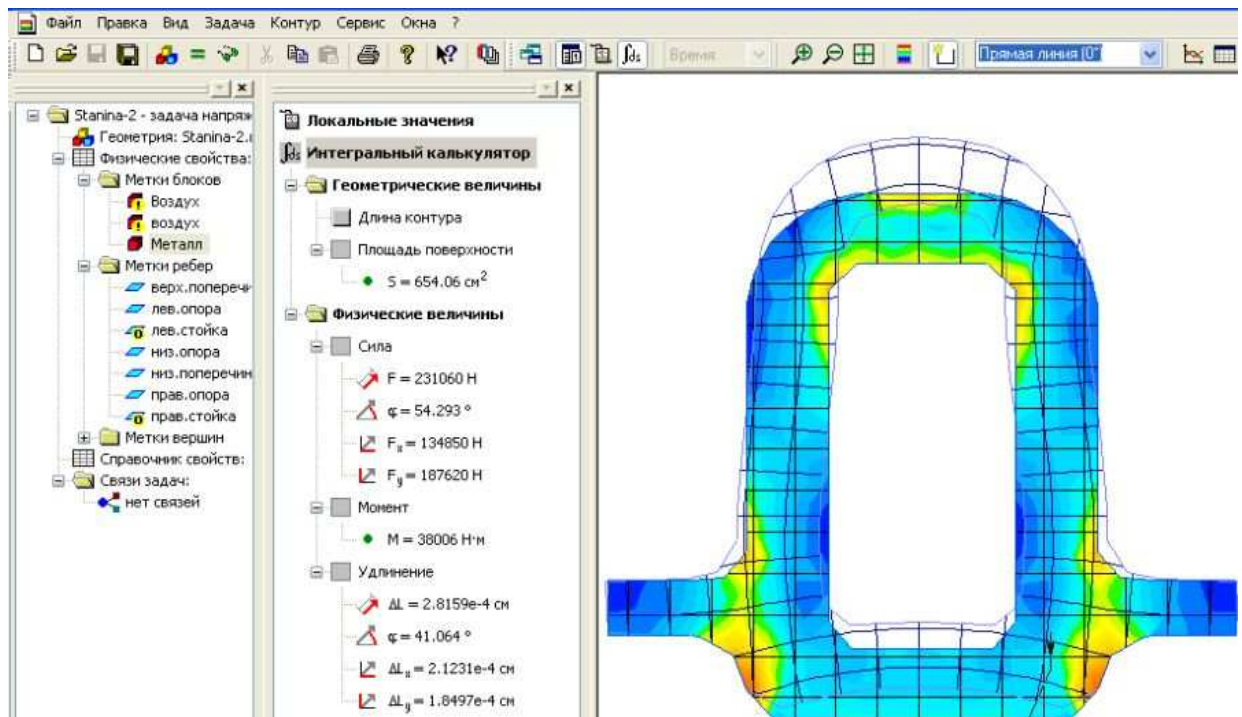


В ELCUT також можна подивитися й локальні значення будь-яких параметрів. Для цього потрібно натиснути піктограму  й указати потрібну Вам крапку:



На цьому знімку у вікні **Локальные значения** з'явилися координати зазначеної Вами крапки переходу лівої стійки у верхню поперечку й відповідні їй напруги й деформації.

- Програма ELCUT дозволяє одержувати й інтегральні значення з побудовою графіків зміни характеристик. Для цього потрібно натиснути піктограму , а потім  і задати контур інтегрування – пряму або частину окружності (тут пряма). У вікні, що з'явилося, можна подивитися інтегральні значення:

