

Электрография

§ 12. Физические основы электрографии

а) Диполь в равностороннем треугольнике.

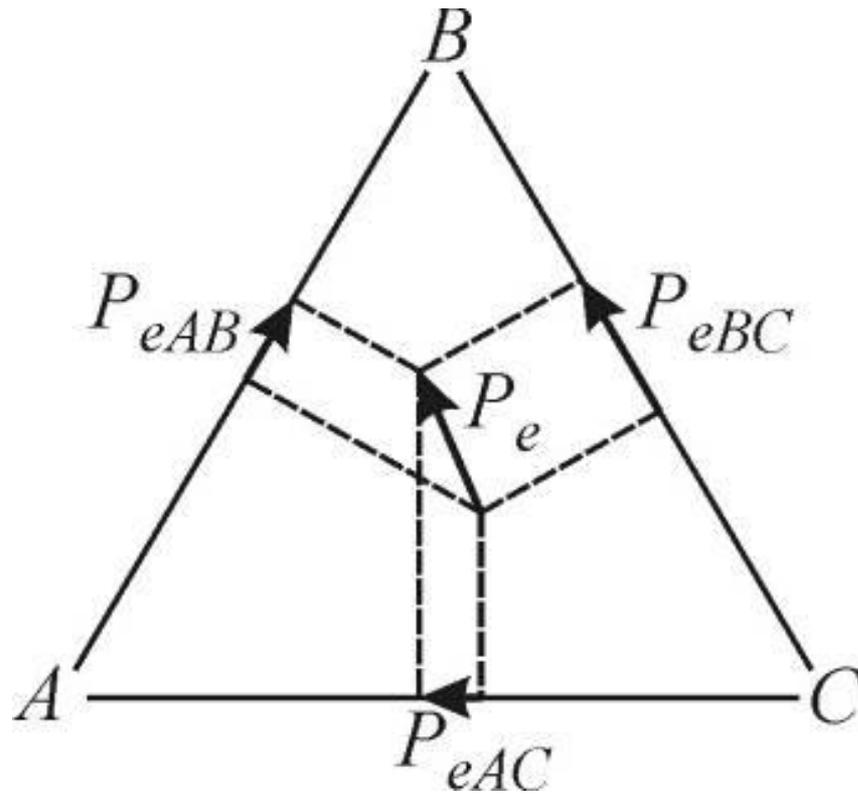


Рис. 14.

Если диполь поместить в центр равностороннего треугольника, то он будет равноудален от всех его вершин. Можно показать, что в этом случае разность потенциалов между любыми двумя вершинами прямопропорциональна проекции дипольного момента на соответствующую сторону (например, $U_{AB} \sim P_{eAB}$) (рис. 14).

$$P_{eAC} : P_{eAB} : P_{eBC} = U_{AC} : U_{AB} : U_{BC}$$

Сопоставляя величины проекций, можно судить о величине самого вектора P_e и его расположении внутри треугольника.

б) Токовый диполь.

В вакууме или в идеальной диэлектрике электрический диполь может сохраняться сколь угодно долго. Но в проводящей среде под действием электрического поля диполя возникает движение свободных зарядов и диполь экранируется.

Для сохранения диполя в проводящей среде можно использовать источник тока (ε). Роль полюсов диполя будут играть заряды, индуцированные источником на электродах.

В этом случае возникает электрический ток I , который будет препятствовать эффекту экранирования диполя. Если сопротивление среды R , то: $I = \varepsilon / (R + r)$;
 r – внутреннее сопротивление источника.

Ток движется от положительного к отрицательному электроду. Эти электроды называют истоком тока и стоком тока соответственно. Токовый диполь: в сосуд с электролитом опустили элемент питания.

Двухполюсная система в проводящей среде, состоящая из истока и стока тока, называется дипольным электрическим генератором или токовым диполем.

Характеристикой токового диполя является дипольный момент: $P_T = Il$,
где l – расстояние между истоком и стоком.

