

Характериограф – это устройство, предназначенное для наблюдения и исследования характеристик радиоэлектронных устройств и компонентов, при этом измерительная информация отображается на экране в виде кривых. В Multisim характериограф-IV (I — ток, V — напряжение) используется для измерения вольт-амперных характеристик диодов, PNP и NPN транзисторов, PMOS и NMOS устройств. При этом, в отличие от других виртуальных приборов Multisim, характериограф-IV подключается не к схеме, а непосредственно к исследуемому устройству. В том случае, когда необходимо произвести измерение характеристик устройства, которое уже используется в схеме – предварительно отключите его от схемы. Для того, что бы открыть лицевую панель прибора, необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по его пиктограмме на схеме. Рассмотрим лицевую панель характериографа-IV более подробно. В левой части панели расположен графический дисплей, который предназначен для графического отображения формы сигнала. Так же прибор оснащен курсором для проведения измерений в любой точке графика, курсор при необходимости можно перемещать при помощи левой кнопки мыши. Управлять положением курсора можно так же и при помощи стрелок перемещения вертикального курсора, которые расположены в нижней левой части лицевой панели характериографа-IV под графическим дисплеем. Между стрелками находятся три информационных поля, в которых отображаются данные, полученные на пересечении вертикального курсора и кривой. Кривую, для которой будут отображаться данные, можно выбрать при помощи щелчка по ней левой кнопкой мыши, в результате чего на пересечении вертикального курсора и кривой появится метка-точка (именно для той кривой, на которой находится метка-точка, и будут отображаться данные в информационных полях). В правой части лицевой панели прибора находится панель управления, предназначенная для настройки параметров характериографа-IV. Рассмотрим данную панель более подробно. В верхней части панели находится поле «Выбор компонента», в котором из выпадающего списка можно выбрать для анализа следующие компоненты:

- Diode;
- BJT PNP;
- BJT NPN;
- PMOS;
- NMOS.

Под полем «Выбор компонента» расположены поля «Шкала тока (A)» и «Шкала напряжения (V)», в которых можно задать параметры горизонтальной и вертикальной осей координат при логарифмической или линейной шкале. Переключение шкалы производится при помощи кнопок «Лог» (логарифмическая) и «Лин» (линейная). Масштаб горизонтальной (ось X) и вертикальной (ось Y) осей определяется начальным («Н») и конечным («В») значениями.

Под полем «Шкала напряжения (V)» размещены две кнопки. Кнопка «Экран» предназначена для инверсии цвета графического дисплея (черный/белый). Кнопка «Моделирование» используется для произведения настроек параметров моделирования. После нажатия на эту кнопку открывается окно «Параметры моделирования». Содержание данного диалогового окна меняется в зависимости от компонента, выбранного из выпадающего меню в поле «Выбор компонента» и подробно будет рассмотрено в настоящей статье далее для каждого компонента в отдельности. В нижней правой части лицевой панели характериографа-IV находится окно, отображающее схему подключения выбранного компонента к данному виртуальному прибору.

Пример подключения характериографа-IV к PMOS-транзистору, вольт-амперная характеристика PMOS-транзистора и лицевая панель данного прибора представлены на рисунке 1.

