

УДК 621.9

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ПОДАЧИ ДИСКОВЫХ ПИЛ ПРИ ФРИКЦИОННОЙ РЕЗКЕ
ТРУБОПРОКАТА

А. А. Медянцев, С.В. Михайлов
(КГТУ, г. Кострома)

Предложена методика выбора рациональных режимов регулирования подачи высокоскоростных дисковых пил, применяемых на летучих отрезных станках в трубном производстве. Установлено, что оптимальное соотношение скоростей подачи пилы на врезании и выходе из заготовки позволяет увеличить стойкость инструмента и стабильность резания.

Дисковые пилы, фрикционная резка, программное регулирование подачи пилы.

В настоящее время в трубном производстве широко применяются летучие отрезные станки (ЛОС), предназначенные для высокоскоростной фрикционной резки трубопроката. При изготовлении труб диаметром 80...200 мм с толщиной стенок от 4 до 10 мм распространение получили дисковые зубчатые пилы диаметром 700...800 мм, числом зубьев $z = 300...350$. Материал пилы 9ХФ. При номинальном числе оборотов двигателя ЛОС окружная скорость пилы (скорость резания) составляет 115...132 м/с. Подача пилы может изменяться в диапазоне 3...12 мм/об. Особенностью операции отрезки трубопроката является переменные условия обработки. В процессе резания происходит периодическое изменение числа активных зубьев z_i пилы и, следовательно, суммарной

силы резания. Сила и мощность резания изменяются в соответствии с зависимостью

$$P = C_p \cdot s_z^x \cdot \sum b \cdot z_i;$$

$$M = P \cdot v, \quad (1)$$

где C_p – коэффициент, учитывающий материал заготовки и форму зубьев пилы; s_z – подача на зуб пилы; x – показатель степени влияния подачи на силу резания; $\sum b$ – суммарная длина режущих кромок одного зуба.

Из формулы (1) следует, что для стабилизации силовых характеристик и повышения надежности операции отрезки труб величина скорости подачи пилы должна быть согласована с числом активных зубьев. Такое согласование особенно важно осуществлять при обработке толстостенных труб большого диаметра. В процессе отрезки таких труб максимальное число работающих зубьев приходится на периоды врезания и выхода пилы из трубной заготовки. Причем, в результате изменения кривизны трубы количество активных зубьев на выходе из заготовки больше.

Найдем зависимость числа активных зубьев от угла врезания α пильного диска в трубу (рис. 1). Количество зубьев пилы $z_{a.n.}$, ограниченных наружной поверхностью трубы с радиусом r равно:

$$z_{a.n.} = \frac{\psi \cdot z}{2 \cdot \pi}, \quad (2)$$

где ψ – угол контакта пилы с заготовкой, z – число зубьев пилы.

Из прямоугольных треугольников OED и CED с общей стороной ED следует:

$$\psi = 2 \cdot \arcsin \frac{ED}{R}; \quad ED = \sqrt{R^2 - (R - h)^2}; \quad h = \frac{2rm - m^2}{2R + 2r - 2m},$$

где $m = R + r - OC$.