Аналогия между P_e и P_T :
– при одинаковой форме электродов линии тока совпадают с линиями напряженности электростатического поля;

– формулы, характеризующие электрическое поле токового диполя, похожи на формулы, характеризующие поле обычного диполя.

Теория токового диполя применяется для модельного объяснения возникновения потенциалов, регистрируемых при снятии электрограмм.

в) Виды электрографии.

Живые ткани являются источником электрических потенциалов. Регистрация биопотенциалов называется электрографией.

Существуют следующие диагностические методы.

ЭКГ – *электрокардиография* – регистрация биопотенциалов, возникающих в сердечной мышце при ее возбуждении.

ЭРГ – *электроретинография* – регистрация биопотенциалов сетчатки глаза, возникающих в результате воздействия на глаз.

ЭЭГ – *электроэнцефалография* – регистрация биоэлектрической активности головного мозга.

ЭМГ – *электромиография* – регистрация биоэлектрической активности мышц.

При изучении электрограмм решаются 2 задачи:

- прямая - выяснение механизма возникновения электрограммы или расчет потенциала в области измерения по заданным характеристикам электрической модели органа;
- обратная - выявление состояния органа по характеру его электрограммы.

Практически во всех существующих моделях электрическую активность органов и тканей сводят к действию токовых электрических генераторов, находящихся в электропроводящей среде.

§ 13. Теория отведений Эйнтховена. Анализ электрокардиограмм.

Сердце человека – это мощная мышца. При синхронном возбуждении волокон сердечной мышцы, в среде, окружающей сердце, течет ток, который даже на поверхности тела создает разности потенциалов в несколько мВ. Эта разность потенциалов регистрируется при записи электрокардиограммы. Моделировать электрическую активность сердца можно с использованием дипольного электрического генератора.

Дипольное представление о сердце лежит в основе теории отведений Эйнтховена, согласно которой - сердце - это токовый диполь с дипольным моментом P_c (электрический вектор сердца), который поворачивается, изменяет свое положение и точку приложения за время сердечного цикла (рис. 15).

По Эйнтховену сердце располагается в центре равностороннего треугольника, вершинами которого являются: правая рука – левая рука – левая нога (рис. 16 а).