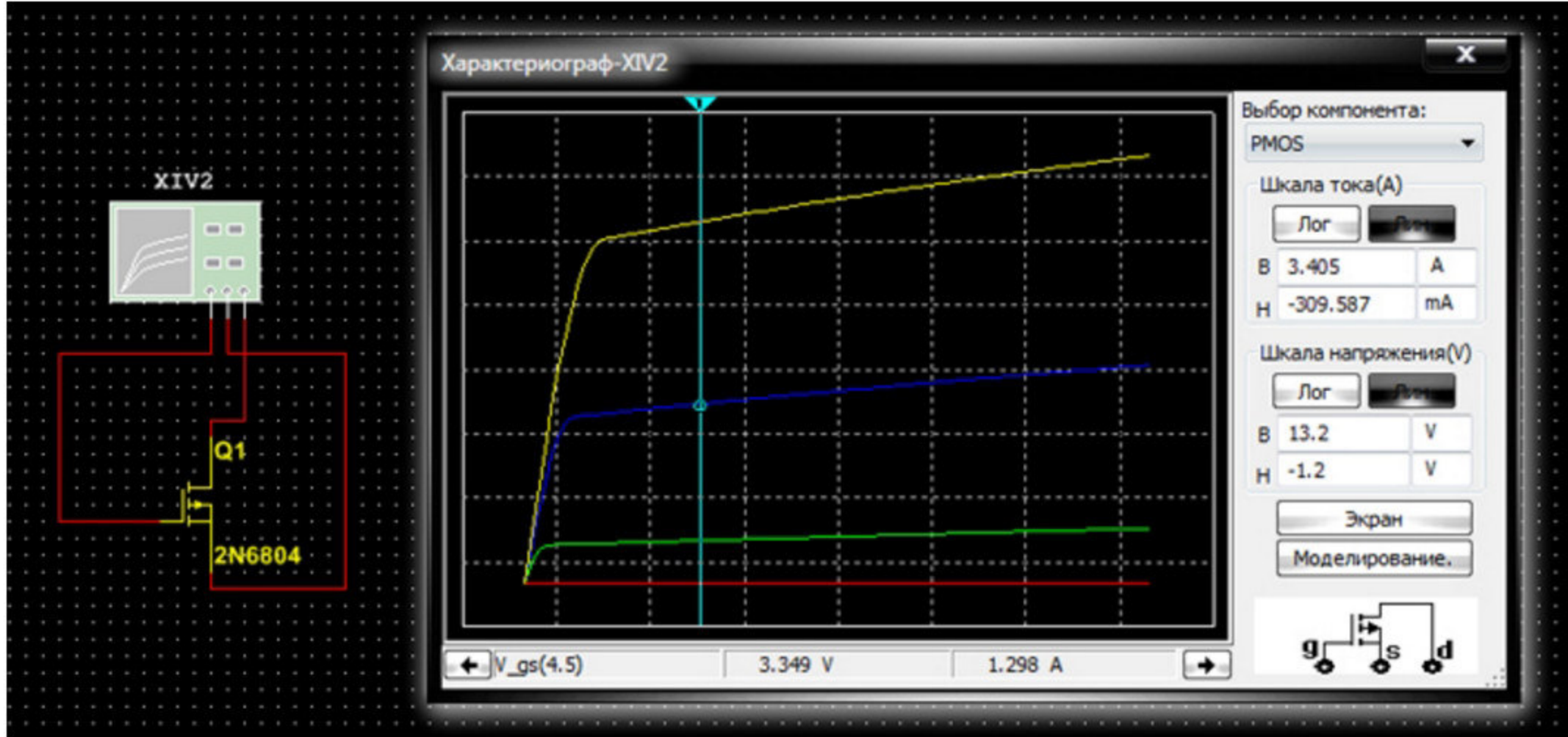


Рис. 1. Подключение характериографа-IV к PMOS-транзистору, вольт-амперная характеристика PMOS-транзистора и лицевая панель характериографа-IV.

Измерение характеристик устройства производится следующим образом:

1. откройте лицевую панель характериографа-IV;
2. в верхней правой части лицевой панели в поле «Выбор компонента» из выпадающего меню выберите нужный компонент;
3. выберите из библиотеки компонентов данный компонент, поместите его в рабочую область проекта и присоедините к характериографу-IV, следуя схеме в нижней правой части лицевой панели прибора;
4. на панели управления характериографа-IV установите нужные настройки в полях «Шкала тока (A)» и «Шкала напряжения (V)»;
5. при необходимости вы можете инвертировать цвет графического экрана при помощи кнопки «Экран»;
6. при помощи кнопки «Моделирование» откройте окно «Параметры моделирования» и установите необходимые параметры, после чего нажмите на кнопку «ОК» для закрытия диалогового окна и вступления в силу внесенных изменений;
7. запустите симуляцию проекта.

В результате выполненных действий на лицевой панели характериографа-IV в окне графического дисплея рассматриваемого прибора будут получены IV-кривые для анализируемого компонента.

Рассмотрим диалоговое окно «Параметры моделирования» для PMOS-транзистора (рис. 2).

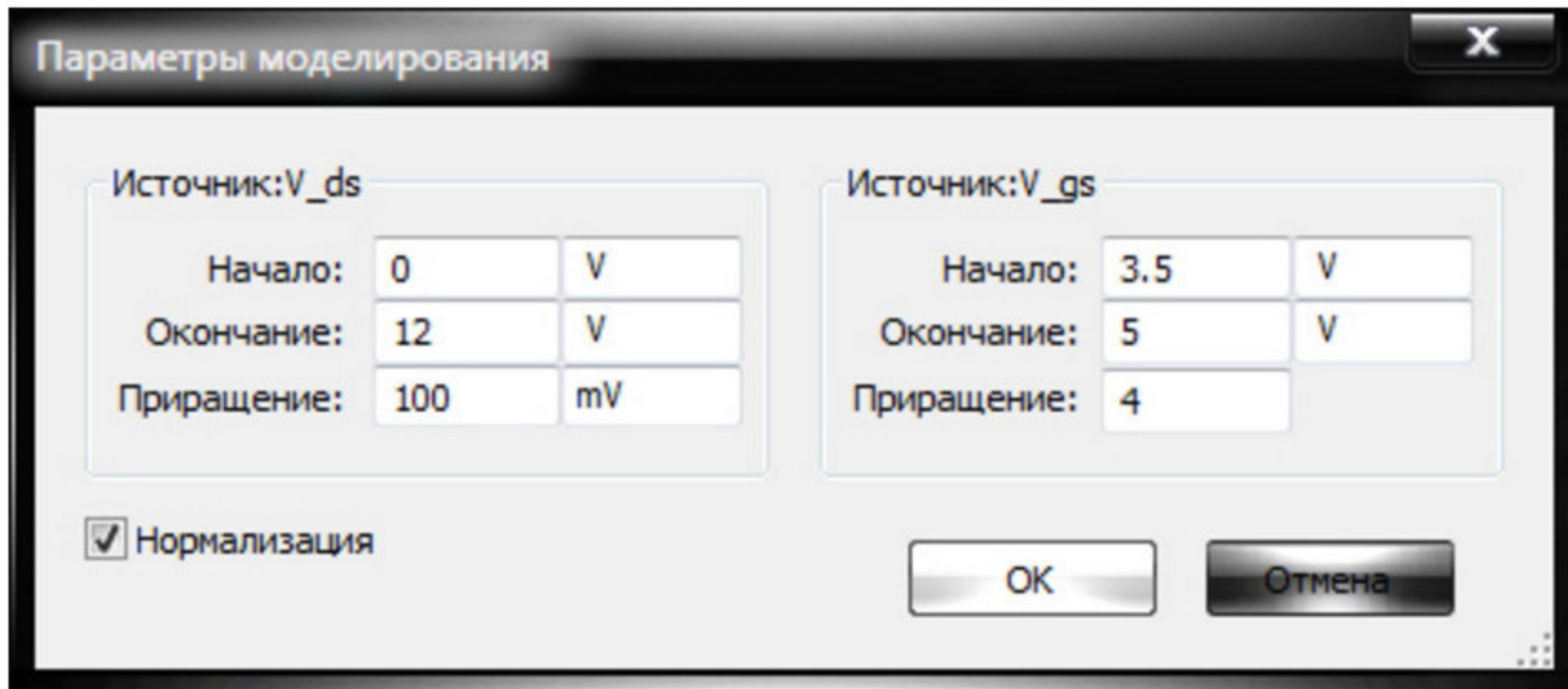


Рис. 2. Диалоговое окно «Параметры моделирования» для PMOS-транзистора.

Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характеристики графа-IV в поле «Выбор компонента» пункта PMOS и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{ds} », в котором можно установить следующие значения V_{ds} (напряжение сток-исток):

- «Начало» - начальное значение V_{ds} ;
- «Окончание» - конечное значение V_{ds} ;
- «Приращение» - значение шага V_{ds} (полученные точки будут использованы для построения графика).

В правой части окна расположено поле «Источник: V_{gs} », в котором можно установить следующие значения V_{gs} (напряжение затвор-исток):

- «Начало» - начальное значение V_{gs} ;
- «Окончание» - конечное значение V_{gs} ;
- «Приращение» - число шагов V_{gs} (количество кривых на графике).

Установка/снятие флажка в чекбоксе «Нормализация» отображает значения V_{ds} на кривых по оси X с положительными/отрицательными значениями.

Рассмотрим диалоговое окно «Параметры моделирования» для диода (рис. 3).

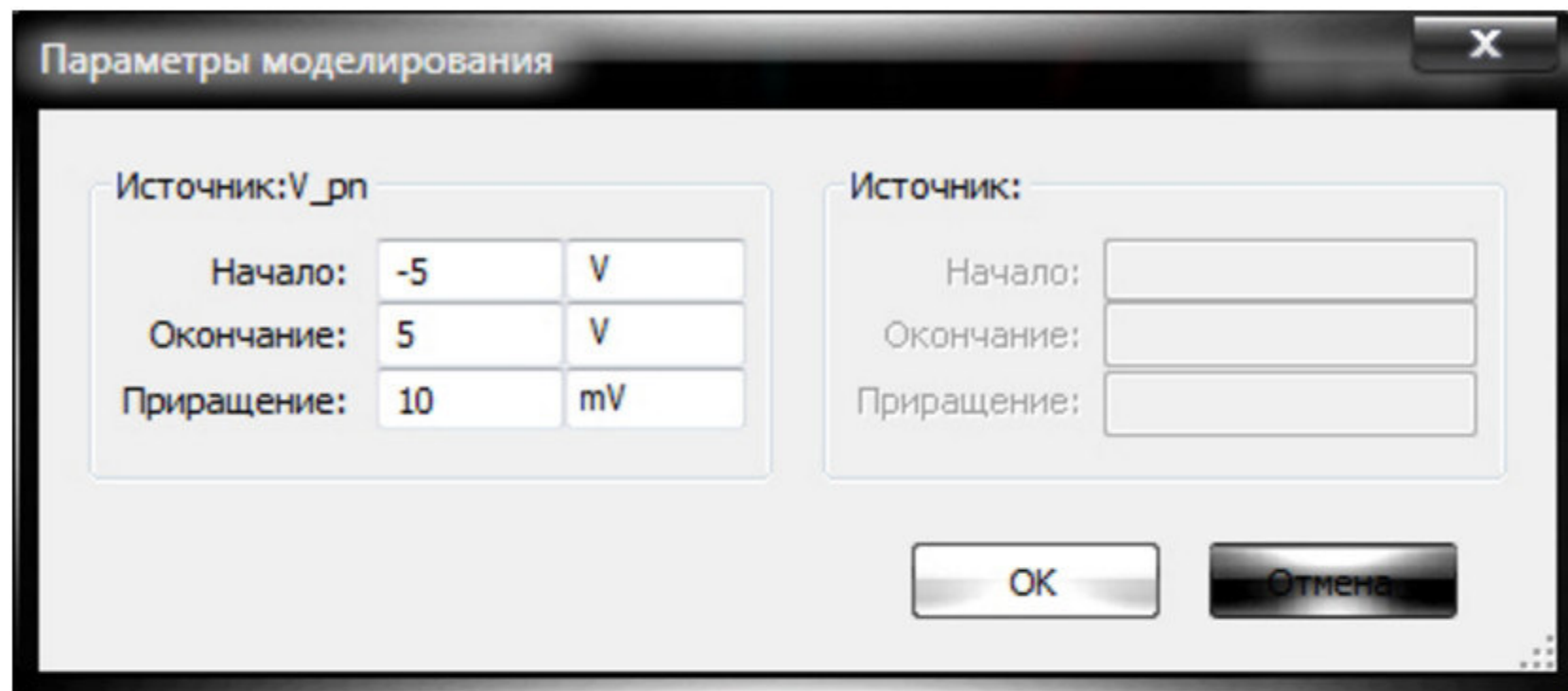


Рис. 3. Пример диалогового окна «Параметры моделирования» для диода.

Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характеристикографа-IV в поле «Выбор компонента» пункта Diode и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{рп}», в котором можно установить следующие значения V_{рп}:

- «Начало» - начальное значение V_{рп};
- «Окончание» - конечное значение V_{рп};
- «Приращение» - значение шага V_{рп} (полученные точки будут использованы для построения графика).

На рисунке 3 представлен пример диалогового окна «Параметры моделирования», согласно с заданными параметрами которого напряжение диода будет изменяться от -5 В до 5 В с шагом в 10 мВ . Пример подключения характериографа-IV к диоду и вольт-амперная характеристика данного компонента представлены на рисунке 4.

