

осуществляться по радиоканалу.

Наличие системы дистанционного управления лафетным стволом 4 дает возможность оператору, не покидая кабины форвардера, устанавливать направление струи огнетушащей жидкости в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также угол распыления жидкости.

Выводы. Применение предлагаемой установки для пожаротушения на базе форвардера «АМКОДОР» позволит повысить эффективность управления работой пожарного оборудования и обеспечить безопасность работы оператора.

*Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках реализации Программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, финансируемой Правительством Республики Карелия (код научной темы – КГРК-23/23).*

#### **Список использованных источников**

1. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2021 году / Министерство природных ресурсов и экологии РК; Редакционная коллегия: А.Н. Громцев (главный редактор), О.Л. Кузнецов, Е.А. Курило, Е.Г. Полина. Петрозаводск, 2022. 263 с.
2. ГОСТ Р 51115-97. Техника пожарная. Стволы пожарные лафетные. Общие технические требования. Методы испытаний. Москва: ИПК Издательство стандартов, 1998. 15 с.
3. Воробьев Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов; Ю.Л. Воробьева. Москва: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. 312 с.
4. Григорьев А.Н., Гундар С.В., Денисов А.Н. Управление силами и средствами при тушении пожаров (тушение лесных пожаров силами ФПС МЧС России): Монография. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2014. 139 с.

УДК 621.785.532

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА И КОРРОЗИИ**

### **PROSPECTS FOR INCREASING THE DURABILITY OF PARTS OF FOREST MACHINES OPERATING UNDER CONDITIONS OF INTENSE WEAR AND CORROSION**

**Сурус А.И., Блохин А.В., Лось А.М., Ярмолик С.В.**

*(Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь)*

**Surus A.I., Blakhin A.V., Los A.M., Yarmolik S.V.**

*(Belarusian state technological university, Minsk, The Republic of Belarus)*

*В работе получены зависимости износостойкости и коррозионной стойкости от технологических параметров процесса упрочнения карбонитрацией. Исследованиям подвергались образцы из среднеуглеродистой стали типа сталь 40. Рассмотрено влияние высокочастотных механических колебаний, использованных при поверхностном упрочнении. Дана оценка возможности применения предлагаемой методики упрочнения для повышения долговечности деталей лесных машин, работающих в условиях повышенного износа и коррозии.*

*In the work, the dependences of wear resistance and corrosion resistance on the technological parameters of the carbonitration hardening process are obtained. Samples of medium-carbon steel of the steel 40 type were subjected to research. The influence of high-frequency mechanical vibrations used in surface hardening is considered. The assessment of the possibility of applying the proposed hardening technique to increase the durability of parts of forest machines operating under conditions of increased wear and corrosion is given.*

**Ключевые слова:** машина, деталь, упрочнение, износ, коррозия, колебания

**Keywords:** machine, part, hardening, wear, corrosion, vibrations

**Введение.** Долговечность деталей лесных машин, дереворежущих инструментов и оснастки в большей мере определяются качеством их поверхностного слоя, поскольку именно поверхностные слои находятся в сложном напряженном состоянии, подвергаются действию максимальных напряжений и воздействию окружающей среды. В связи с этим одной из задач увеличения долговечности таких объектов является повышение эксплуатационных характеристик поверхностных слоев материала, из которого они изготавливаются.

Данная задача решается путем повышения пределов прочности, поверхностной твердости, глубины упрочненного слоя в результате применения различных методов поверхностного упрочнения.

Надо понимать, что одной из причин ускоренного выхода из строя деталей машин, механизмов и технологической оснастки, работающих в сложных атмосферных условиях, является коррозия и износ, а очаги коррозии, возникающие в при простое машин, вызывают последующий интенсивный износ поверхностей трения. Если говорить о машинах, работающих на лесозаготовках, перечень таких деталей не ограничивается деталями, работающими в сопряжениях. Таким явлениям подвергаются изделия, непосредственно соприкасающиеся в процессе работы с растительностью (толкатели бревен, трелевочные захваты и т.д.), почвой (рыхлители).

