

Лабораторная работа №2 по курсу “Биофизика”
**МОДЕЛИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ
СИГНАЛОВ ИМПЕДАНСНОЙ РЕОГРАФИИ**

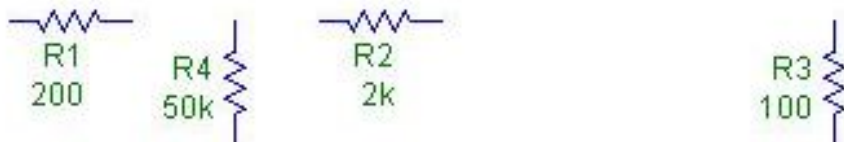
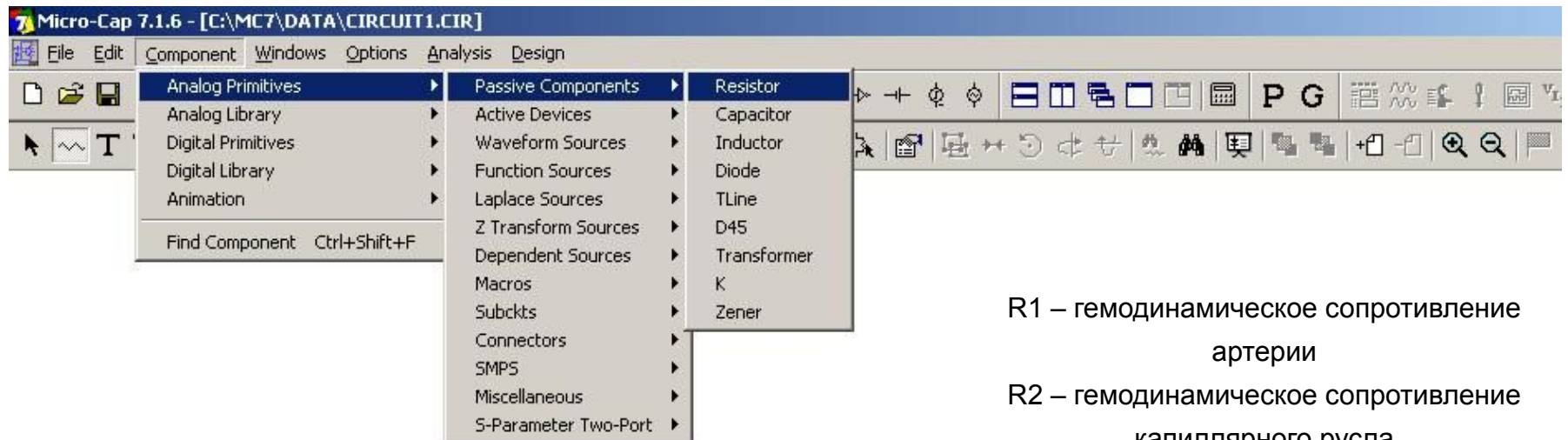
- Цель работы: изучить механизмы формирования и особенности математического моделирования сигнала импедансной реовазографии и исследовать информативность параметров реограммы.
- Задачи работы: 1) составить эквивалентную электрическую схему периферического кровообращения конечности, используя данные семинара №2 и теоретическую часть методических указаний к лабораторной работе; 2) промоделировать изменение объема крови и импеданса конечности при пульсовом кровенаполнении с помощью схемы и пакета “Microcap” в соответствии с указаниями к лабораторной работе; 3) определить чувствительность параметров моделируемого сигнала импедансной реовазограммы к заданным изменениям параметров эквивалентной схемы, имитирующим соответствующие изменения гемодинамических параметров сосудистого русла и сосудистые заболевания; 4) проанализировать полученные в процессе лабораторной работы результаты и сделать выводы.

Лабораторная работа №2 по курсу “Биофизика”

МОДЕЛИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ СИГНАЛОВ ИМПЕДАНСНОЙ РЕОГРАФИИ

1. Задание шести-параметрической схемы для моделирования периферического кровообращения участка конечности (см. Семинар №2).

1.1. Задание сопротивлений



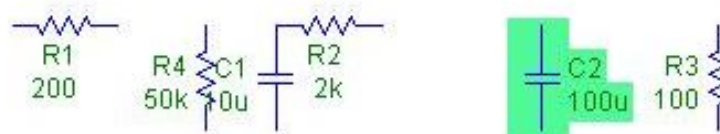
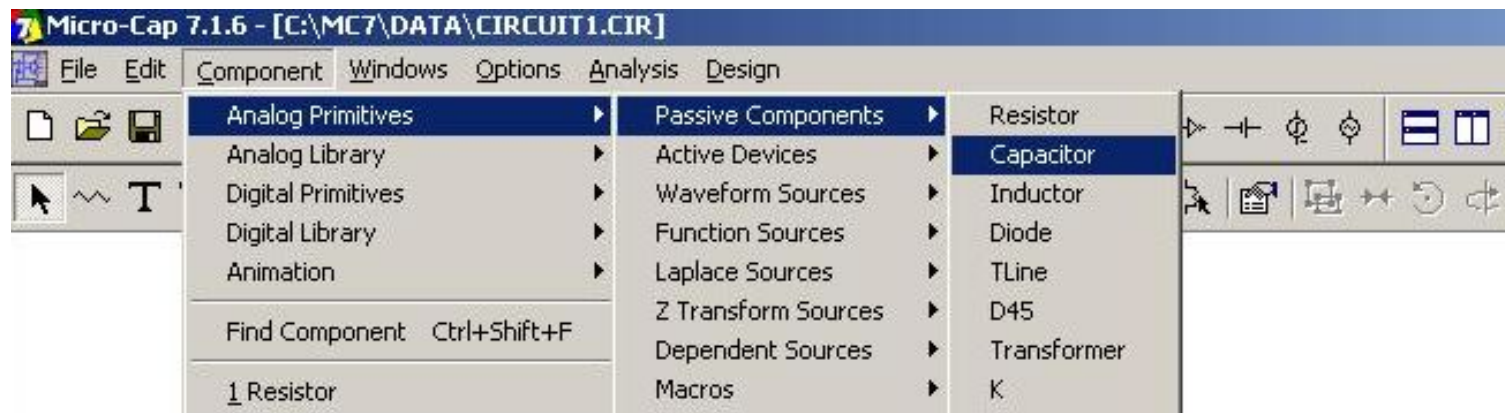
R1 – гемодинамическое сопротивление
артерии