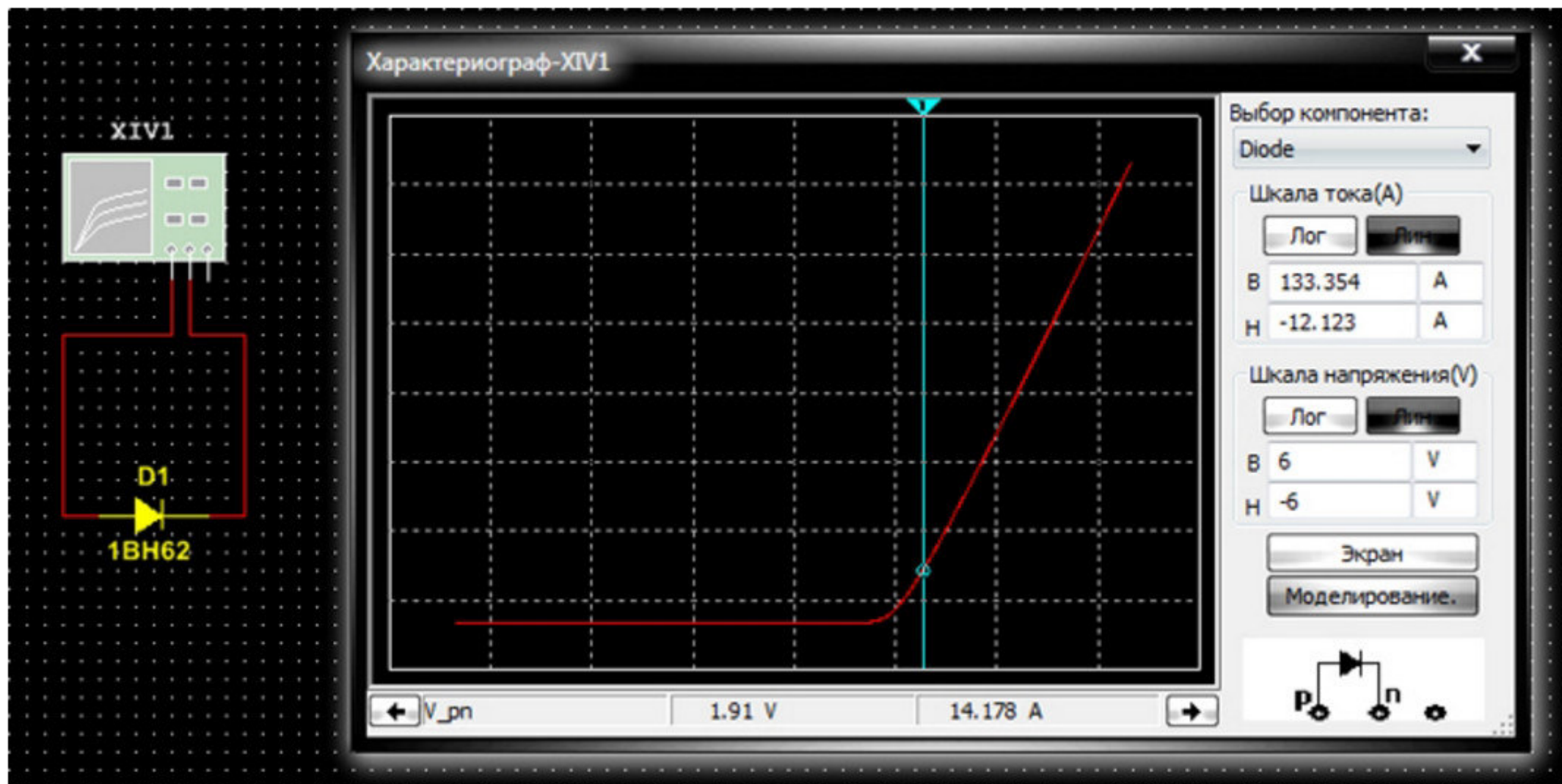


Рис. 4. Пример подключения характериографа-IV к диоду и вольт-амперная характеристика данного компонента.

Рассмотрим диалоговое окно «Параметры моделирования» для NMOS-транзистора (рис. 5).