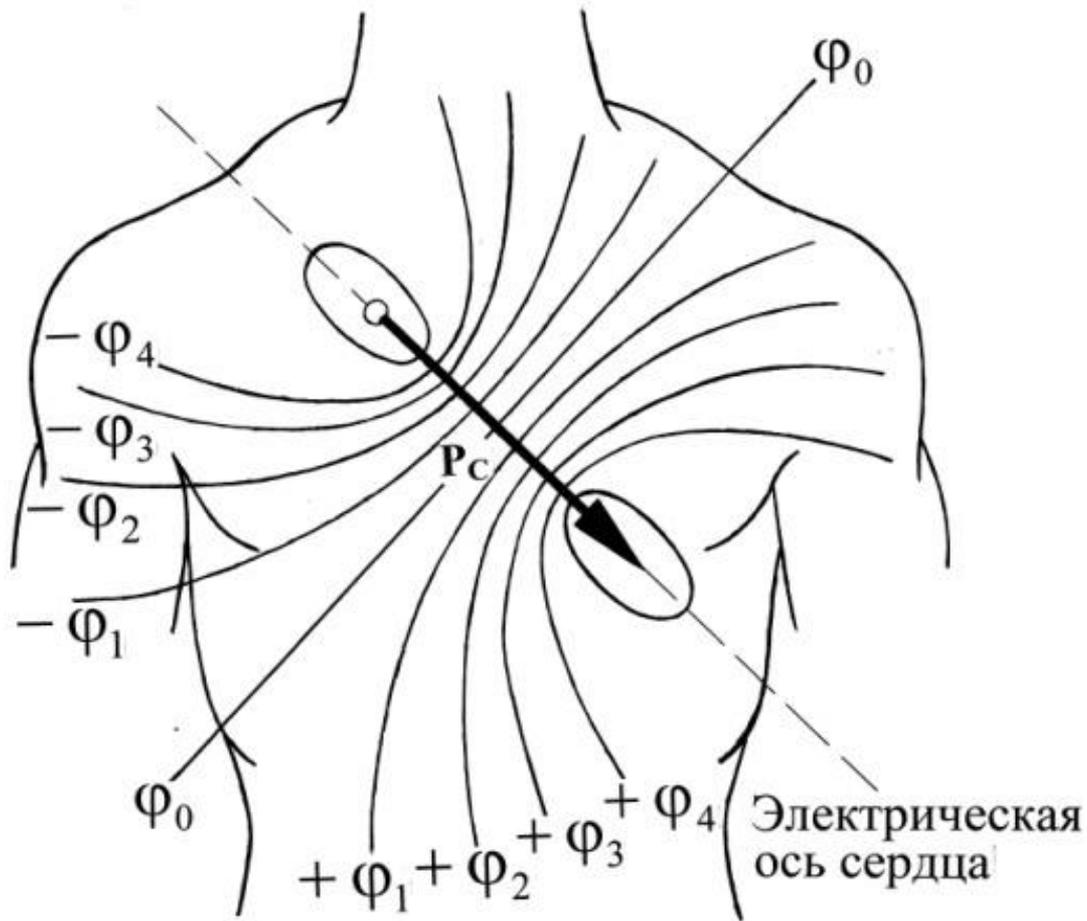


Рис. 15. Распределение эквипотенциальных линий на поверхности тела

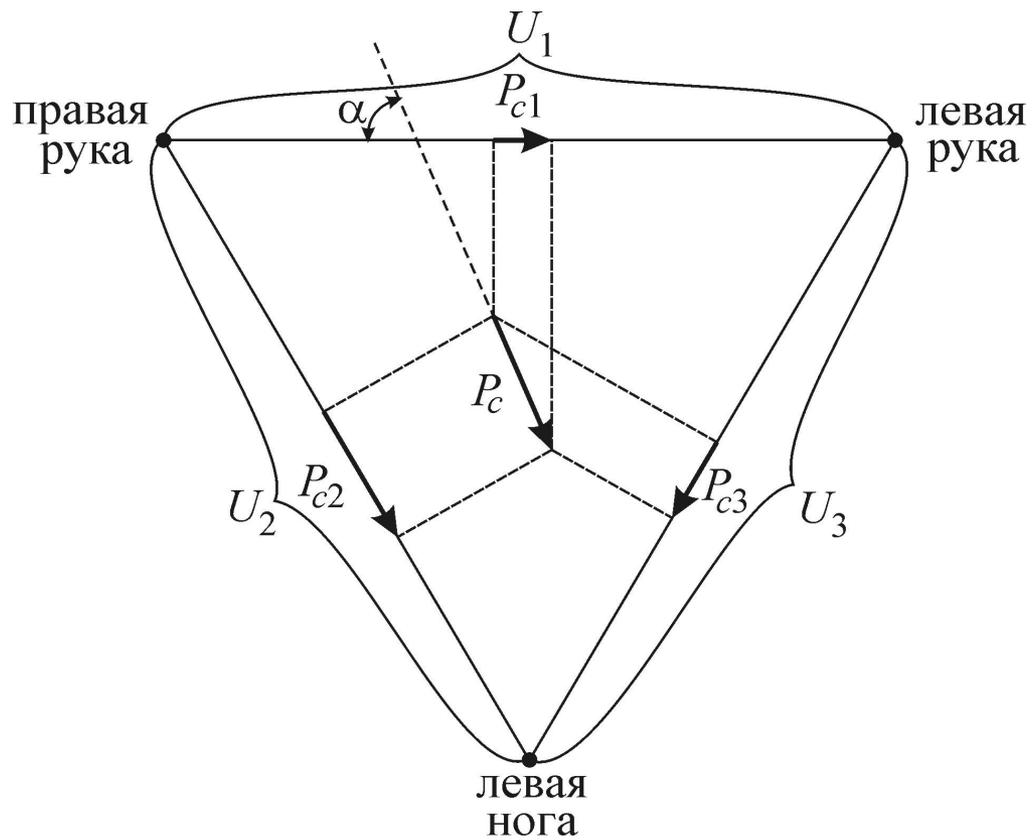


Рис. 16 а.

