

5. Инструкция по настройке «Контроллер КТУ»: утв. М-вом образ. Респ. Беларусь 10.11.2008. – Минск: БНТУ, 2008. – 7 с.
6. Микровертушка гидрометрическая ГМЦМ-1 (КК 001.00.00.00.000ПС). Руководство по эксплуатации. Свид. об утв. типа РФ RU.C.28.001.A №34138, 2014. – 10 с.
7. Пустошный, А.В. Экспериментальные исследования и проектные проработки по применению воздушных каверн на судах смешанного плавания / А.В. Пустошный, А.В. Сверчков, Ю.Н. Горбачев. – Труды «ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова», вып. 69 (353), 2012.
8. Горбачев, Ю.Н. Как доступными средствами повысить энергоэффективность и экологическую безопасность речного флота / Ю.Н. Горбачев, А.С. Буянов, А.В. Сверчков. – Ж. «Речной транспорт», № 6, 2014.
9. Технология воздушной каверны [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://korabley.net/> (дата обращения – 15.10.19).
10. Войткунский Я.И. Сопротивление движению судов / Я.И. Войткунский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1988. – 288 с.
11. Богданов Б.В. Проектирование толкаемых составов и составных судов / Б.В. Богданов, Г.А. Алчуджан, В.Б. Жинкин. – Л.: Судостроение, 1981. – 224 с.
12. Веледницкий И.О. Сопротивление воды движению толкаемых составов / И.О. Веледницкий. – М.: Транспорт, 1965. – 118 с.
13. Лесюков В.А. Расчет скоростей движения речных составов / В.А. Лесюков. – Новосибирск, кн. Изд-во, 1955. – 54 с.
14. Павленко В.Г. Сопротивление воды движению судов / В.Г. Павленко. – М.: Морской транспорт, 1956. – 508 с.
15. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов. – 8-е изд., перераб. М.: Наука, 1977. – 440 с.

**УДК 531.781.2**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СКОРОСТНОГО  
ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РЕЗЦОВ,  
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ СНЯТИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО  
ПОКРЫТИЯ**

Лаппо С.А., Ковалёнок Н.А.

*Научный руководители: д.т.н., проф., Качанов И.В., ст. преподаватель  
Ленкевич С.А.*

Современная транспортная система Республики Беларусь постоянно наращивает объемы грузоперевозок, в связи с чем увеличиваются объемы дорожно-строительных и ремонтных работ (в 2 и более раз ежегодно), которые для достижения экономической эффективности требуют использования

современных инновационных технологий строительства и ремонта автомобильных дорог.

В современной общеевропейской и мировой практике ремонтно-строительных дорожных работ широко используются дорожные фрезы различных конструкций. Основным рабочим элементом дорожной фрезы, определяющим качество выполненных работ, является резец.

В настоящее время изготовление дорожного резца – это продукт сложной специальной технологии и имеет ряд особенностей. Одна из них – пайка твердосплавного наконечника к стальному корпусу резца. Наиболее общей причиной преждевременного выхода из строя резцов является низкая технологическая прочность паяного соединения твердосплавного наконечника. При фрезеровании дорожного покрытия происходит значительный разогрев резца и из-за разных коэффициентов теплового расширения стали и твердого сплава возникающие напряжения стремятся разорвать инструмент в области пайки.

В этой связи большими потенциальными возможностями обладают технологические процессы, основанные на новых принципах изготовления резцов с получением неразъемного биметаллического соединения твердосплавного наконечника и стального корпуса резца путем горячего комбинированного выдавливания составных заготовок [1].

**Объект исследования** является технология получения дорожных резцов методом скоростного горячего выдавливания.

Предмет исследования – резцы для снятия асфальтобетонного полотна.

Цель работы – разработать физико-математическую модель скоростного горячего комбинированного выдавливания биметаллических дорожных резцов.

В результате выполненной работы были проведены аналитические исследования марок материалов для изготовления дорожных резцов, а также разработана математическая модель для расчета силового воздействия на пуансон в процессе скоростного, комбинированного, горячего выдавливания биметаллических дорожных резцов в условиях плоской деформации.

По результатам выполненной научно-исследовательской можно сделать следующие выводы:

1. Существующая технология холодного фрезерования дорожного полотна позволяет без разогрева фрезеровать дорожное покрытие для планирования, придания нужной текстуры для лучшего сцепления. К тому же

удаленное дорожное покрытие можно использовать для вторичной переработки на асфальтобетонных заводах.