R2 – гемодинамическое сопротивление
капиллярного русла

R3 – гемодинамическое сопротивление
вены

R4 – гемодинамическое сопротивление
шунтирующих сосудов

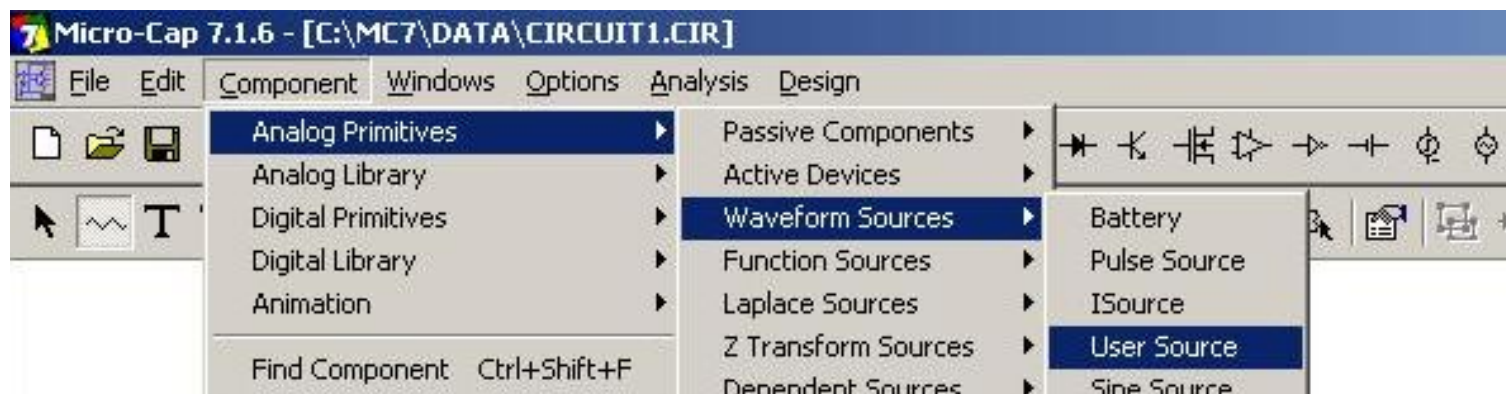
1.2. Задание ёмкостей



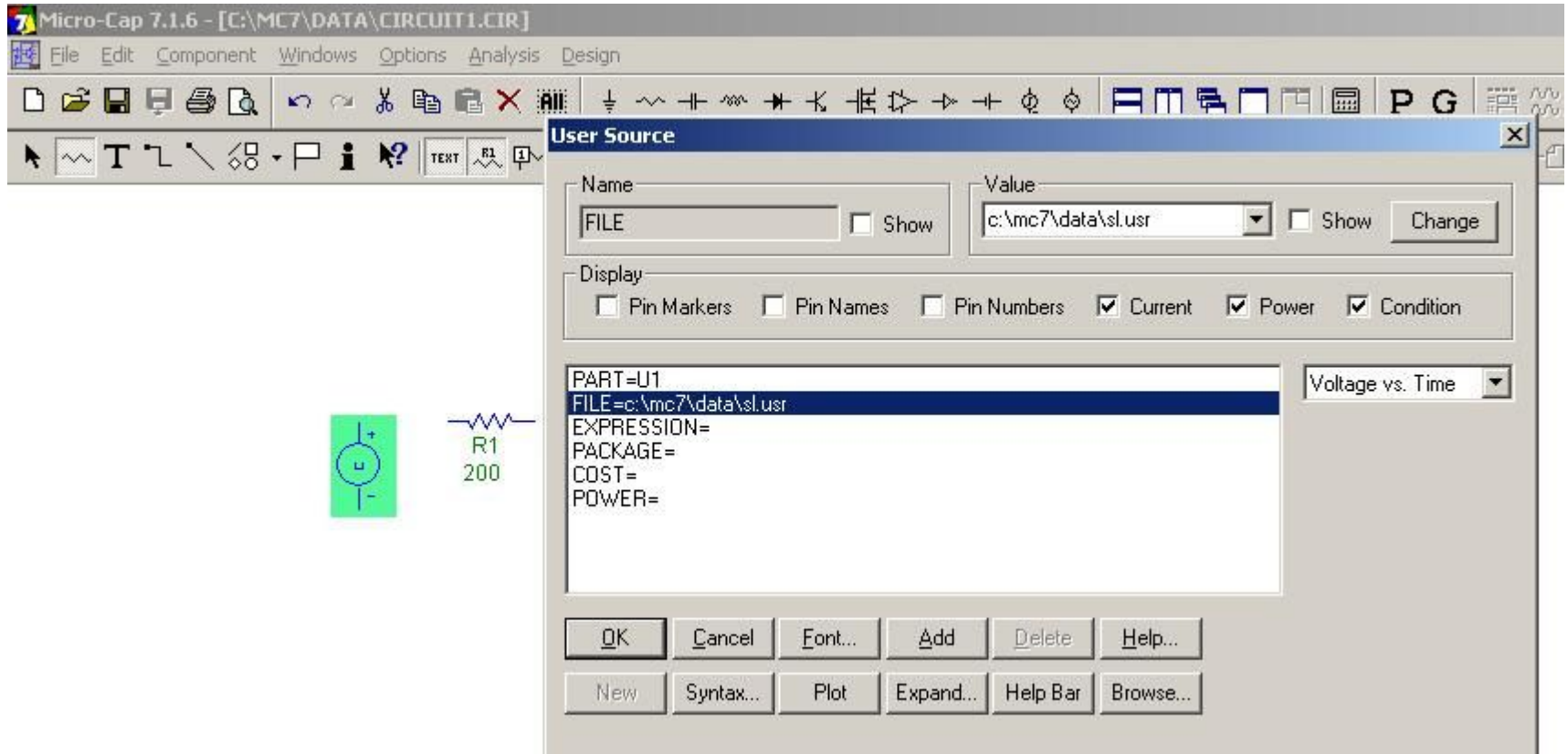
C1 – гемодинамическая ёмкость
артерии

C2 – гемодинамическая ёмкость
вены

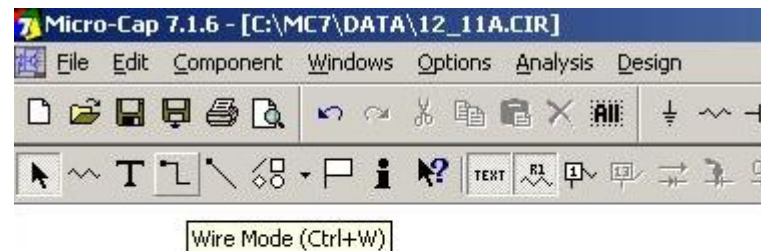
1.3. Задание источника



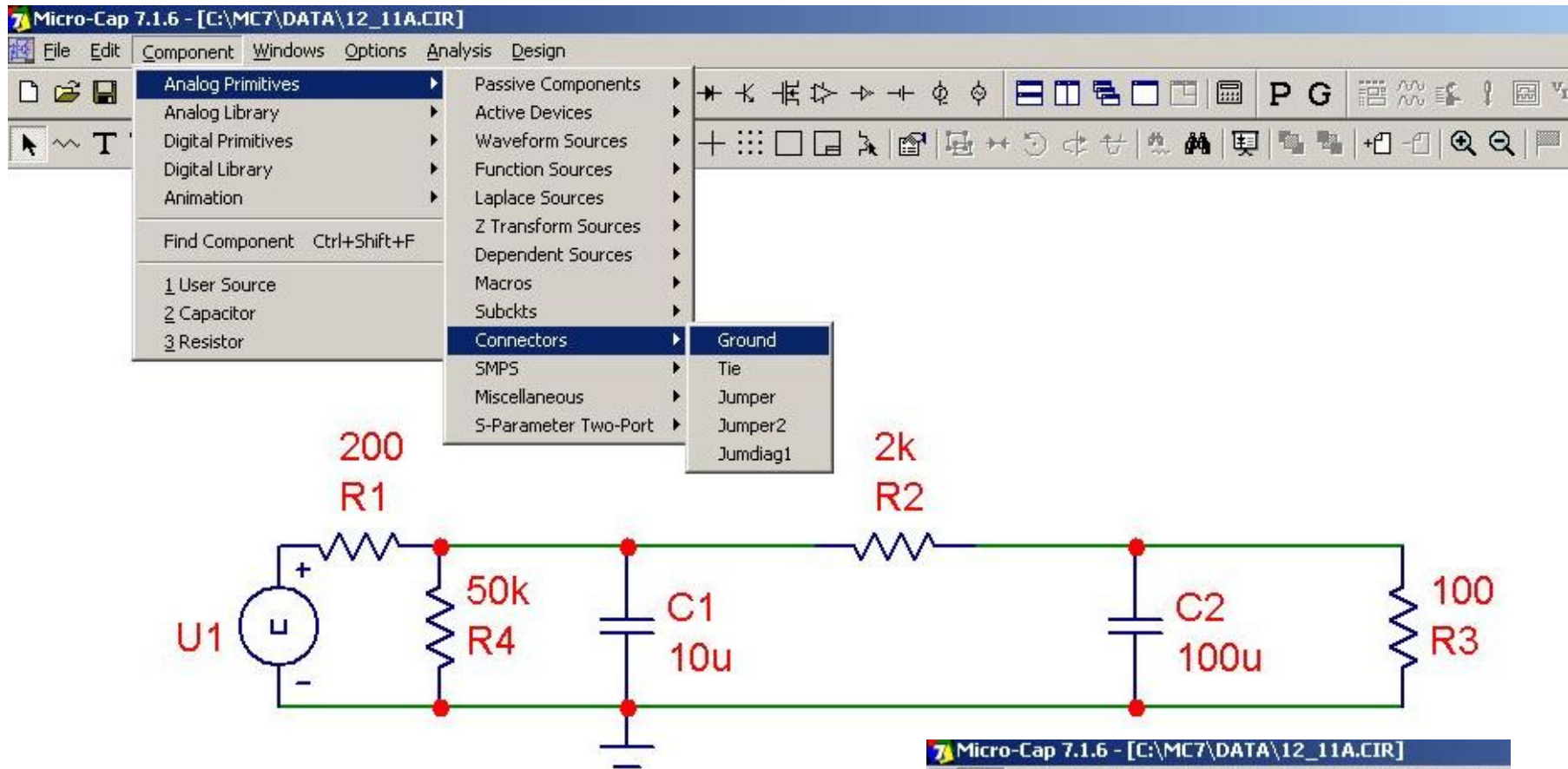