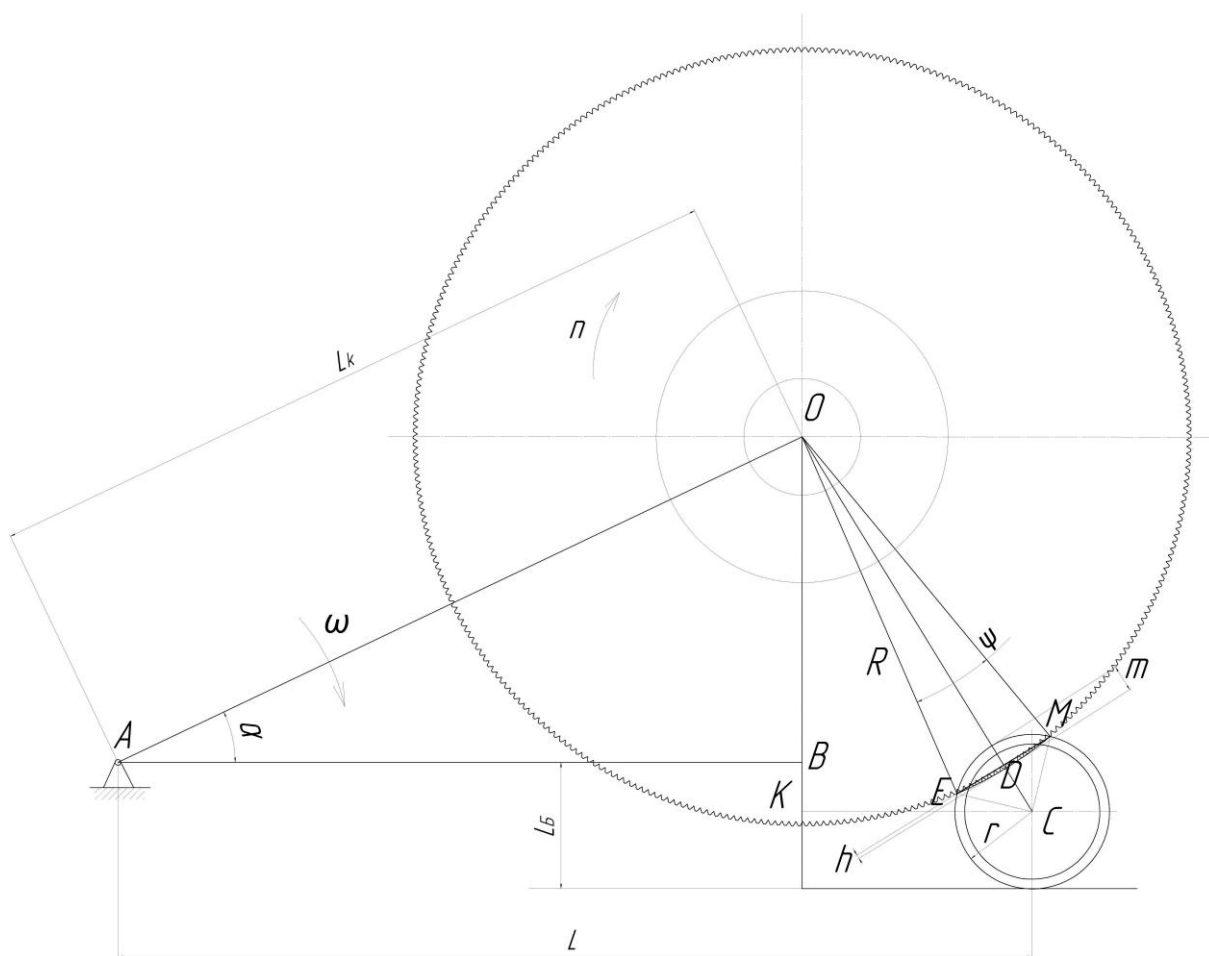


Рис.1. Кинематическая схема операции отрезки труб.

Длину OC найдем из треугольника KOC :

$$OC = \sqrt{CK^2 + OK^2} = \sqrt{(L - L_k \cdot \sin \alpha)^2 + (L_k \cdot \sin \alpha + L_B - r)^2}.$$

Подставив ψ в уравнение (2), получим:

$$z_{a.n} = \frac{\frac{\pi}{90} \cdot R \cdot \arcsin \sqrt{b \cdot (2+b)}}{P\tau}, \quad (3)$$

где $b = \frac{1}{R} \cdot \left(\frac{rm - 0.5m^2}{R + r - m} \right)$; $m = R + r - \sqrt{(L - L_k \cdot \sin \alpha)^2 + (L_k \cdot \sin \alpha + L_B - r)^2}$; $P\tau = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{z}$ —

окружной шаг зубьев пилы; R — радиус дисковой пилы; z — число зубьев пилы.

Аналогично определим число зубьев пилы, ограниченных внутренней поверхностью трубы с радиусом $r_B = (r - b)$, где b – толщина стенки трубы:

$$z_{a.в} = \frac{\frac{\pi}{90} \cdot R \cdot \arcsin \sqrt{c \cdot (2 + c)}}{P \tau}, \quad (4)$$

$$\text{где } c = \frac{1}{R} \cdot \left(\frac{r_{\theta} m_2 - 0.5 m_2^2}{R + r_{\theta} - m_2} \right); \quad m_2 = R + r_{\theta} - \sqrt{(L - L_k \cdot \sin \alpha)^2 + (L_k \cdot \sin \alpha + L_B - r)^2}.$$

Вычитая уравнение (3) из (4), получим формулу для расчета числа одновременно участвующих в резании зубьев пилы:

при $c > 0$

$$Za = \frac{\frac{\pi}{90} \cdot R \cdot \arcsin \sqrt{b \cdot (2 + b)} - \left(\frac{\pi}{90} \cdot R \cdot \arcsin \sqrt{c \cdot (2 + c)} \right)}{P \tau}; \quad (5)$$

при $c \leq 0$

$$Za = \frac{\frac{\pi}{90} \cdot R \cdot \arcsin \sqrt{b \cdot (2 + b)}}{P \tau}. \quad (6)$$

Об изменении мощности резания в процессе обработки труб можно судить по силе тока приводного электропривода пилы. Как известно, сила тока напрямую связана с мощностью резания [1]:

$$I = \frac{M}{U \cdot \eta};$$

где M – мощность резания, U – напряжение; $\eta = 0,97$ – коэффициент полезного действия.