Важнейшей характеристикой, определяющей качество поверхностей, работающих в условиях истирания, является износостойкость, а коррозионные процессы существенно усиливают износ за счет изменения механизма изнашивания (механическое изнашивание заменяется коррозионно-механическим).

Одним из методов снижения износа и коррозии поверхностей трения деталей, работающих в условиях сочетания агрессивных сред и контактных нагрузок является азотирование и карбонитрация [1]. Недостатком такого метода является малая толщина упрочненного слоя, а так же поверхностной твердости.

Одним из способов повышения эффективности процесса упрочнения и качества упрочненного слоя методом карбонитрации является его интенсификация [2-3]. Целью настоящей работы является показать возможность повышения износостойкости и коррозионной стойкости упрочняемых поверхностей деталей и оснастки, работающих одновременно в условиях повышенного износа и коррозии, путем введения высокочастотных механических колебаний в насыщающий расплав при жидкостной карбонитрации.

Исследования износостойкости проводились на образцах, изготовленных из стали 40. Образцы подвергались поверхностному упрочнению по различным схемам: без введения в расплав колебаний и с введением колебаний частотой 9 и

18 кГц при температуре 848 °К и времени обработки от 0,5 до 5 часов. Геометрически образцы представляли из себя прямоугольные параллелепипеды с размерами 10x10x25 мм. До обработки предлагаемым методом все образцы подвергались улучшению.

Исследования проводились при возвратно-поступательном движении трущихся поверхностей в режиме полусухого трения (смазочный материал – индустриальное масло И20). Величина износа определялась по абсолютной потере массы ( $\pm 0,5$  мг) после прохождения пути трения 5000 м.

Для исследования коррозионной стойкости образцы изготавливались в форме прутков цилиндрической формы диаметром 6 мм и подвергались поверхностному упрочнению при температуре 828 °К и 848 °К и времени выдержки 2,5 часа. При исследованиях фиксировалась потеря массы образцов ( $\Delta m$ ) после выдержки их в течение 24 ч в 7%-ном водном растворе  $H_2SO_4$ .

Полученные кинетические кривые износа образцов качественно не противоречат общепринятым представлениям износа деталей машин, работающих в условиях интенсивного истирания. Для кривой 1, полученной при упрочнении без использования колебаний, характерно наличие трех основных участков, соответствующих основным стадиям развития процесса изнашивания и разрушения поверхностного слоя образцов. На первом этапе (приблизительно до 15-20 км пробега), соответствующем периоду приработки, наблюдается более интенсивное изнашивание поверхностного слоя с потерей массы превышающей 50% за весь период испытаний.

На следующей стадии (от 20 до 40 км пробега), соответствующей установившемуся износу, потеря массы минимальна (величина  $\Delta m$  изменяется от 65 до 80 мг). На заключительном участке кривой изнашивания отмечается существенное ускорение процесса разрушения поверхности.