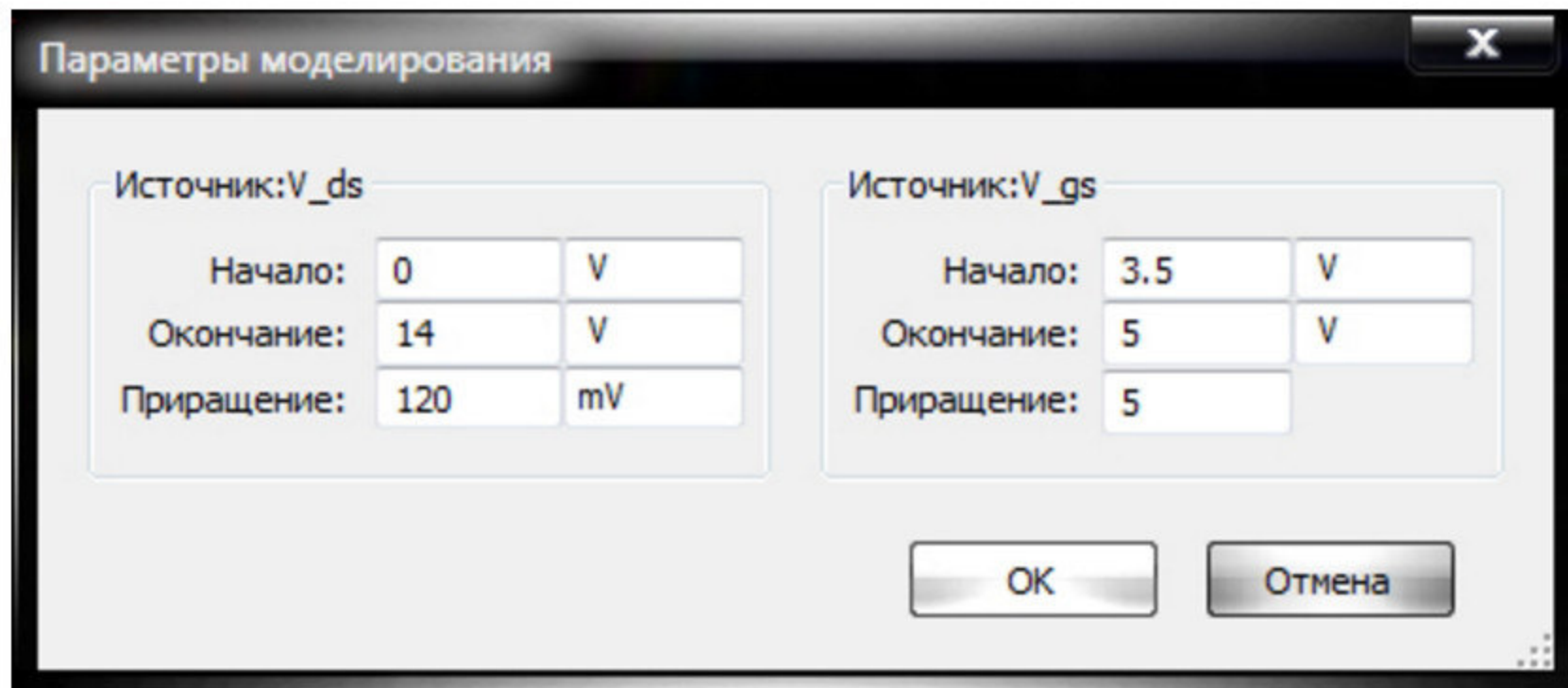


Рис. 5. Диалоговое окно «Параметры моделирования» для NMOS-транзистора.

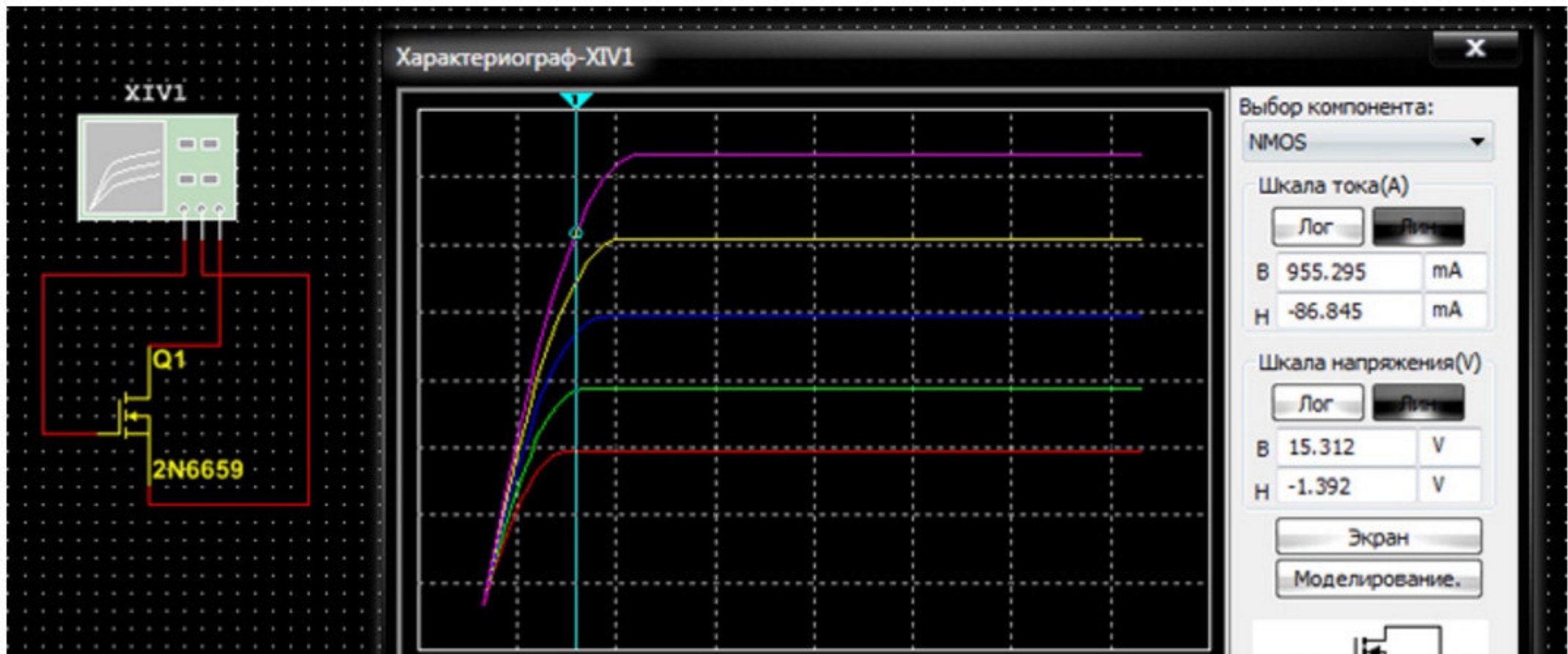
Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характеристикографа-IV в поле «Выбор компонента» пункта NMOS и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{ds} », в котором можно установить следующие значения V_{ds} (напряжение сток-исток):

- «Начало» - начальное значение V_{ds} ;
- «Окончание» - конечное значение V_{ds} ;
- «Приращение» - значение шага V_{ds} (полученные точки будут использованы для построения графика).

В правой части окна расположено поле «Источник: V_{gs} », в котором можно установить следующие значения V_{gs} (напряжение затвор-исток):

- «Начало» - начальное значение V_{gs} ;
- «Окончание» - конечное значение V_{gs} ;
- «Приращение» - число шагов V_{gs} (количество кривых на графике).

На рисунке 5 представлен пример диалогового окна «Параметры моделирования», согласно с заданными параметрами которого для получения вольт-амперной характеристики NMOS-транзистора напряжение сток-исток (V_{ds}) будет изменяться от 0 В до 14 В с шагом в 120 мВ, а напряжение затвор-исток (V_{gs}) – от 3,5 В до 5 В. Пример подключения характериографа-IV к NMOS-транзистору и вольт-амперная характеристика данного компонента представлены на рисунке 6.



