

Рисунок 3 — Увеличение длины зоны захвата клубней от  $AB$  (а) до  $A'B'$  (б)

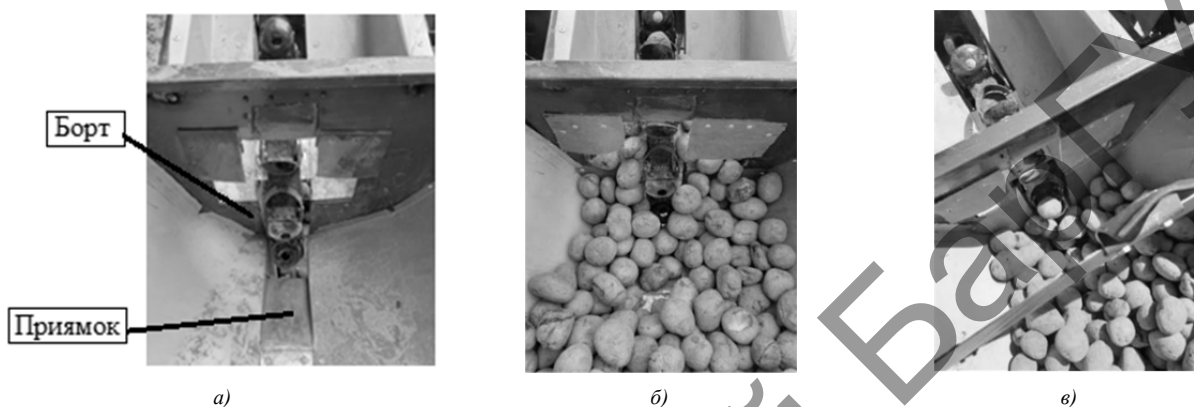


Рисунок 4 — Оптимизация конструкции роторно-ложечного высаживающего аппарата: бункер с бортом и приямком (а); бункер, заполненный поврежденным картофелем (б); подача картофеля с помощью шибера (в)

**Заключение.** Роторно-ложечные картофелесажалки перспективны ввиду их простоты и меньшей металлоемкости по сравнению с другими типами картофелесажалок. В связи с этим представляются актуальными дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования роторно-ложечных картофелесажалок в целях оптимизации их конструктивно-технологических параметров.

#### Список цитируемых источников

1. Вабищевич, А. Г. Роторная картофелесажалка для подсобных хозяйств / А. Г. Вабищевич, М. А. Прищепов, Н. Д. Янцов // Агронаворама. — 2015. — № 5. — С. 46—48.

УДК 621.785

И. А. Горавский, А. Н. Жигалов, Т. В. Дейхина

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ НА СТОЙКОСТЬ ОСЕВОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5

**Введение.** В настоящее время режущий инструмент из быстрорежущей стали широко применяется в современном машиностроении для обработки различных поверхностей из различных металлов. Основным недостатком всех инструментов из быстрорежущих сталей является высокая стоимость легирующих элементов. Поэтому повышение времени работы инструмента между переточками, а значит, увеличение срока службы с помощью различных методов упрочнения является приоритетной задачей для будущей промышленности.

**Основная часть.** Одним из таких методов является метод упрочнения волнами звуковой частоты. Сущность метода заключается в воздействии на инструмент из быстрорежущей стали, помещенный в специальный контейнер, звуковых частот, которые образуются путем пропускания воздуха под давлением через специальное щелевое сопло. Метод получил название аэродинамического звукового упрочнения.

К категории быстрорежущих сталей относят сплавы, химический состав которых дополнен рядом легирующих добавок. Благодаря таким добавкам сталям придают свойства, позволяющие использовать их для

производства режущего инструмента, способного эффективно работать на высоких скоростях. Быстрорежущие стали обладают мелкозернистой внутренней структурой, в кристаллической решетке которой имеются различные дефекты. На исправление этих дефектов и направлен метод аэродинамического звукового упрочнения.

