

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЖИГОВЫХ ЗАЕЗДОВ

Н. Г. КАПУСТИН

(Представлено проф. докт. техн. наук Алабужевым П. М.)

Джиговым заездом называют криволинейное сопряжение в месте пересечения наклонных и горизонтальных путей, осуществляемое стрелочным съездом и последующим закруглением.

Иногда сопряжение наклонных и горизонтальных путей осуществляют вставкой поворотной плиты, на которой рабочие вручную разворачивают каждую вагонетку в нужном направлении.

В противоположность этому джиговое устройство позволяет средствами механической подъемной установки, обслуживающей наклонные пути, выводить вагонетки с наклонного пути на горизонтальные и обратно. При джиговых устройствах почти полностью упраздняется штат плитовых рабочих, труд которых при большегрузных вагонетках становится самым тяжелым в шахте.

Таким образом, в целях повышения производительности труда основных рабочих за счет сокращения штата вспомогательных, создания более безопасных условий для горнорабочих, необходимо шире внедрять джиговые заезды вместо плит, являющихся устаревшим решением в рудничном транспорте.

На слабо наклонных путях ($< 12^\circ$) уже имеется опыт проектирования и строительства джиговых заездов. При больших углах наклона подъемников ни опыта строительства, ни теории проектирования джигов нет. Более того, встречаются ошибочные мнения, что якобы джиговые заезды на бремсбергах и уклонах с углом падения более $12-15^\circ$ конструктивно не осуществимы, а будучи построенными, окажутся непригодными в эксплуатации.

Задачей настоящей статьи является разработка теории проектирования джиговых заездов на шахтах, разрабатывающих угольные пласты наклонного падения, где вопросы экономической работы бремсбергов и уклонов особенно важны.

В схеме путей джига следует различать четыре характерных участка (рис. 1), в том числе:

1. Участок ab — кривые пути постоянного радиуса закругления R и приподнятым (рихтовкой) внешним рельсом. Главными параметрами этого участка являются радиус R и центральный угол λ дуги ab . Величина R устанавливается по жесткой базе подвижного состава. Угол λ является предметом производимых далее расчетов.

2. Участок bc — кривые пути переменного радиуса ρ , который изменяется от бесконечности в точке c до R в точке b . Данная переходная кривая обеспечивает ликвидацию удара в точке b от центробежной силы путем постепенного возрастания нажатия ребордой колеса на наружный рельс.

3. Участок cd — кривые пути также постоянного радиуса R , уложенные в плоскости стрелочного перевода, т. е. почвы угольного пласта. Поэтому внешний рельс в точке c ниже внутреннего рельса. Точка c является наибо-

лее опасной в отношении самопрокидывания вагонетки под воздействием двух сил: центробежной и некоторой составляющей веса вагонетки, возникающей в связи с заходом вагонетки на кривую cd , лежащую в плоскости стрелочного перевода.

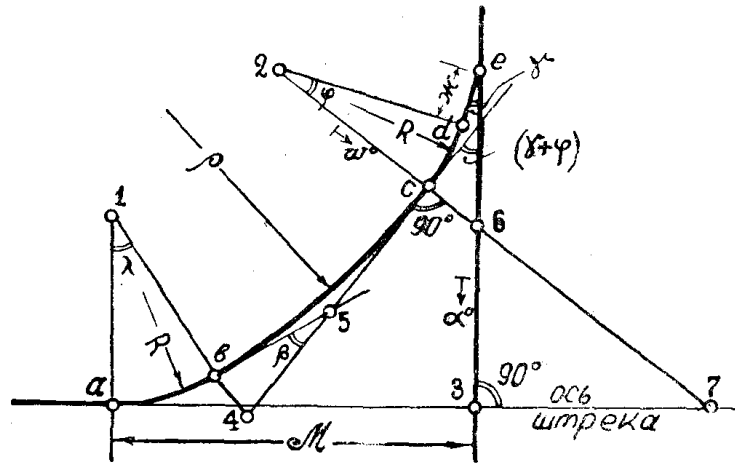


Рис. 1

Последнее положение вытекает из самой идеи джига. Кривой участок cd имеет центральный угол дуги — φ , который не может превышать некоторого критического значения, обеспечивающего динамическое равновесие вагонетки в точке c .

4. Участок de — стрелочный перевод, лежащий всеми своими точками в одной плоскости (обычно почвы пласта).

При проектировании схемы путей джига следует учитывать необходимость разместить все кривые джигового заезда в границах бремсбергового целика шириною M .

Из описания схемы джига было видно, что для определения его неизвестных параметров могут быть использованы два оговоренные выше условия: заданная величина M , в пределах которой размещается джиг и равновесное положение движущейся вагонетки в точке c . На базе этих двух условий далее будут определены все необходимые параметры для трассирования путей джига.