1.3. Задание источника



1.4. Соединение отдельных компонентов цепи

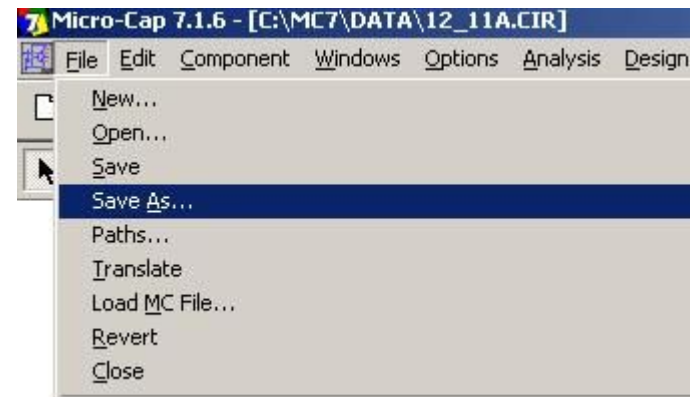


1.5. Заземление



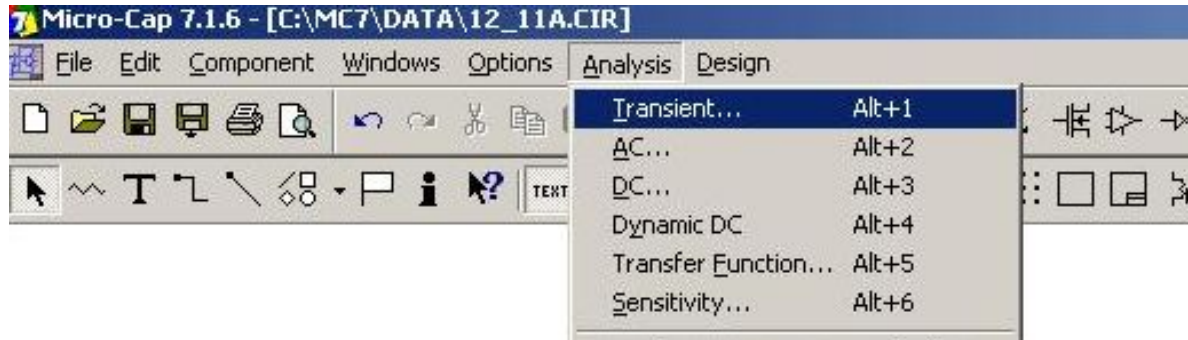
Готовая для моделирования схема

Сохранить схему

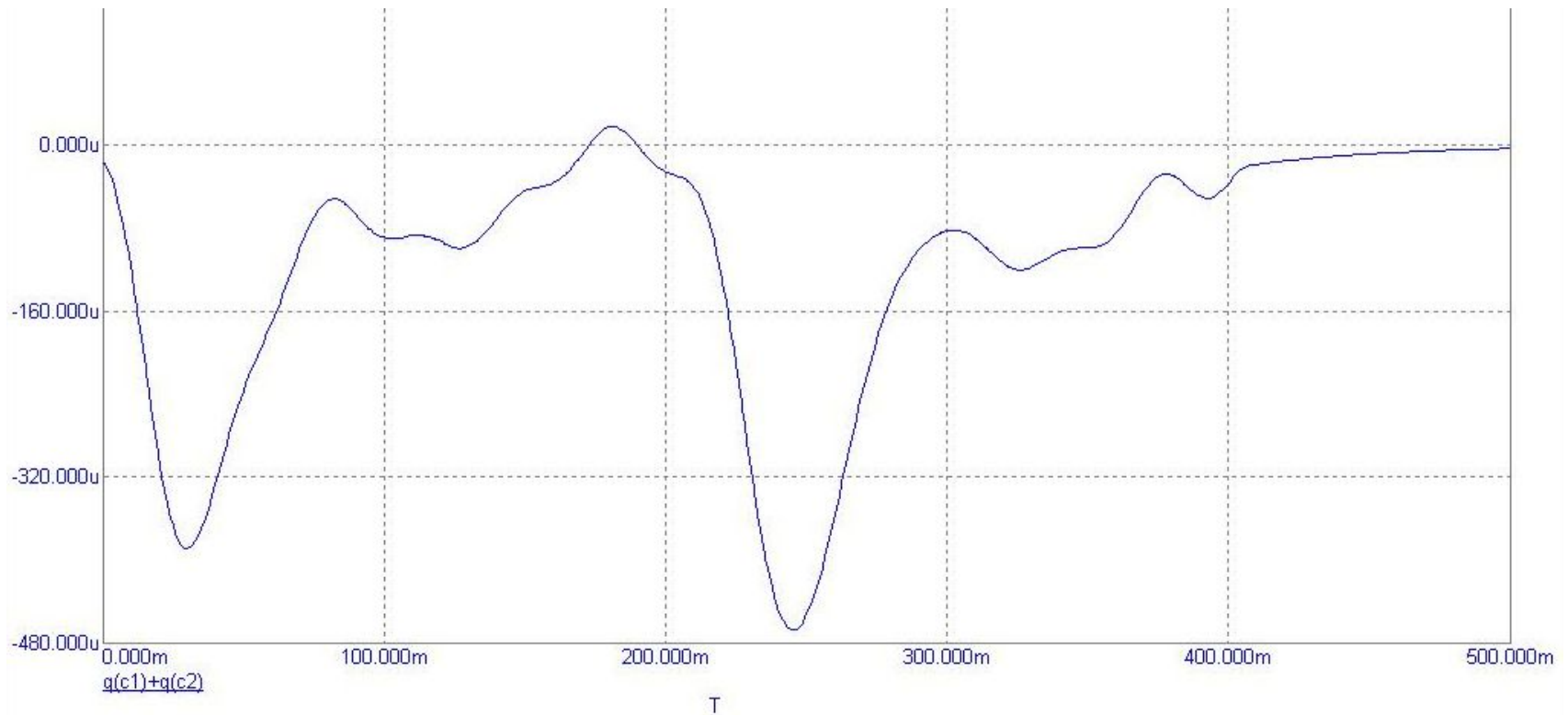


2. Временной анализ схемы, имитирующей гемодинамику кровообращения в конечности

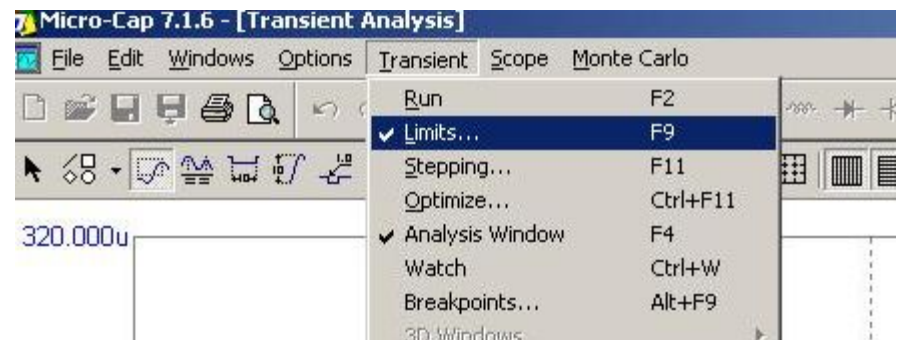
2.1. Задание параметров для временного анализа



