

**Решение осесимметричной задачи при скоростном  
комбинированном выдавливании биметаллических  
дорожных резцов**

Быков К. Ю., Качанов И. В., Ленкевич С. А, Шаталов И. М.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Представлены зависимости, полученные в результате перехода от плоской к осесимметричной деформации при скоростном комбинированном выдавливании биметаллических дорожных резцов.*

Для перехода к осесимметричной деформации при скоростном комбинированном выдавливании биметаллических дорожных резцов были использованы зависимости, полученные для решения плоской задачи [1] и ряд дополнительных преобразований, представлявших собой условия перехода к осесимметричному напряженному состоянию.

Так, согласно этим преобразованиям, в начале ширина заготовки  $b$  приравнивалась к высоте заготовки  $2A$  ( $b = 2A$ ). Откуда получалось, что площадь исходной заготовки  $f_{п.исх} = 2Ab$  увеличивалась до значения  $f_{п.кв} = 4A^2$ . Затем производилась замена площади квадратной заготовки  $f_{п.кв} = 4A^2$  на равновеликую площадь круга  $f_{кр} = \pi D^2/4$  (см. рис) [2].

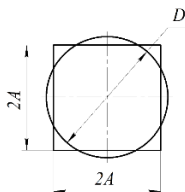


Рис. Форма равновеликих площадей квадратной и круглой заготовок при переходе к осесимметричной деформации [2]

В результате предложенной замены были получены зависимости для расчета усилия необходимого для скоростного выдавливания осесимметричного дорожного резца [2].

Полученные зависимости имеют следующий вид [2]

$$P_{п.р.с} = \frac{1,57D^2M \left\{ k \left[ F_{1,опт}(\alpha, \lambda_1, \mu) + 2\mu h_p \frac{\lambda_1^2 + 1}{0,443D} \right] + \rho v_0^2 F_{2,опт}(\alpha, \lambda_1) \right\}}{M - 0,348D^3 \rho \left( F_{3,опт}(\alpha, \lambda_1) + h_p \frac{\lambda_1^2}{0,443D} + \frac{l_{п.б} \rho_{п.б}}{0,443D\rho} \right)} \quad (1)$$

$$P_{п1.с} = \frac{1,57D^2M \left\{ k \left[ F_{4,опт}(\beta, \lambda_2, \mu) + 2\mu \left( \frac{L_{зар'} - h_1}{0,443D} + h_1 \frac{\lambda_2^2}{0,443D} \right) \right] + \rho v_0^2 F_{5,опт}(\beta, \lambda_2) \right\}}{M + 0,348D^3 \rho \left( F_{6,опт}(\alpha, \beta, \lambda_1, \lambda_2) + \frac{L_{зар'} - h_1}{0,443D} + h_1 \frac{\lambda_1^2}{0,443D} + \frac{l_{п.б} \rho_{п.б}}{0,443D\rho} - \frac{h_p}{0,443D} \right)} \quad (2)$$

$$P_{п2.с} = \frac{1,57D^2M \left\{ k \left[ F_{4,опт}(\beta, \lambda_2, \mu) + 2\mu \left( \frac{L_{зар'} - h_1 - h_2}{0,443D} + h_2 \frac{\lambda_2^2}{0,443D} \right) \right] + \rho v_0^2 F_{5,опт}(\beta, \lambda_2) \right\}}{M + 0,348D^3 \rho \left( F_{6,опт}(\alpha, \beta, \lambda_1, \lambda_2) + \frac{L_{зар'} - h_1 - h_2}{0,443D} + h_2 \frac{\lambda_1^2}{0,443D} + \frac{l_{п.б} \rho_{п.б}}{0,443D\rho} - \frac{h_p}{0,443D} \right)} + \frac{1,57D^2M \left\{ k \left[ F_{7,опт}(\gamma, \lambda_3, \mu) + 2\mu \left( h_2 \frac{\lambda_2^2(\lambda_3^2 + 1)}{0,443D} \right) \right] + \rho v_0^2 F_{8,опт}(\gamma, \lambda_2, \lambda_3) \right\}}{M + 0,348D^3 \rho \left( F_{9,опт}(\gamma, \lambda_3) + h_2 \frac{\lambda_2^2(\lambda_3^2 + 1)}{0,443D} \right)} \quad (3)$$

где  $P_{п.р.}$ ,  $P_{п1}$ ,  $P_{п2}$  – усилия, воспринимаемые пуансоном;  $h_p$ ,  $h_1$ ,  $h_2$  – пути деформирования на стадии разгона, первом и втором этапах стадии торможения соответственно;  $D$  – диаметр равновеликого круга осесимметричной заготовки;  $L_{зар'}$  – длина заготовки;  $A$  и  $b$  – геометрические размеры (высота и ширина) заготовки, пуансона и промежуточного бойка;  $M$  – масса пуансона;  $k$  – пластическая постоянная;  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  – коэффициенты вытяжек;  $\mu$  – коэффициент контактного трения;  $v_0$  – начальная скорость пуансона;  $\rho$  – плотность заготовки;  $l_{п.б}$  – длина промежуточного бойка;  $\rho_{п.б}$  – плотность промежуточного бойка;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – углы матричной полости;  $F_{1,опт}$ ,  $F_{9,опт}$  – функционалы усилий выдавливания, определяемые в зависимости от условий деформирования.

Полученные математические зависимости (1)–(3) для определения усилия при скоростном, комбинированном выдавливании биметаллических дорожных резцов в условиях осесимметричной деформации могут быть рекомендованы для расчета энергосиловых параметров при промышленной реализации технологии скоростного, комбинированного выдавливания биметаллических дорожных резцов [2].

## Литература

1. Быков, К. Ю. Силовой режим скоростного комбинированного выдавливания плоских биметаллических дорожных резцов / К. Ю. Быков, И. В. Качанов, И. М. Шаталов // Наука и техника. 2021. Т. 20, № 4. С. 287–295. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-4-287-295>.

2. Быков, К. Ю. Силовой режим осесимметричного скоростного комбинированного выдавливания биметаллических дорожных резцов / К. Ю. Быков, И. В. Качанов, И. М. Шаталов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2021. – Т. 66, № 4. – С. 411–419. <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2021-66-4-411-419>.

УДК 62-757.73

### **Иновационная технология реверсивно-струйной очистки (РСО) металлических поверхностей гребных винтов от коррозии**

Качанов И. В.<sup>1</sup>, Ковалевич В. С.<sup>1</sup>, Шаталов И. М.<sup>1</sup>, Филипчик А. В.<sup>2</sup>,  
Кособуцкий А. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»  
Государственного учреждения образования «Университет гражданской  
защиты» Министерства по чрезвычайным ситуациям  
д. Светлая Роща, Республика Беларусь

*Приведены результаты исследований по очистке металлической поверхности гребного винта от коррозии с использованием технологии струйной гидроабразивной обработки с применением бентонитовой глины. Установлено наличие защитного пленочного покрытия, сформированного в процессе обработки струйной ГАО.*

Гребной винт имеющий износ от биологической и химической коррозии основного металла не может обладать проектными качествами, что приводит к потере ходкости судна, а следовательно, снижению КПД импульсивного комплекса и повышенному расходу топлива.

Установлено, что весьма эффективно для борьбы с коррозией гребного винта может быть использована технология реверсивно-струйной очистки (РСО), обеспечивающая наряду с очисткой, формирование защитного пленочного покрытия с достаточно высокой адгезионной прочностью.

Для экспериментального исследования, а также для оценки практической применимости новой технологии РСО в качестве образца был выбран