Количество кривых на графике вольт-амперной характеристики соответствует установленному в поле «Источник: V_{gs} » значению параметра «Приращение» (рис. 5) – в нашем случае данное значение равно пяти.

На рисунке 7 представлен пример диалогового окна «Параметры моделирования» для PNP-транзистора.

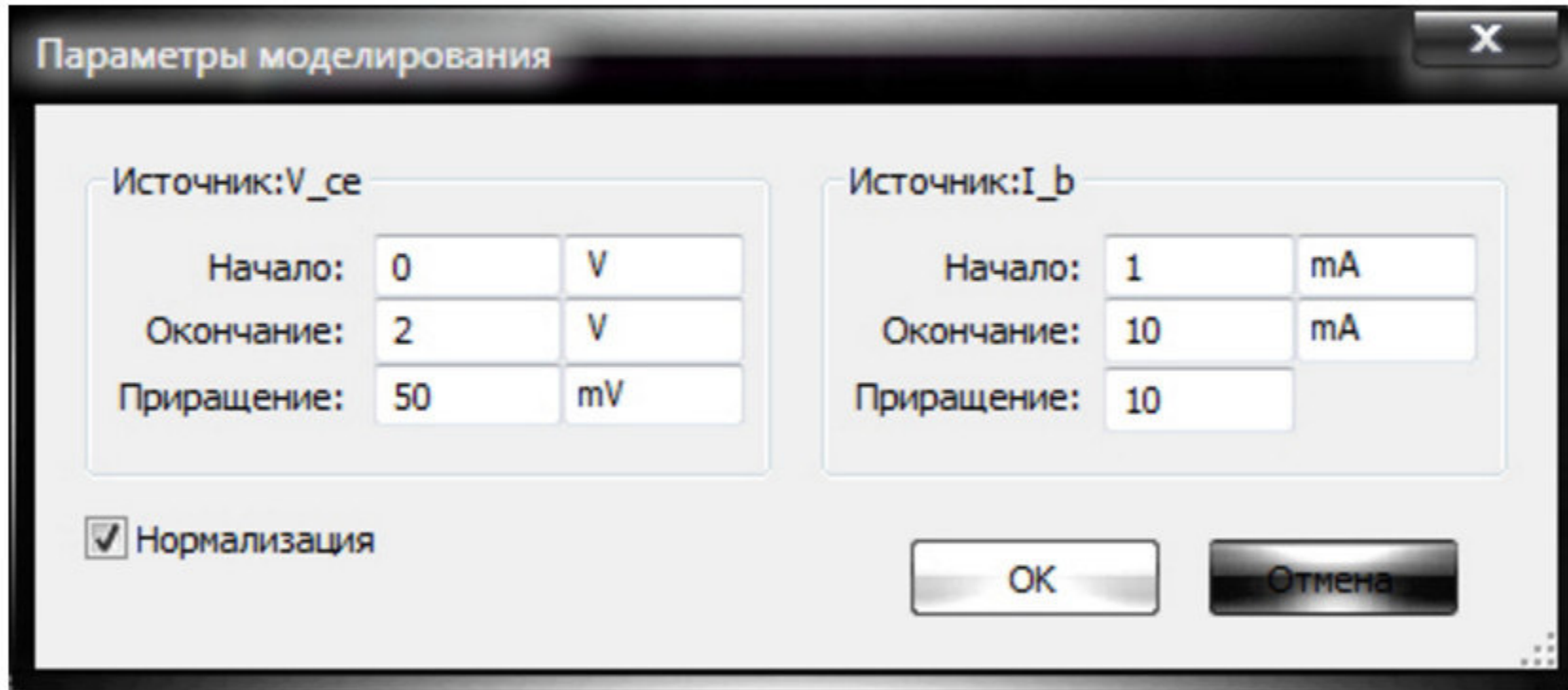


Рис. 7. Диалоговое окно «Параметры моделирования» для PNP-транзистора.

Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характериографа-IV в поле «Выбор компонента» пункта VJT PNP и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{ce} », в котором можно установить следующие значения V_{ce} (напряжение коллектор-эмиттер):

- «Начало» - начальное значение V_{ce} ;
- «Окончание» - конечное значение V_{ce} ;
- «Приращение» - значение шага V_{ce} (полученные точки будут использованы для построения графика).

В правой части окна расположено поле «Источник: I_b », в котором можно установить следующие значения I_b (ток базы):

- «Начало» - начальное значение I_b ;
- «Окончание» - конечное значение I_b ;
- «Приращение» - число шагов I_b (количество кривых на графике).

Установка/снятие флажка в чекбоксе «Нормализация» отображает значения V_{ce} на кривых по оси X с положительными/отрицательными значениями. Пример подключения характериографа-IV к PNP-транзистору и вольт-амперная характеристика данного компонента представлены на рисунке 8.