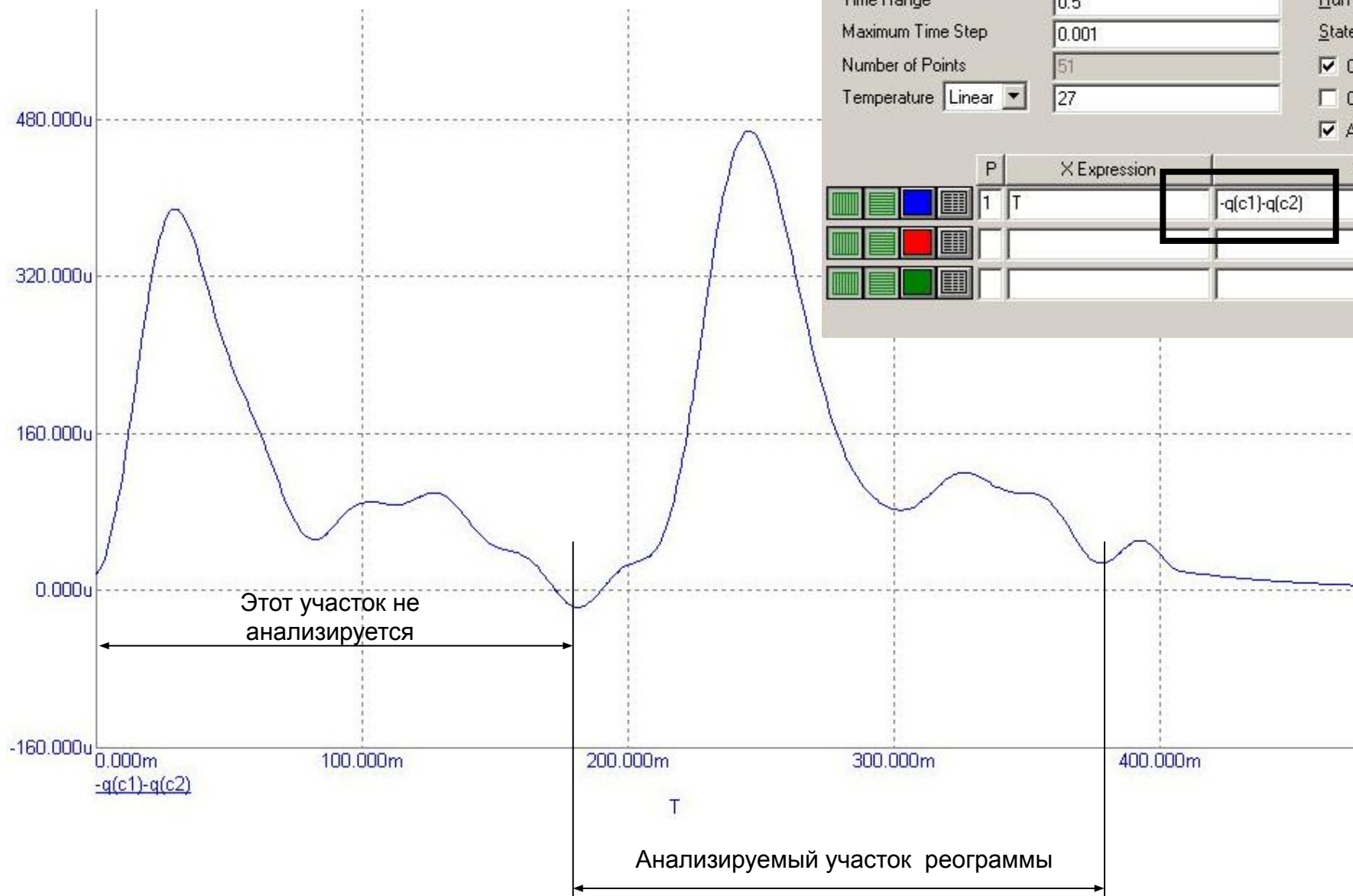
2.2. Выполнение функции "Run"; результат – "перевернутая реограмма" ($dZ_{\text{общ}}$)



2.3. Вернуться к окну параметров временного анализа и изменить анализируемую функцию на $-(q(c1)+q(c2))$, чтобы имитировать dV – реограмму – изменения объема крови при пульсовом кровенаполнении участка



2.4. Изменение анализируемой функции (по знаку) и выполнение функции "Run"