2. Рабочие органы – резцы для холодного фрезерования дорожного полотна подвергаются значительному износу и процесс замены занимает немало времени, поэтому постоянно ведется поиск решений по увеличению срока службы этих деталей, что говорит об актуальности новых способов их изготовления.

3. Для получения резцов для дорожных машин целесообразно в качестве хвостовой части использовать недорогую конструкционную легированную сталь, такую как 40Х и 5ХНМ, а в качестве корпуса высоколегированные штамповые стали – Р6М5, 5ХЗВЗМФС (ДИ 23), Р18, а для наконечника вольфрамкобальтовые сплавы ВК.

4. Разработана методика расчета усилия, действующего на пуансон на каждой стадии процесса пластического течения биметаллической заготовки в матричную полость с тремя очагами деформации. В ходе решения задачи в квазистатической постановке и исходя из условий минимальной мощности внутренних сил получены уравнения для расчета оптимальных параметров поля  $\alpha_{opt}$ ,  $\beta_{opt}$ ,  $\gamma_{opt}$ , зависящих от коэффициентов вытяжки  $\lambda$  и коэффициента трения  $\mu$ . Уравнения, полученные в рамках разработанной модели, являются достаточно корректными, так как позволяют определять минимальное усилие, действующее на пуансон.

5. Результаты работы предполагается внедрить на предприятиях дорожной отрасли Республики Беларусь.

6. Работа выполнялась в рамках Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Материаловедение, новые материалы и технологии» на 2021–2023 годы, подпрограмма «Многофункциональные и композиционные материалы». Задание 4.1.20 «Разработка импортозамещающей технологии комбинированного выдавливания резцов для снятия нежестких дорожных покрытий» (№ гос. регистрации 20212083).

7. Разработанная на кафедре ГЭСВТГ технология скоростного горячего выдавливания биметаллических дорожных резцов прошла предварительную апробацию в 2017–2020 годах на дорогах Республики Беларусь.

Результаты работы предполагается внедрить на предприятиях дорожной отрасли Республики Беларусь.

Работа выполнялась в рамках Государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Материаловедение, новые материалы и технологии» на 2021–2023 годы, подпрограмма «Многофункциональные и композиционные материалы». Задание 4.1.20 «Разработка

импортозамещающей технологии комбинированного выдавливания резцов для снятия нежестких дорожных покрытий» (№ гос. регистрации 20212083).

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Качанов И.В. Технология изготовления резцов для дорожных машин / И.В. Качанов, И.М. Шаталов, А.А. Рубченя, К.Ю. Быков // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Proceedings of academic science – 2017, August 30 – September 7, 2017: Sheffield. Science and education LTD. – Volume 4. – № 9. – P. 24–29.

**УДК 669:620.197**

### **ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ (РСО) СУДОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ КОРРОЗИИ**

Ковалёнок Н.А., Денисов В.А.

*Научный руководители: д.т.н., проф., Качанов И.В., ст. преподаватель  
Шаталов И.М.*

Одним из направлений повышения производительности и улучшения условий труда при очистке корпусов судов от коррозии на предприятиях водного транспорта РБ является использование метода гидроабразивной очистки (ГАО). Процесс очистки состоит в эрозионном воздействии высокоскоростной водяной струи и твердых абразивных частиц на обрабатываемый материал, требующий больших затрат энергии. Вода при этом выполняет лишь функцию носителя. В основе гидроабразивного метода, широко используемого в последнее время, лежит комбинированный механизм очистки, хрупкого и усталостного разрушения и местного оплавления. Обработка осуществляется за счет определенного количества отдельных «съёмов» материала, вызываемых ударением в него твердых частиц. Скорость процесса эрозии зависит от кинетической энергии формы частиц, угла атаки потока, механических свойств очищаемого материала. Сущность метода состоит в том, что в рабочую зону очистки под большим давлением подают водно-песчаную смесь (пульпу). В аппаратах ГАО интенсивное смешивание песка с водой происходит в смесительном сопле. Для предотвращения интенсивного окисления очищаемой поверхности на завершающей стадии процесса в рабочую жидкость добавляют (до 2 % по объему) антикоррозийный раствор. Производительность ГАО до чистого металла может составлять до 45÷60 м<sup>2</sup>/час.