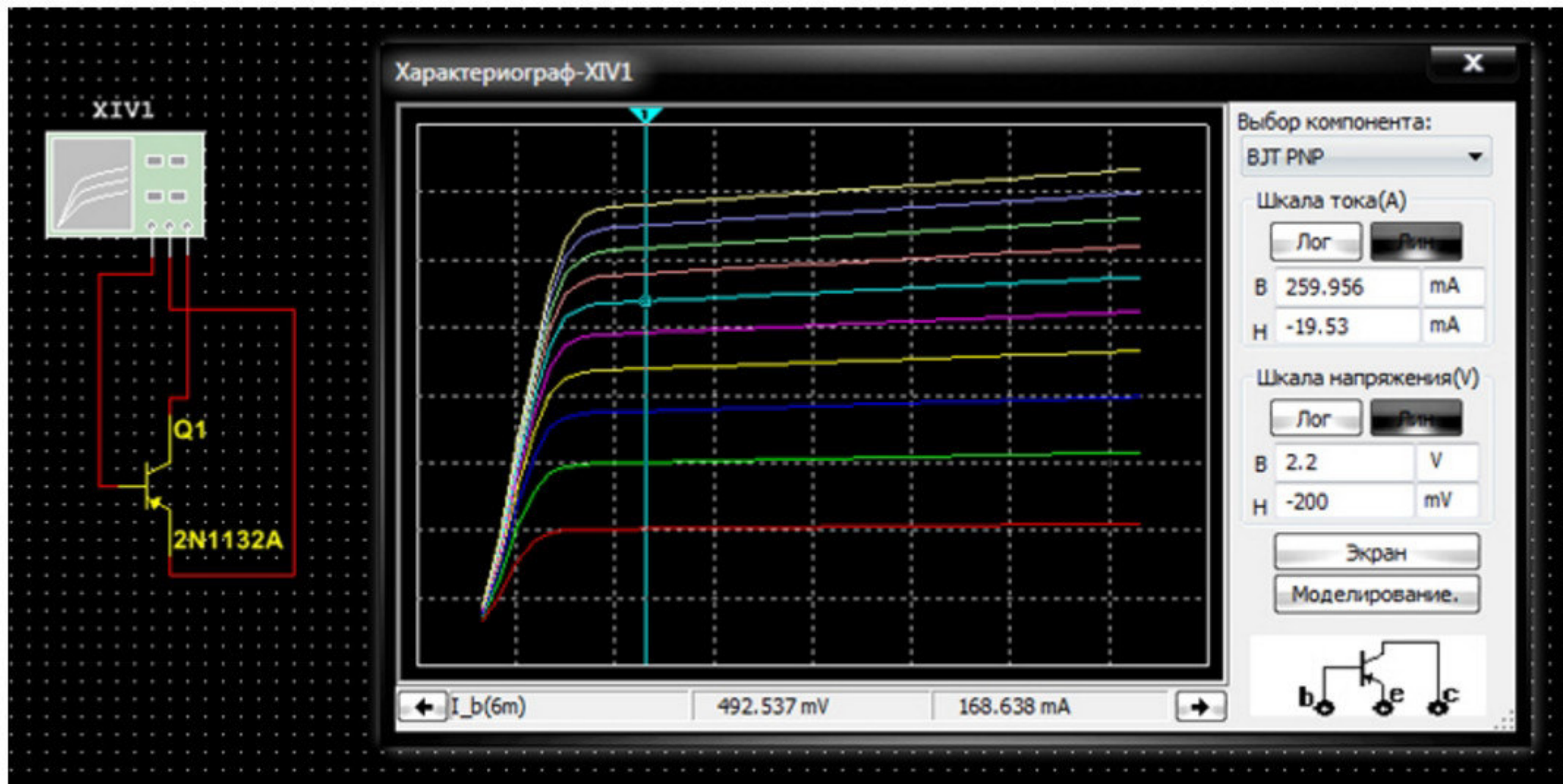


Рис. 8. Пример подключения характериографа-IV к PNP-транзистору и вольт-амперная характеристика данного компонента.

На рисунке 9 представлен пример диалогового окна «Параметры моделирования» для NPN-транзистора.

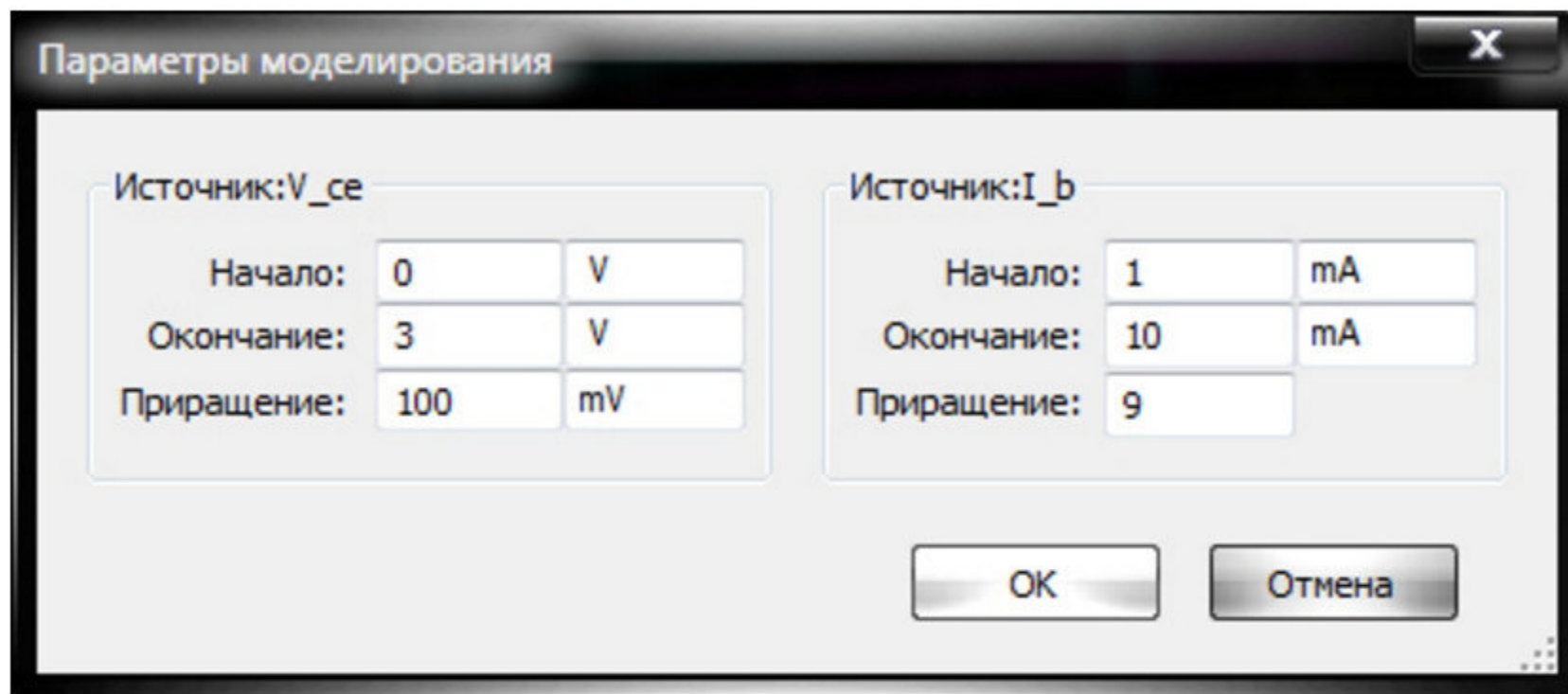


Рис. 9. Диалоговое окно «Параметры моделирования» для NPN-транзистора.