Экспериментальные данные показывают, при резке труб отчетливо наблюдаются два разных по величине всплеска силы тока – в моменты врезания и выхода пилы из зоны резания (рис. 2). Очевидно, что данный

факт связан с изменением числа зубьев, одновременно участвующих в резании на входе и выходе из заготовки.

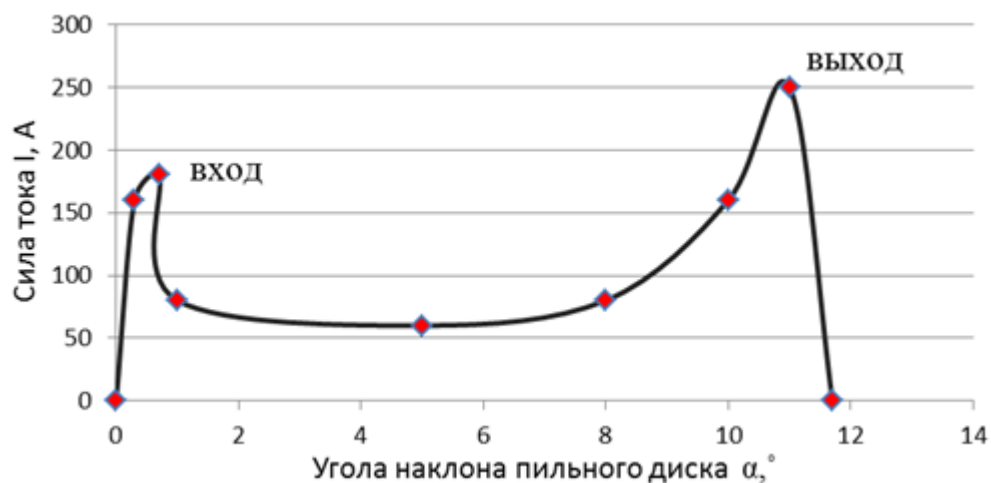


Рис. 2. Характерная зависимость силы тока приводного электропривода пилы от угла наклона маятника ЛОС

Зависимости числа рабочих зубьев от угла врезания пилы, построенные для труб с разной толщиной стенок, показаны на рисунке 3.

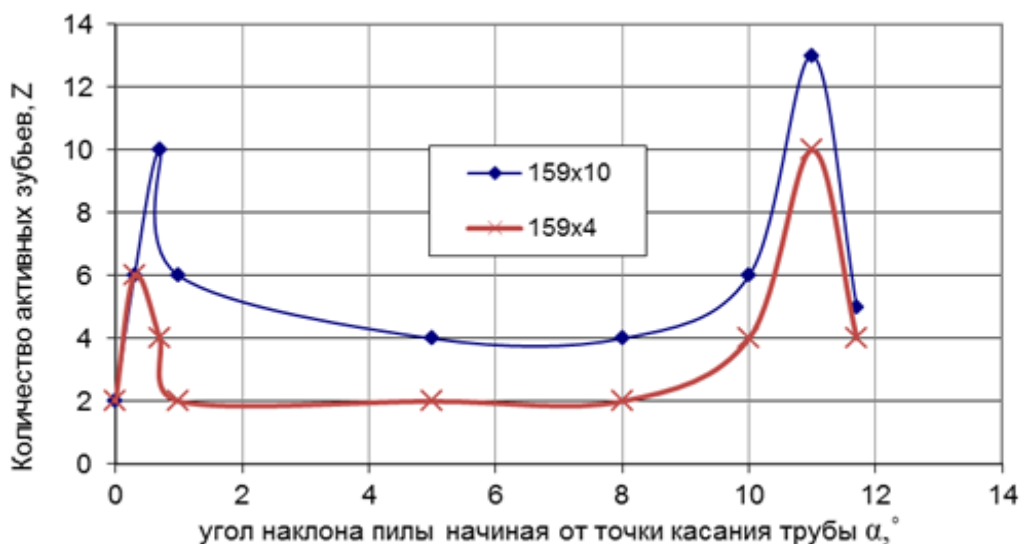


Рис. 3. Теоретические зависимости числа работающих зубьев от угла врезания пилы в заготовку

Сопоставление и анализ теоретических и экспериментальных зависимостей показывает, что для выравнивания силовых характеристик процесса резания труб необходимо оптимизировать соотношение подач пилы в разные периоды обработки с учетом изменения числа ее активных зубьев.

