где $\eta_н$ – коэффициент полезного действия.

На оси ординат откладывают частоту вращения холостого хода n_0, которую можно определить по формуле

$$n_0 = n_н \cdot \frac{U_н}{U_н - I_{ан} \cdot R_a}. \qquad (2.12)$$

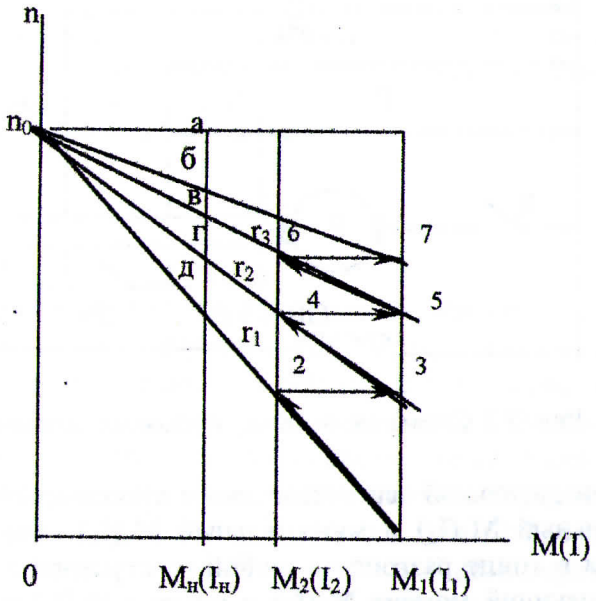

Рис. 2.3 Пусковые характеристики двигателя

Из точки, соответствующей номинальному моменту, проводят перпендикуляр **$M_н$а**, откладывают на нем в масштабе частоту вращения якоря **$n_н$**, и получают точку **б** (см. рис. 2.3).

Соединяя прямой точку **б** с точкой идеального холостого хода **n_0**, получают естественную механическую характеристику двигателя **n_0б.**

Отрезок **аб** между горизонтальной прямой **n_0а** и естественной механической характеристикой **n_0б** соответствует сопротивлению якорной цепи двигателя **R_a**.

Прямая **1n_0** будет первой характеристикой, соответствующей полному сопротивлению пускового резистора. С точки **1** начинается разгон двигателя. При достижении двигателем переключающего момента **M_1** первую секцию пускового резистора **$R_п$** отключают, что изобразится горизонтальной линией, проведенной через точку **2**. При пересечении этой линии с перпендикуляром **M_1а'** определится точка **3** второй искусственной характеристики.

Отрезок **гд** в масштабе сопротивлений дает сопротивление первой секции $R_п$. Дальнейшее построение ясно из анализа рис. 2.3. Отрезки **дг, гв, вб** соответствуют сопротивлениям отдельных секций пускового резистора в порядке их замыкания.

Масштаб для сопротивления, Ом/мм

$$m_c = \frac{R_a}{аб}, \qquad (2.13)$$

где **аб** – отрезок прямой, соответствующий сопротивлению якоря **R_a**.

Если при построении окажется, что последняя горизонтальная линия **6,7** не пересекает естественную характеристику в точке **7**, необходимо несколько изменить значение момента **$M_2(I_2)$** и повторить построение.

При аналитическом расчете необходимо помнить, что число пусковых ступеней ускорения для двигателей малой мощности (до 10 кВт) равно 1-2, для двигателей средней мощности (до 50 кВт) это 2-3, а для двигателей большой мощности 3-4.

Если число ступеней неизвестно, то их можно определить по формуле

$$m = \frac{\lg \dfrac{U_н}{R_a \cdot I_1}}{\lg \lambda}, \qquad (2.14)$$

где **m** – число ступеней **$R_п$**;