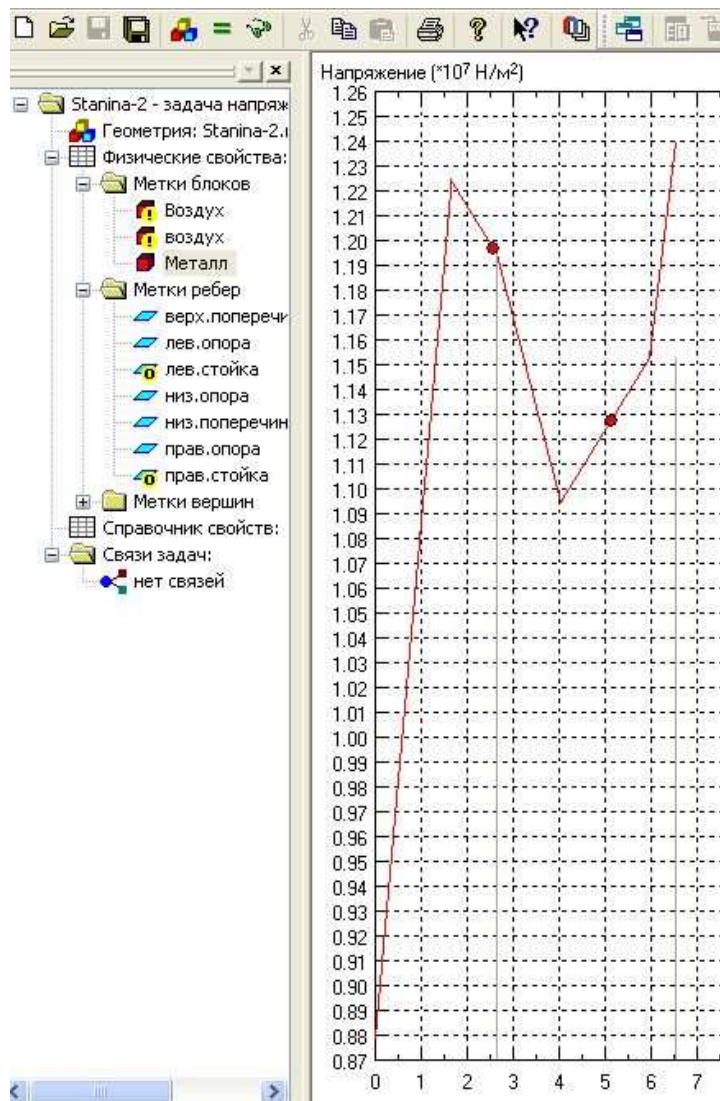


Для построения графика зміни обраного параметра натисніть кнопку

Для перегляду цих результатів у вигляді таблиці, натисніть

L (cm)	x (cm)	y (cm)	N_x	N_y	δ (cm)	δ_x (cm)	δ_y (cm)	σ_{xx} (H/M ²)	σ_{yy} (H/M ²)	τ_{xy} (H/M ²)	σ_1 (H/M ²)
0.00000	46.0235	40.2100	-1.00000	-0.00000	8.99336e-4	0.000291630	8.50739e-4	-2468640.	-256863.	-4888590.	3649360.
1.05022	46.0235	39.1598	-1.00000	-0.00000	8.78296e-4	2.11163e-4	8.52533e-4	-1923390.	-1780500.	-6189560.	4338030.
2.10045	46.0235	38.1096	-1.00000	-0.00000	8.68954e-4	1.22071e-4	8.60337e-4	-1466560.	-3249260.	-6785960.	4486340.
3.15067	45.8125	37.1037	-0.915549	0.402206	9.17103e-4	2.36249e-5	9.16798e-4	-1472640.	-5066270.	-6070050.	3060950.
4.20090	45.3901	36.1421	-0.915549	0.402206	0.00102025	-8.02063e-5	0.00101709	-2276300.	-7403220.	-4955000.	739065.
5.25112	44.9677	35.1806	-0.915549	0.402206	0.00116500	-2.29422e-4	0.00114218	-5840340.	-10126400.	-3558660.	-3829250.
6.30135	44.5453	34.2191	-0.915549	0.402206	0.00131025	-3.68181e-4	0.00125746	-9314070.	-12573800.	-2359660.	-8076100.

Таблиця зміни напруг по виділеному контурі інтегрування



Графік зміни напруг по виділеному контурі інтегрування

Для повернення у вихідне положення натисніть піктограму