Механизм аэродинамического звукового упрочнения инструмента из быстрорежущих сталей отличается от известных тем, что необходимый уровень энергии, способной произвести смещение атомов кристаллических решеток быстрорежущего сплава из положения равновесия за счет увеличения колебания атомов кристаллической решетки, обеспечивается предварительным нагревом упрочняемой быстрорежущей стали до температуры, равной 10...30 % температуры плавления, и воздействием на неё акустических волн от резонансной амплитуды вынужденных колебаний на звуковых частотах, образованных от колебаний двух параллельно расположенных поверхностей резонатора под действием воздушного потока, а сохранение созданного за счет самоорганизационных процессов равновесного состояния кристаллических решеток и дислокационных структур достигается старением, что позволяет повышать стойкость быстрорежущих сталей работающих при прерывистом резании с ударными нагрузками [1].

Упругие волны оказывают влияние на изменение структурного состояния кристаллических решеток и распространение дислокаций в твердом теле. Особенно существенна роль упругих волн на дислокации при распространении их в деформируемом или циклически нагружаемом теле.

Свойства поликристаллических тел тесно связаны с плотностью дислокаций (размерами области искажений кристаллической решетки в окрестности дислокаций), подвижностью, степенью взаимодействия с дефектами решетки, получение бездислокационных кристаллов приводит к резкому повышению прочности материалов. При увеличении количества дислокаций прочность резко снижается, так как на несколько порядков уменьшаются усилия, необходимые для осуществления сдвигов в зернах материала при его деформировании и разрушении [2].

Особенностью процесса фрезерования является, то что зуб фрезы находится в контакте с заготовкой за один оборот очень малое время. Поэтому происходит быстрый нагрев и охлаждение зуба, что приводит к его тепловому удару, что отрицательно влияет на стойкость фрезы. Сечение срезаемого слоя при фрезеровании постоянно изменяется, поэтому и изменяются и силы резания, возникают вибрации технологической системы. Зуб фрезы, врезаясь в заготовку, получает ударные нагрузки, что приводит к повышенному его износу.

Для исследования влияния частоты внешнего воздействия при упрочнении методом аэродинамического звукового упрочнения на стойкость осевого фрезерного инструмента из быстрорежущей стали были обработаны в течении 200 с на частотах 148 Гц два образца фрез из быстрорежущей стали Р6М5 с 5 режущими зубьями диаметром 12 мм, с предварительным нагревом их до 260 °С и выдержкой при такой температуре в нагревательной печи 60 мин.

Затем тремя концевыми фрезами из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 12 мм, двумя упрочненными методом аэродинамического звукового упрочнения и одной стандартной неупрочненной фрезой производили фрезерование образцов размеров 20 × 100 мм из стали 45 на фрезерном станке модели 675 на режимах: скорость резания — 15,072 м / мин, подача на зуб — 0,032 мм / зуб, глубина резания — 1,0 мм, подача стола — 64 мм / мин, ширина фрезерования — 5 мм. По истечении 10—15 мин обработки на фрезах замеряли величину износа по задней поверхности  $h_3$  с помощью электронного микроскопа. Результаты представлены на рисунке 1.