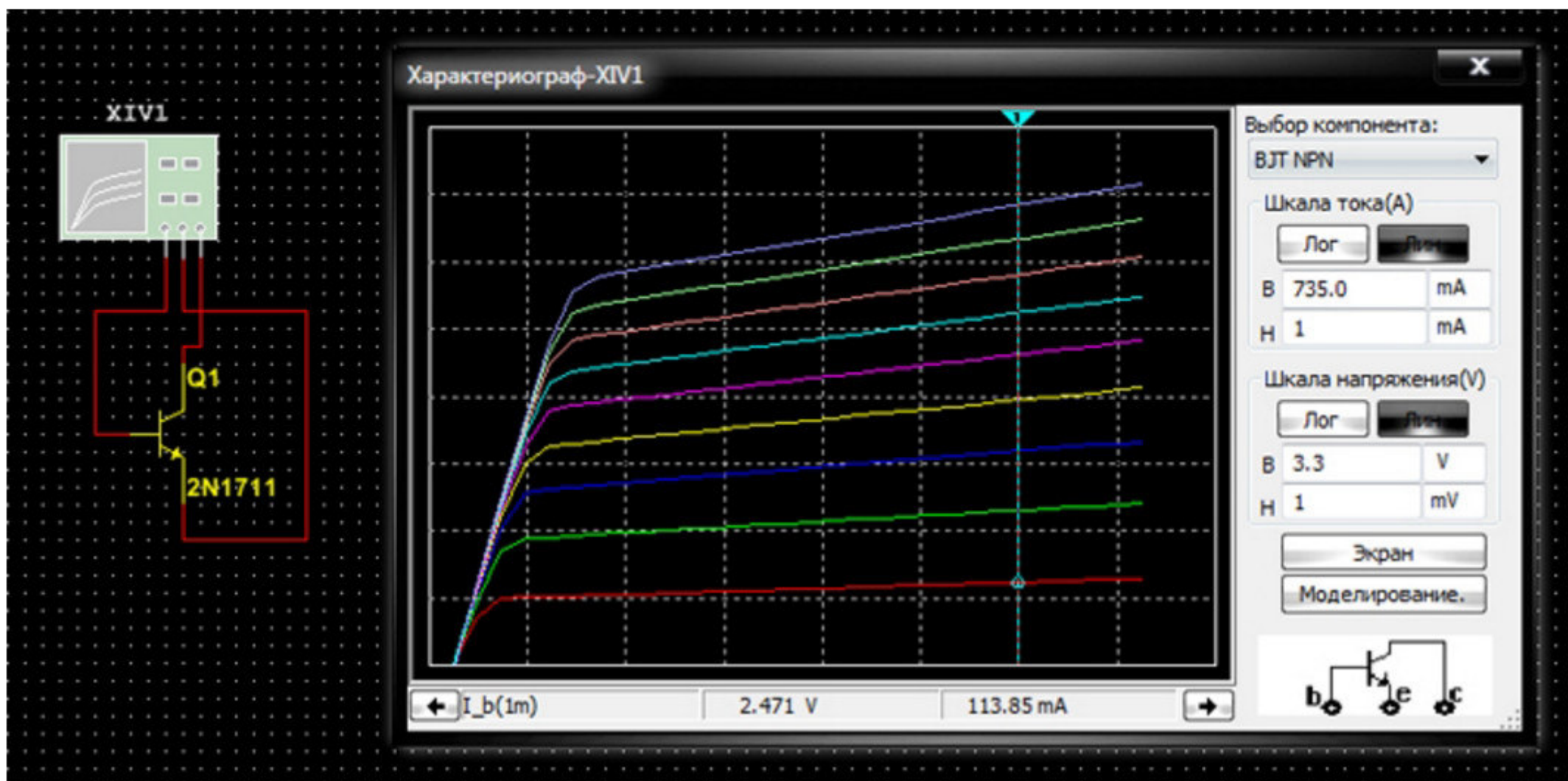
Данное окно открывается в результате выбора на панели управления характеристики графа-IV в поле «Выбор компонента» пункта BJT NPN и нажатия на кнопку «Моделирование». В левой части окна находится поле «Источник: V_{ce}», в котором можно установить следующие значения V_{ce} (напряжение коллектор-эмиттер):

- «Начало» - начальное значение V_{ce};
- «Окончание» - конечное значение V_{ce};
- «Приращение» - значение шага V_{ce} (полученные точки будут использованы для построения графика).

В правой части окна расположено поле «Источник: I_b», в котором можно установить следующие значения I_b (ток базы):

- «Начало» - начальное значение I_b;
- «Окончание» - конечное значение I_b;
- «Приращение» - число шагов I_b (количество кривых на графике).

Пример подключения характериографа-IV к NPN-транзистору и вольт-амперная характеристика данного компонента представлены на рисунке 10.



Представленный пример демонстрирует график вольт-амперной характеристики для отображения

$I_b = 1 \text{ mA}$, от 1 mA до 735 mA по оси Y, и от 1 mV до $3,3 \text{ V}$ по оси X.