Рассмотрим некоторые соотношения этих параметров. На основании геометрических соображений на рис. 2, можно написать:

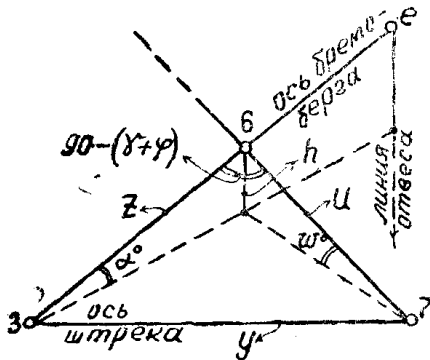


Рис. 2

$$h = z \sin \alpha, y = z \operatorname{ctg} (\gamma + \varphi), z^2 + y^2 = u^2, u = h : \sin \omega.$$

После соответствующих подстановок получим:

$$\sin \omega = \sin \alpha \sin \gamma \cos \varphi + \sin \alpha \cos \gamma \sin \varphi, \quad (1)$$

где α — угол падения пласта, γ — угол крестовины стрелочного перевода в точке e .

Рассмотрим условие равновесия вагонетки в точке c . Центр тяжести вагонетки лежит на высоте h от головки рельс. Центробежная сила на кривом пути будет $Qv^2/9,8 R$, где Q — вес вагонетки, v — ее скорость.

Составляющая веса вагонетки (T) одного знака с центробежной силой, $T = Q \sin \omega$. Им противостоит другая составляющая веса $N = Q \cos \omega$. Тогда условие равновесия будет:

$$h \frac{Qv^2}{9,8R} + hT = 0,5 aN \text{ или } \frac{hv^2}{9,8R} + h \sin \omega = 0,5a \cos \omega, \quad (2)$$

где a — ширина колеи.

Решая уравнение (2) относительно $\sin \omega$, получим

$$\sin \omega = \sqrt{B^2 + D} - B, \quad (3)$$

где

$$B = v^2: \left[1 + \left(\frac{a}{2h} \right)^2 \right] 9,8R, \quad (3a)$$

$$D = \left(\frac{a}{2h} + \frac{v^2}{9,8R} \right) \left(\frac{a}{2h} - \frac{v^2}{9,8R} \right) : \left[1 + \left(\frac{a}{2h} \right)^2 \right]. \quad (3b)$$

Выражения (1,3) приравняем и получим уравнение с одним неизвестным φ :

$$\sqrt{B^2 + D} - B = \sin \alpha \sin \gamma \cos \varphi + \sin \alpha \cos \gamma \sin \varphi. \quad (4)$$

Решая уравнение (4), находим угол φ .

Участок путей ab обезопасен в отношении опрокидывания вагонетки под воздействием силы T , ибо в точке b уже достигнут необходимый подъем внешнего рельса относительно внутреннего на высоту $\Delta = av^2:9,8R$, что вытекает из условия равновесия вагонетки на кривой ab . Аналогично этому для любой точки дуги bc имеем

$$\Delta = \frac{av^2}{9,8\rho}. \quad (5)$$

Превышение рельса Δ следует создавать равномерным подъемом наружного рельса на участке bc длиной S . Это может быть достигнуто относительным уклоном i наружного рельса.

$$i = \Delta:S, \Delta = iS \text{ или } \Delta = iS = av^2:9,8\rho;$$

$$S\rho = \frac{av^2}{9,8i} = \text{константа } C. \quad (6)$$

Как известно, кривая, для которой соблюдается условие $S\rho = \text{константа}$, является „радиальной спиралью“ с характеристикой (рис.1):

$$y = x^3:6C, C \text{ — в нашем случае } = \frac{av^2}{9,8i}; \quad (7)$$

$$x = \frac{C}{\rho} - \frac{C^3}{40\rho^5}; y = \frac{C^2}{6\rho^3} - \frac{C^4}{336\rho^7}.$$

Вычитаемые в этих формулах ничтожно малые, а поэтому получим

$$x = C:\rho; y = C^2:6\rho^3; \quad (8)$$

$$\frac{dy}{dx} = \text{tg } \beta = \frac{x^2}{2C} = \frac{C}{2\rho^2}. \quad (8a)$$

Здесь значение C заменим выражением (6):

$$x = \frac{av^2}{9,8\rho i}; y = \frac{a^2v^4}{6\rho^3 9,8^2 i^2}. \quad (9)$$

Угол β (рис. 1) определится по формуле (8а):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{av^2}{19,6 \rho^2 i} \quad (10)$$