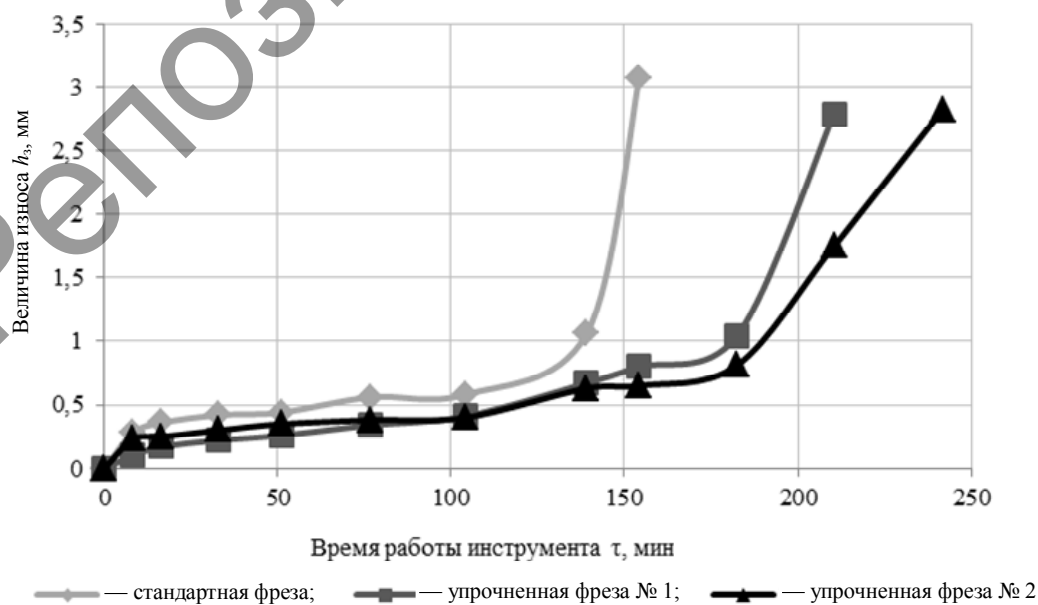


Рисунок 1 — График величины износа по задней поверхности

Как видно из рисунка, величина износа зубьев по задней поверхности стандартной фрезы существенно зависит от времени работы инструмента.

При появлении износа по задней поверхности, равного  $h_3 = 0,8$  мм, происходит процесс резкого роста износа инструмента за короткий период времени. Кривые износа зубьев упрочненных фрез № 1 и № 2 очень похожи между собой, а различия между ними можно оправдать отклонениями в первоначальной заточке зубьев.

**Заключение.** Проведены исследования по изучению влияния аэродинамического звукового упрочнения на стойкость осевого фрезерного инструмента из быстрорежущей стали Р6М5, которые показали, что метод аэродинамического звукового упрочнения позволяет уменьшить количество дислокаций и увеличить время работы инструмента из быстрорежущих сталей между переточками примерно на 58 %.

#### Список цитируемых источников

1. Жигалов, А. Н. Теоретические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания : монография / А. Н. Жигалов, В. К. Шелег. — Могилев : МГУП, 2019. — 213 с.
2. Материаловедение : учеб. пособие / Л. В. Тарасенко [и др.] ; под ред. Л. В. Тарасенко. — М. : ИНФРА-М, 2013. — 472 с.

УДК 622.691

Ж. А. Даев<sup>1</sup>, Г. Е. Шопанова<sup>2</sup>, Н. З. Султанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Актюбинский университет имени С. Башиева, Актюбе, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Российская Федерация

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКИХ МЕТОДОВ

**Введение.** Одним из наиболее важных источников ископаемой энергии является природный газ, который относительно легко перерабатывается, транспортируется, распределяется для его потребителей. Результаты последних исследований говорят, что уровень добычи и потребления природного газа неуклонно растет, а доля его потребления среди всех ископаемых источников энергии не уменьшится, составляя на данный момент 24 % среди остальных ископаемых энергоресурсов [1]. Темп потребления природного газа в ближайшие десятилетия будет только увеличиваться [1; 2] и достигнет 4 миллиардов кубических метров. Поэтому приобретают актуальность задачи, связанные с совершенствованием процессов транспорта и доставки природного газа.

Развитие газовой промышленности сопровождается постоянным возрастанием потребления газа производственными и коммунально-бытовыми объектами в городах и прочих населенных пунктах. При реализации снабжения газом населенных пунктов и промышленных предприятий от магистральных газопроводов сооружают газопроводы-отводы. По ним газ поступает на газораспределительные станции (далее — ГРС). Одним из основных назначений ГРС является снижение давления природного газа и поддержание его на требуемом уровне. На протяжении последних нескольких лет в связи с ростом темпов газификации и активным проведением программ по реконструкции и модернизации газовых сетей по всему миру концепция бесперебойной подачи газа потребителю приобретает особую актуальность. Это связано со значительными финансовыми, временными затратами, а также трудозатратами, связанными с пуском газа при возникновении аварии на газорегуляторном блоке ГРС. С другой стороны, системы газоснабжения промышленных предприятий требуют бесперебойную подачу газа для выполнения технологических процессов [3].

Современные ГРС оснащают свои узлы редуцирования различными регуляторами давления, которые работают по определенным схемам. Они обеспечивают бесперебойную и надежную поставку природного газа потребителям. Схемы редуцирования газа могут быть одноступенчатыми либо многоступенчатыми. В случае одноступенчатого редуцирования давления природного газа применяют регуляторы газа прямого типа, которые резервируются так называемым регулятором-монитором, который обеспечивает дополнительную надежность при выходе из строя основного регулятора давления. Другой распространенной схемой редуцирования давления газа является применение резервных линий редуцирования, где имеются две параллельные линии редуцирования, на которых находится по одному основному регулятору и одному регуля-