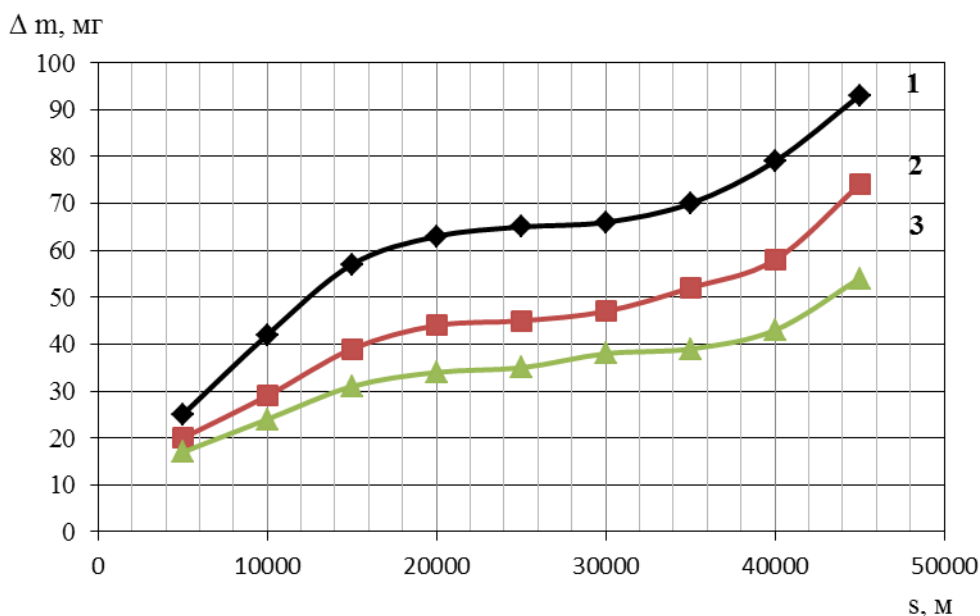


Рисунок 1 - Потеря массы образцов из стали 40: 1 – без введения колебаний, 2 – с введением колебаний с частотой 9 кГц, 3 – с введением колебаний с частотой 18 кГц

Результаты испытания образцов, обработанных с введением энергии колебаний, показывают существенное снижение износа (рис 1). Кривые износа сохраняют характер классической зависимости, полученной ранее для обработки без колебаний. Однако потеря массы на пути трения до 20 км в 1,9-2,1 раза ниже. Более длинным является участок установившегося износа. Таким образом на основании приведенных результатов можно сделать вывод о том, что применение колебаний способствует получению упрочненного слоя работоспособного в течение длительного периода его эксплуатации.

В результате исследования влияния режимов упрочнения на коррозию образцов (рис. 2) было установлено, что даже непродолжительная обработка в течение 0,5-1 ч значительно снижает потери массы образцов по сравнению с образцами, не проходившими диффузионного насыщения. По мере возрастания времени обработки до 2 ч потери массы снижаются. Дальнейшее повышение времени выдержки свыше 3 часов величина  $\Delta m$  постепенно возрастает, что объясняется образованием более рыхлого карбонитридного слоя. В меньшей мере разрыхление слоя и коагуляция карбидов и нитридов характерны для температуры 828°K, поэтому при превышении времени обработки свыше 4 часов величина  $\Delta m$  в этом случае меньше. Введение в расплав колебаний частотой 18 кГц, позволило существенно повысить коррозионную стойкость при всех временных режимах обработки, что связано с образованием карбонитридного слоя повышенной плотности. Снижение потерь массы достигало 50%.