Линия электрической оси сердца при пересечении с направлением 1-го отведения образует угол, который определяет направление электрической оси сердца (рис. 16 б). Так как электрический момент сердца-диполя изменяется со временем, то в отведениях будут получены зависимости разности потенциалов от времени, которые называются электрокардиограммами.

Ось O – это ось нулевого потенциала. На ЭКГ отмечают три характерных зубца P , QRS , T (обозначение по Эйнтховену). Высоты зубцов в различных отведениях обусловлены направлением электрической оси сердца, т.е. углом (рис. 16 б). Наиболее высокие зубцы во втором отведении, низкие в третьем. Сопоставляя ЭКГ в трех отведениях за один цикл составляют представление о состоянии нервно-мышечного аппарата сердца (рис. 16 в).

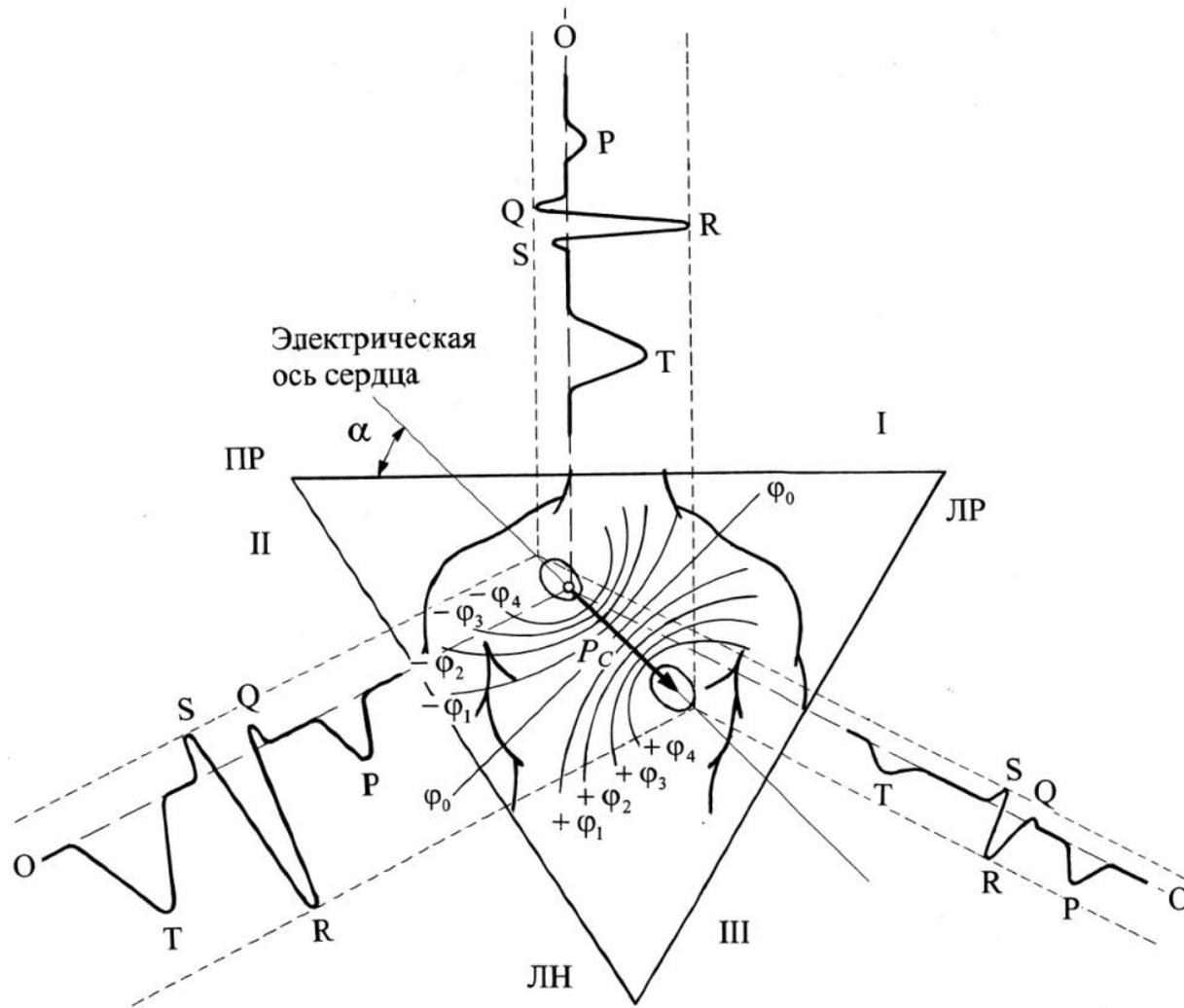


Рис. 16 б. Нормальная ЭКГ в трех стандартных отведениях

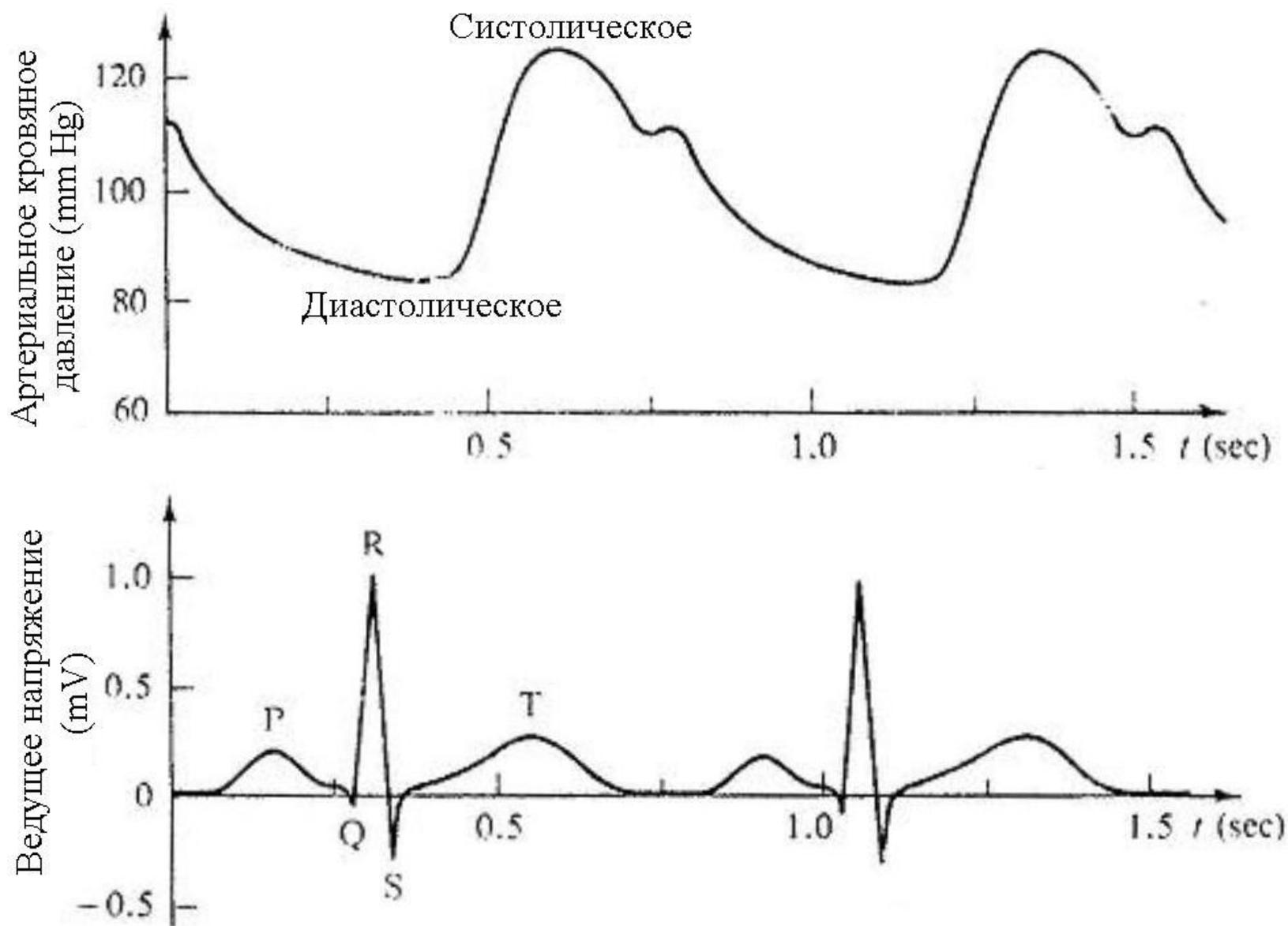


Рис. 16 в. Зубец P – деполяризация предсердия, QRS – деполяризация желудочков, T – реполяризация

§. Факторы, влияющие на ЭКГ