Согласно уравнению (1) условие выравнивания сил при врезании и выходе пилы из заготовки запишется следующим образом:

$$C_p \cdot s_{z1}^x \sum b \cdot z_{a1} = C_p \cdot s_{z2}^x \sum b \cdot z_{a2};$$

Отсюда

$$\left(\frac{s_{z1}}{s_{z2}} \right)^x = \frac{z_{a1}}{z_{a2}}, \quad (7)$$

где z_{a1}, z_{a2} рассчитываются по формулам (5) и (6).

Экспериментальная проверка полученной зависимости подтвердила ее адекватность. На рисунке 4 показаны зависимости силы тока на входе и выходе из трубы Ø159 толщиной стенки 4 мм для различного сочетания подач. Видно, что выравнивание нагрузок происходит при увеличении подач на входе и уменьшении на выходе. Оптимальное соотношение подач, полученное экспериментальным способом, совпадает с теоретическим.

Таким образом, подбирая подачи можно добиться уменьшения силы резания, повысив тем самым стабильность и эффективность операции отрезки. Так как трубы отличаются между собой по диаметру, толщине стенки и материалу, для каждого типоразмера труб существуют свои оптимальные соотношения подач (рис. 4).

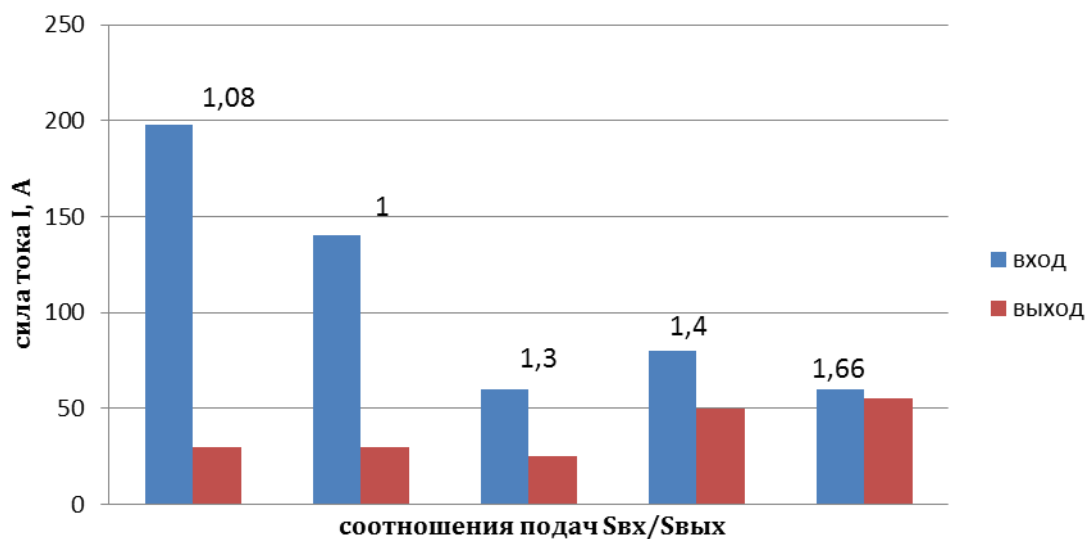


Рис. 4. Зависимость стойкости пилы от соотношения подач при обработке трубы Ø73x5,5 материал 25 ГЮ

Стойкостные испытания, проведенные на трубах Ø73x5,5 материал 25 ГЮ и Ø146x7,7 материал 22ГЮ показали, что оптимизация соотношения подач позволяет повысить работоспособность пилы до 2-х и более раз.

Литература

1. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. 3-е изд.- М.: Высшая школа, 2002.- 255 с., ил.
2. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов по специальности «Технология машиностроения» / Г.Н. Сахаров и др. – М.: Машиностроение, 1989.-328с.
3. Михайлов С.В., Медянцев А.А., Садов В.А. Высокоскоростные дисковые пилы в условиях трубного производства // РИТМ. – Москва, 2009. – №10. – С.17 – 19.

A.A. Medyantsev, S.V. Mikhailov