Transient Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... Properties

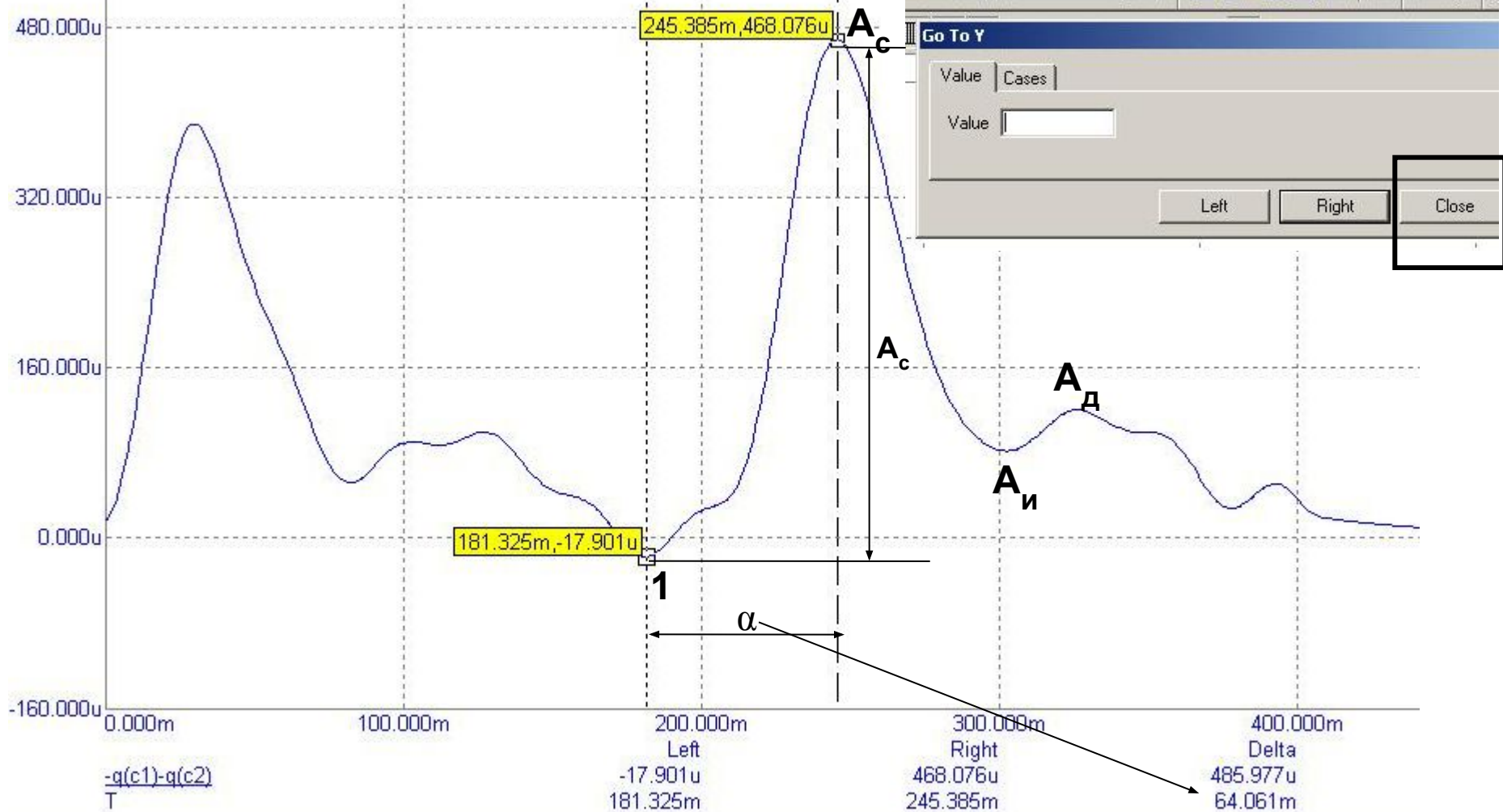
Time Range: 0.5
Maximum Time Step: 0.001
Number of Points: 51
Temperature: Linear 27

Run Options
State Variable
 Operating
 Operating
 Auto Scale

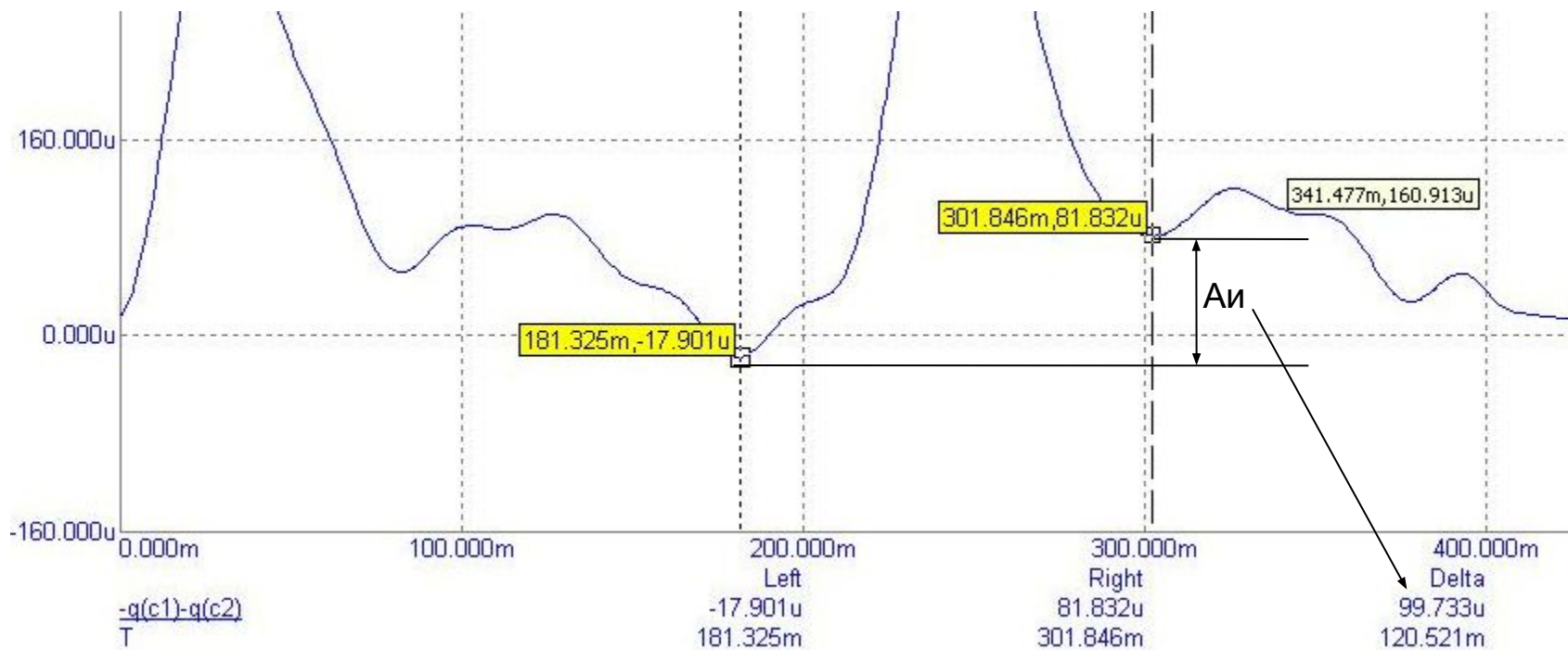
| P | X Expression | Y Expression |
|---|--------------|----------------|
| 1 | T | $-q(c1)-q(c2)$ |
| | | |
| | | |

3. Определение параметров реографической кривой

3.1. Обозначение начала реограммы - точка "1", соответствующая началу восходящей систолической волны (левой кнопкой мыши) - и характерных точек "A_с", A_и" или "A_д" (правой кнопкой мыши). Курсор в точке "1" – не смещать после выставления на локальный минимум!