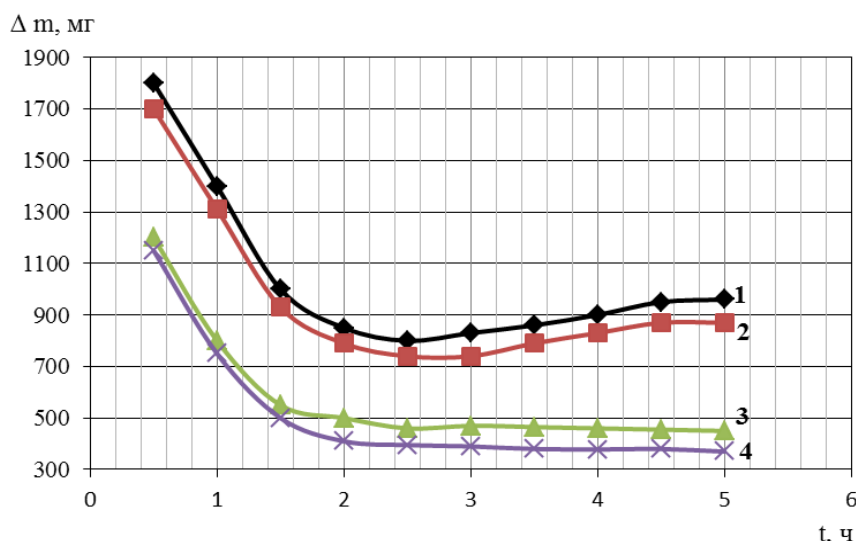


Рисунок 2 - Потеря массы образцов из стали 40 при воздействии 7%-ого водного раствора  $H_2SO_4$  в зависимости от времени обработки: 1, 2 - обработка без использования колебаний; 3,4 - обработка с введением в расплав колебаний (частота 18 кГц); 1, 3 - температура насыщения 828°K; 2, 4 - температура насыщения 848°K

Таким образом, было установлено, что введение дополнительной энергии знакопеременных механических колебаний высокой частоты в расплав позволило существенно повысить коррозионную стойкость и износостойкость образцов, изготовленных из стали 40, что позволяет обеспечить существенное повышение эксплуатационного ресурса деталей и оснастки, работающих в условиях воздействия окружающей среды и интенсивного износа.

#### Список использованных источников.

1. Прокошкин Д.А. Химико-термическая обработка металлов – карбонитрация. М.: Металлургия, 1984. 240 с.
2. Довгялло И.Г., Каледин Б.А., Сурус А.И. Влияние механических колебаний на качество диффузионного слоя при низкотемпературной карбонитрации // Труды БГТУ. Вып.8. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. Мн., 2000. С.207-213.
3. Бельский С.Е., Сурус А.И. Влияние высокочастотных механических колебаний при поверхностном упрочнении на формирование и структуру упрочненных слоев конструкционных сталей // Литье и металлургия. 2003. Мн. №2. С.124–127.

УДК 674.81

## ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ СВОЙСТВ ОТТАИВАЮЩЕГО ПОЧВОГРУНТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ТРЕЛЕВОЧНОГО ВОЛОКА НА СКЛОНЕ

### INFLUENCE OF THE ANISOTROPY OF THE PROPERTIES OF THE THAWING SOIL ON THE STABILITY OF THE SLIDER ON THE SLOPE

**Шапиро В.Я.**

*(Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова, г.Санкт-Петербург, РФ)*

**Shapiro V.Ya.**

*(St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia)*

*Работа посвящена оценке влияния анизотропии свойств оттаивающего почвогрунта – сцепления и угла внутреннего трения- на устойчивость краевой части массива в пределах границ трелевочного волока на склоне.*

*The work is devoted to assessing the influence of the anisotropy of the properties of the thawing soil - adhesion and the angle of internal friction - on the stability of the edge part of the massif within the boundaries of the skid trail on the slope.*

**Ключевые слова:** *анизотропия свойств, оттаивающий почвогрунт, трелевочный волок, угол наклона поверхностей склона, угол наклона поверхности анизотропии*

**Key words:** *anisotropy of properties, thawing soil, skid trail, angle of inclination of slope surfaces, angle of inclination of anisotropy surface*

При лесозаготовках на склонах оттаивающего почвогрунта вблизи с границей вечной мерзлоты реализуется особый механизм деформирования краевой части массива под действием трелевочной системы.

Особенность заключается в том, что в силу водонепроницаемости указанной границы массив почвогрунта на отдельных участках трелевочного волока характеризуется различным показателем влажности ( $W, \%$ ).

Следствием указанной дифференциации состояния отдельных участков массива является изменение таких параметров его прочности как величина сцепления  $C$  и угол внутреннего трения  $\varphi$  [1-2].

В частности, для суглинков установлено, при рост влажности в нижней части склона до 32-36% по сравнению с данным показателем в верхней части ( $W=24-28\%$ ) обуславливает снижение величины  $C$  в 2-3 раза и угла  $\varphi$  на 35-40%.