Положение сердца. Направление электрической оси сердца совпадает с анатомической осью сердца. Если угол находится в пределах от 40° до 70° , это положение электрической оси считается нормальным. ЭКГ имеет обычные соотношения зубцов в I, II, III стандартных отведениях. Если близок или равен 0° , то электрическая ось сердца параллельна линии первого отведения и ЭКГ характеризуется высокими амплитудами в I отведении.

Если близок к 90° , амплитуды в I отведении минимальны. Отклонение электрической оси от анатомической в ту или другую сторону клинически означает одностороннее поражение миокарда.

Изменение положения тела вызывает некоторые изменения положения сердца в грудной клетке и сопровождается изменением электропроводности окружающих сердце сред. Если ЭКГ не изменяет своей формы при перемещении тела, то этот факт тоже имеет диагностическое значение.

Дыхание. При вдохе электрическая ось сердца отклоняется примерно на 15° , при глубоком вдохе до 30° . Нарушения или изменения дыхания также могут быть диагностированы по изменению ЭКГ.

Физическая нагрузка всегда вызывает существенное изменение в ЭКГ. У здоровых людей эти изменения состоят главным образом в учащении ритма. При функциональных пробах с физической нагрузкой могут иметь место такие изменения, которые явно указывают на патологические изменения в работе сердца (тахикардия, экстрасистолия, мерцательная аритмия и т.д.).

Диагностическая значимость метода ЭКГ несомненно велика (совместно с другими методами диагностики).

§. Допущения теории Эйнтховена

- Электрическое поле сердца на больших расстояниях от него подобно полю токового диполя.
- Весь организм – это однородная проводящая среда.
- Электрический вектор сердца изменяется по величине и направлению за время сердечного цикла, но начало вектора остается неподвижным.

– Точки стандартных отведений образуют равносторонний треугольник, в центре которого находится сердце – токовый диполь. Проекции дипольного момента сердца – это отведения Эйнтховена.

– Сердце и конечности находятся в одной и той же фронтальной плоскости.

Если представить, что сердце (его основание) заряжено отрицательно, а верхушка положительно, то распределение эквипотенциальных линий вокруг сердца при максимальном значении P_c показано на рис. 15.

Видно, что электрическое поле распространяется преимущественно в сторону правой руки и левой ноги, т.е. в этом направлении будет зафиксирована наибольшая разность потенциалов.