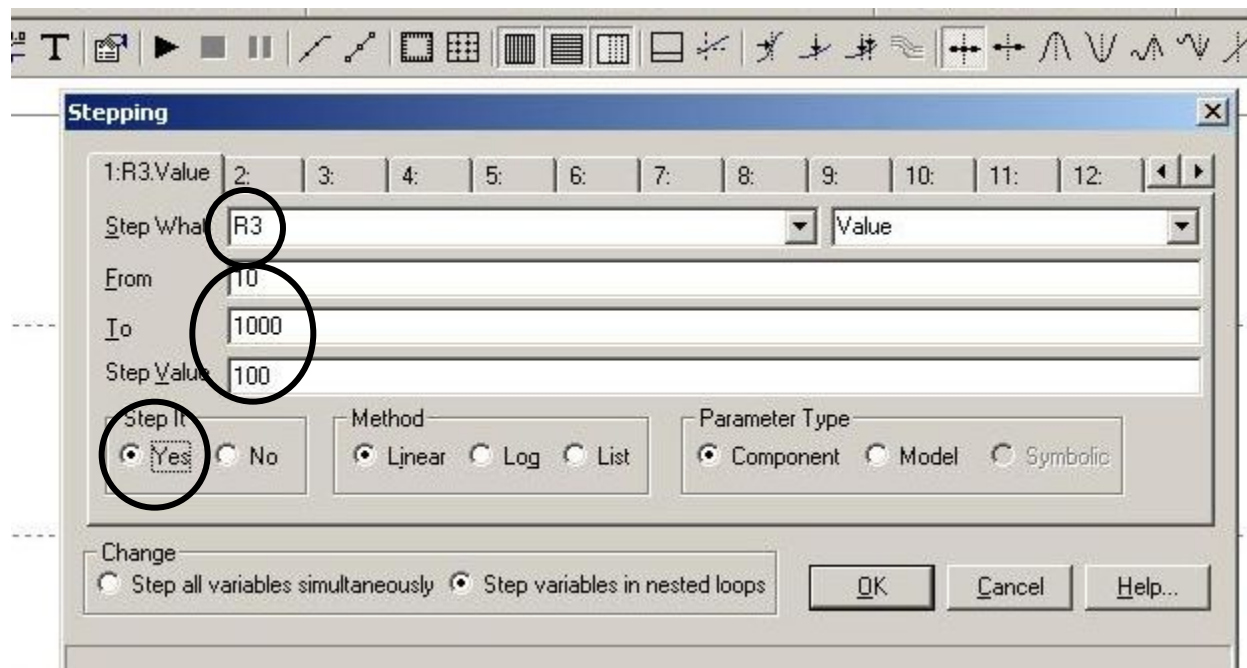
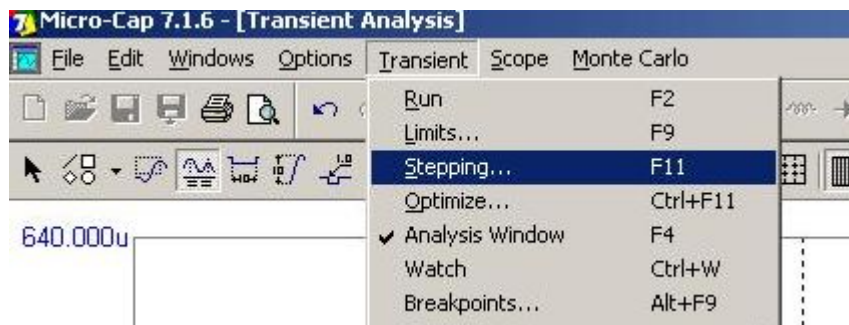
3.2. Определение значений параметров “нормы” (α^H , A_c , $A_{и}$, A_d , ДКИ^H=($A_{и}/A_c$) * 100%, ДСИ^H=(A_d/A_c) * 100%)



Все характеристики реографической кривой: α , A_c , $A_{и}$, A_d , - определяются относительно обозначенного начала реограммы (слева) по значениям в колонке “Delta”. Верхнее число в колонке “Delta” соответствует разностному амплитудному значению, нижнее число – разностному временному значению (между правой и левой метками)

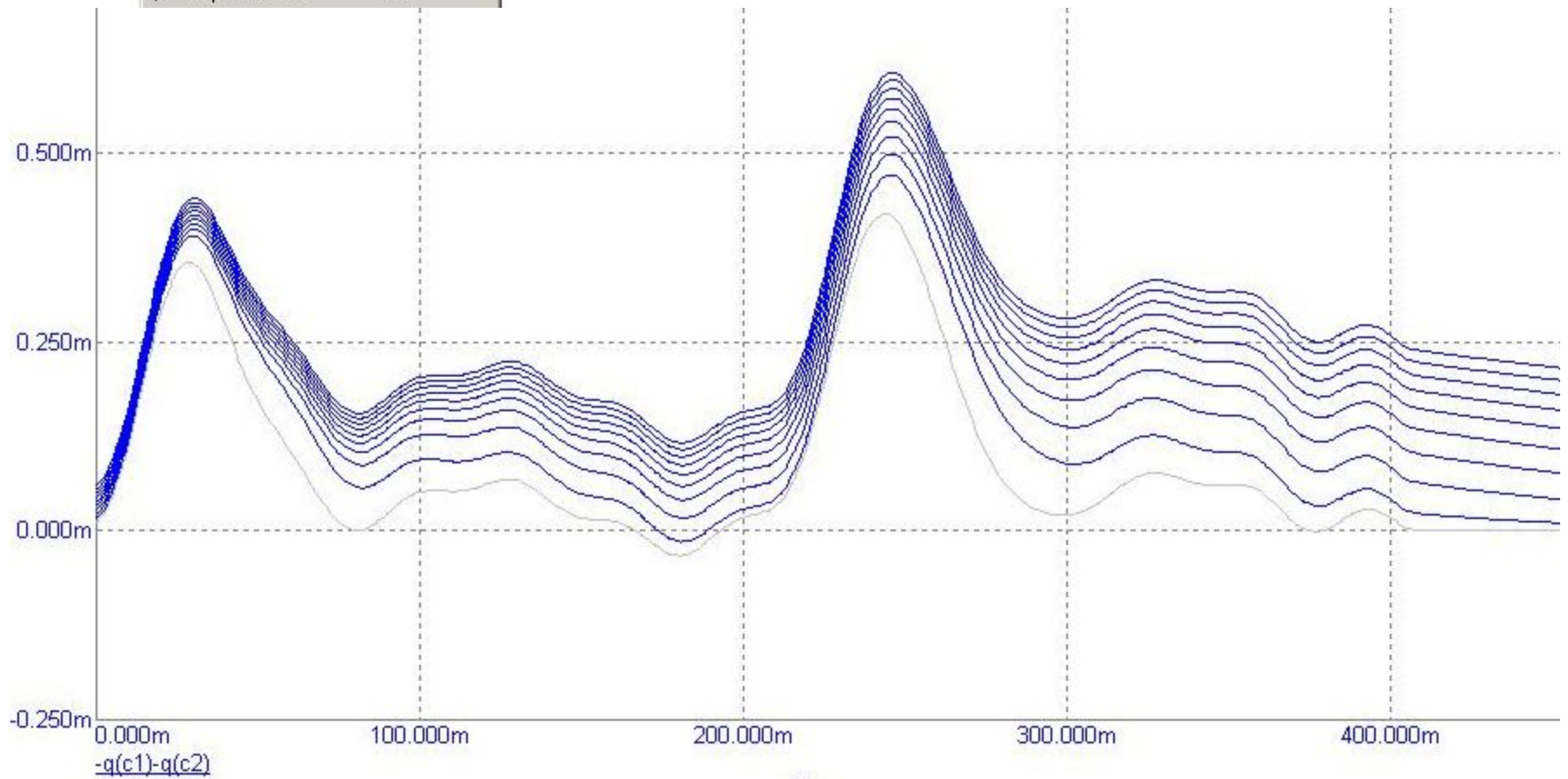
4. Определение чувствительности и информативности параметров реографической кривой к изменениям параметров исследуемой модели (R1, R2, R3, R4, C1 или C2) в заданном диапазоне значений