Далее найдем проекцию ломаной линии „а-1-б-4-с-2-д-е-3“ на линию простираия — „а3“.

$$\begin{aligned} R \sin \lambda + y \cos(\gamma + \varphi) + x \sin(\gamma + \varphi) + R \cos \gamma + \mu \sin \gamma = \\ = M + R \cos(\gamma + \varphi). \end{aligned} \quad (11)$$

Для точки b имеем:

$$x = \frac{av^2}{9,8 Ri}; \quad y = \frac{a^2 v^4}{576 R^3 i^2} \quad (12)$$

Полигон (рис. 1) с вершинами „а-1-б-5-с-2-д-е-3“ имеет сумму внутренних углов $180^\circ (9-2) = 1260^\circ$. Эта сумма складывается так:

$$\begin{aligned} 1260 = 90 + \lambda + 270 + 180 + \beta + 270 + \varphi + 270 + \gamma + 90; \\ \lambda + \beta + \varphi + \gamma = 90. \end{aligned} \quad (13)$$

Здесь углы: γ — задан конструкцией стрелочного перевода, φ — по формуле (4), β — по формуле (10). Решая совместно уравнения (13, 12, 11, 10), получим значения λ, i . Имея уклон i , по формуле (12) находим x, y , которые служат целям разбивки кривой bc , имеющей формулу в системе координат, показанных на рис. 1.

$$y = x^3 : 6C, \quad \text{где } C = \frac{av^2}{9,8i}.$$

Другие участки кривых путей разбиваются в натуре обычным способом.

Изложенным методом решим конкретный пример, приняв следующие исходные данные: $\alpha = 25^\circ$, $\gamma = 15^\circ 36'$, $a = 0,6$ м, $h = 0,67$ м, $M = 18$ м, $v = 3$ м/сек, $R = 12$ м.

$$B = \frac{3^2}{9,8 \cdot 12 [1 + (0,66 : 2 \cdot 0,67)^2]} = 0,066 \quad \text{или} \quad B^2 = 0,0043. \quad (3a)$$

$$\begin{aligned} D = \left(\frac{0,6}{2 \cdot 0,67} + \frac{3^2}{9,8 \cdot 12} \right) \cdot \left(\frac{0,6}{2 \cdot 0,67} - \right. \\ \left. - \frac{3^2}{9,8 \cdot 12} \right) : [1 + (0,6 : 2 \cdot 0,67)^2] = 0,16; \end{aligned} \quad (36)$$

$$\sin \omega = \sqrt{0,0043 + 0,16} - 0,066 = 0,34; \quad (3)$$

$$\sin \omega = 0,34 = 0,422 \cdot 0,27 \cos \varphi + 0,422 \cdot 0,96 \sin \varphi, \quad (4)$$

где $\varphi = 38^\circ$ превращает выражение (4) в тождество.

$$\begin{aligned} 12 \sin \lambda + \frac{0,6^2 \cdot 3^4}{576 \cdot 12^3 i^2} \cos(15^\circ 36' + 38^\circ) + \frac{0,6 \cdot 3^2}{9,8 \cdot 12 i} \sin(15^\circ 36' + 38^\circ) + \\ + 12 \cos 15^\circ 36' + 2,94 \cdot \sin 15^\circ 36' = 25 + 12 \cos(15^\circ 36' + 38^\circ) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\lambda = \operatorname{arc} \sin [F(i)]. \quad (11a)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{0,6 \cdot 3^2}{2,9 \cdot 8 \cdot 12^2 i} = \frac{0,002}{i}.$$

$$\lambda + \operatorname{arctg} \beta + 38 + 15^{\circ}36' = 90^{\circ}$$

$$\lambda + \operatorname{arctg} \beta = 90^{\circ} - 53^{\circ}36' = 36^{\circ}24'.$$

$$\lambda = 36^{\circ}24' - \operatorname{arctg} \frac{0,002}{i}. \quad (14)$$

Уравнения (11а, 14) решаем совместно графическим путем и получаем величины λ, i .

После вычислений имеем:

$$\lambda = \operatorname{arc} \sin \left(1,06 - \frac{0,145}{10^5 i^2} - \frac{0,002}{i} \right), \quad (11а)$$

$$\lambda = 36^{\circ}24' - \operatorname{arctg} \frac{0,002}{i}. \quad (14)$$

Искомые корни данных уравнений будут: $\lambda = 8^{\circ}36'$, $i = 0,0038$. Тогда $x = 12 \text{ м}$, $y = 2 \text{ м}$, $\beta = 27^{\circ}42'$.

Проведенные расчеты позволяют запроектировать джигвый заезд с надежными и экономичными параметрами.