4.1. Задание диапазона изменения одного из параметров схемы (по вариантам)



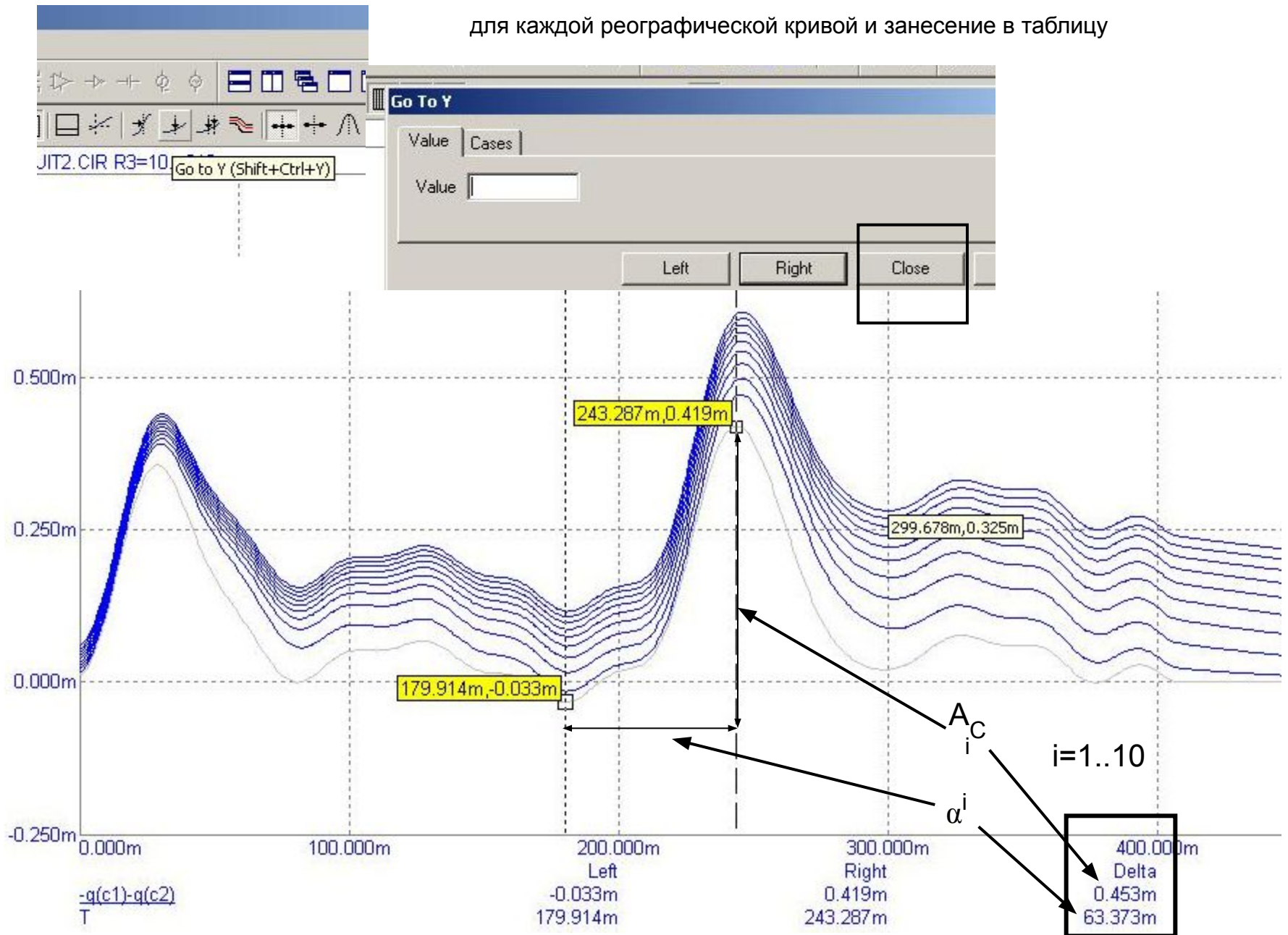


4.2. Выполнение функции “Run” при включенном “Stepping”;
получение серии реографических кривых для анализа

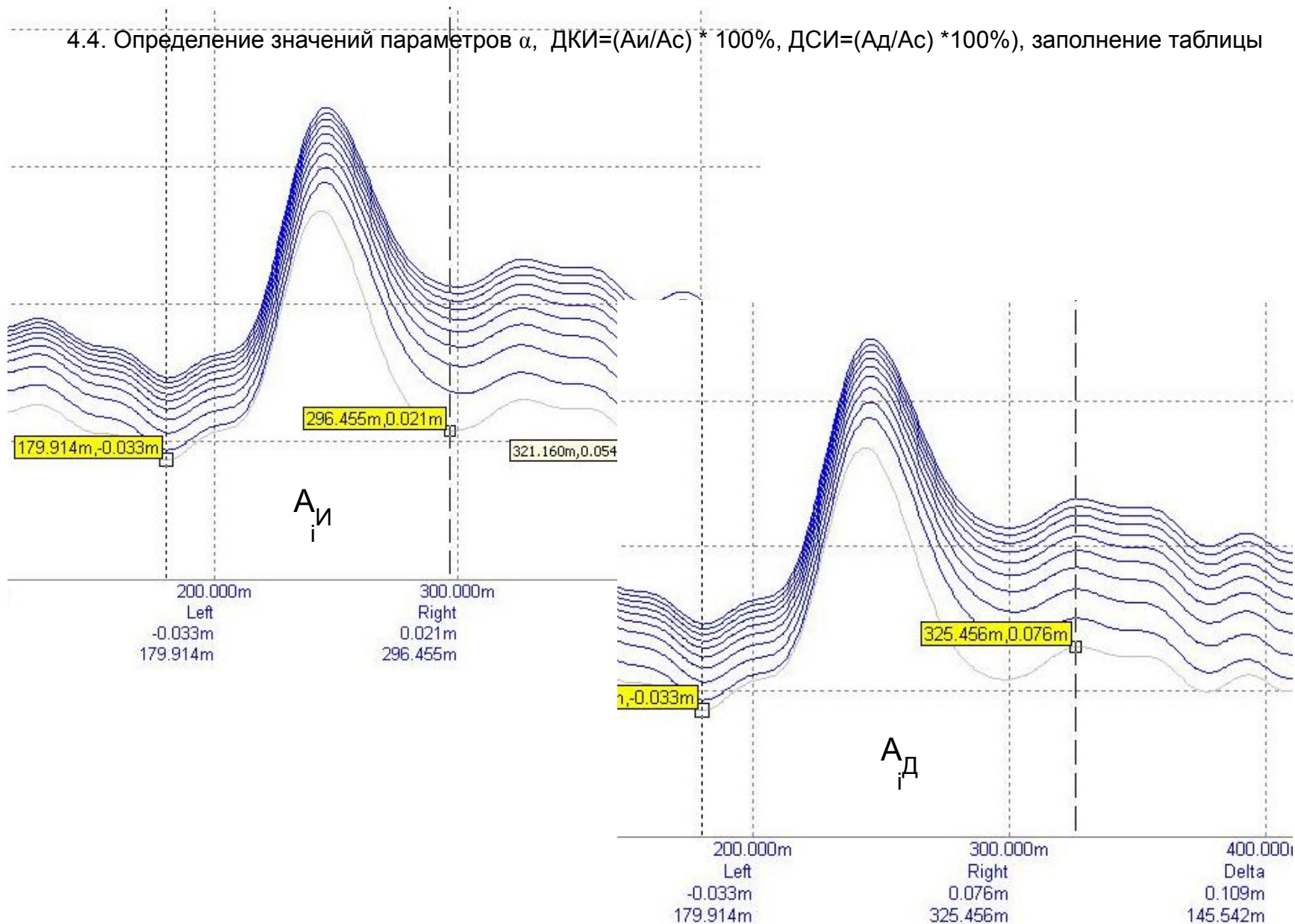


Диапазон изменения гемодинамического параметра или шаг изменения можно менять, чтобы получить десять реографических кривых для анализа с четко различимыми экстремумами

4.3. Обозначение и определение координат характерных точек α , "Ac", Ai" или "Ad" для каждой реографической кривой и занесение в таблицу



4.4. Определение значений параметров α , $ДКИ=(A_i/A_c) * 100\%$, $ДСИ=(A_d/A_c) * 100\%$, заполнение таблицы



4.5. Расчёт коэффициента чувствительности для каждого из параметров реографической кривой

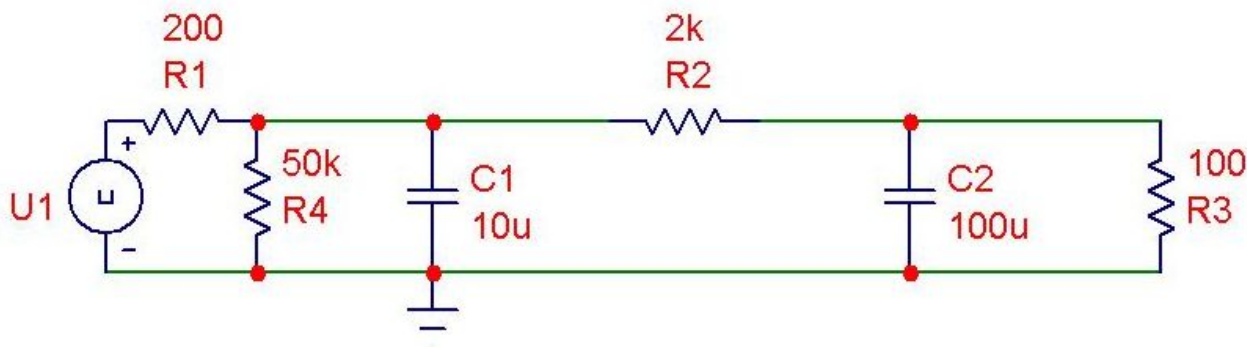
$$\delta_x = [(\max\{x\} - \min\{x\}) / \max\{x\}] * 100\%, \text{ где } x \text{ обозначает } \alpha, \text{ ДКИ, или ДСИ}$$

| Параметр | $\alpha, \text{ с}$ | $A_c,$ усл. уд. | $A_{и},$ усл. уд. | $A_d,$ усл. уд. | ДКИ, % | ДСИ, % |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Начальное значение (первое) | α^1 | A_c^1 | $A_{и}^1$ | A_d^1 | ДКИ ¹ | ДСИ ¹ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Конечное значение (десятое) | α^{10} | A_c^{10} | $A_{и}^{10}$ | A_d^{10} | ДКИ ¹⁰ | ДСИ ¹⁰ |
| | $\delta_\alpha, \%$ | | | | $\delta_{\text{ДКИ}}, \%$ | $\delta_{\text{ДСИ}}, \%$ |

Вывод о чувствительности и информативности параметров реографической кривой к заданному изменению гемодинамического параметра

5. Определение чувствительности и информативности параметров реографической кривой к изменениям параметров исследуемой модели (R1, R2, R3, R4, C1 или C2), соответствующим определенному нарушению периферического кровообращения

5.1. Отмена функции “Stepping” и возврат к начальной схеме



5.2. Внесение заданных изменений параметров схемы для моделирования патологии; выполнение функции “Run”

5.3. Определение значений параметров “патологической” реограммы ($\alpha^П$, ДКИ^П, ДСИ^П)

5.4. Определение коэффициентов чувствительности параметров α , ДКИ и ДСИ к заданному типу патологии:

$$\delta_x = |\text{норм.}\{x\} - \text{патол.}\{x\}| / \text{норм.}\{x\} * 100\%, \text{ где } x \text{ обозначает } \alpha, \text{ ДКИ, или ДСИ}$$

Вывод о чувствительности реографических параметров к заданному нарушению и об информативности параметров

Моделируемые нарушения периферического кровообращения и соответствующие изменения в модели

- **Загустение крови (sladge-состояние)**
C1, C2 const; R1...R4 увеличиваем в 10 раз
- **Вегетативно-сосудистая дистония**
R2 уменьшаем на 2 порядка
- **Атеросклероз**
R1 увеличиваем на 50%; R2 увеличиваем на порядок;
C1 уменьшаем на порядок
- **Тромбофлебит**
C2 уменьшаем на порядок; R2 увеличиваем на 2 порядка
- **Спазм мелких сосудов**
R2 увеличиваем на 2 порядка
- **Открытые шунтирующие сосуды**
Rш = 50 Ом

Внимание!

Провести моделирование можно для шести-параметрической модели, либо исключить из рассмотрения шунтирующие сосуды, т.е. перейти к пяти-параметрической модели и получить результаты для уменьшенной модели.

В тех вариантах, где для моделирования нарушений периферического кровообращения или при изменении параметра (Stepping) использовались шунтирующие сосуды, вместо Rш выбрать любой из имеющихся вариантов.