

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Политехнический институт



Современные технологии: проблемы и перспективы

Сборник статей
Всероссийской научно-практической конференции
для аспирантов, студентов и молодых ученых
20 - 23 мая 2019 года



Севастополь, 2019

УДК 621+629+656+664+006+636

ББК 3

Организаторы конференции:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Политехнический институт
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им И. Н. Ульянова»

Редакционная коллегия:

С.М. Братан, *д-р. техн. наук, проф.* – *председатель*;
В.И. Головин, *канд. техн. наук, проф.* – *сопредседатель*;
Н.И. Покинтелица, *д-р. техн. наук, проф.*; **А.А. Ветрогон**, *канд. техн. наук*;
В.И. Пахалюк, *канд. техн. наук*; **Е.А. Емченко**, *канд. техн. наук*;
Л.А. Ничкова, *канд. техн. наук*; **С.Е. Сазонов**, *канд. техн. наук*.

Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных (20 - 23 мая 2019 г.) / Главный ред. к. т. н., PhD, доц. О.В. Мухина. – Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2019. - 254 с.

Публикуется по решению оргкомитета Всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных, проведенной 20-23 мая 2019 г. в ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь (приказ №258-п от 20.02.2019).

Материалы публикуются в авторской редакции.

В сборнике представлены результаты научно-исследовательской работы аспирантов, студентов и молодых учёных по проблемам современных технологий. Сборник предназначен всем, специализирующимся в областях:

- 1) Высокие технологии машиностроения;
- 2) Современные направления развития транспорта и транспортных технологий;
- 3) Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность;
- 4) Метрология, стандартизация и управление в технических системах;
- 5) Геометрическое проектирование и компьютерное моделирование в инженерии.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ	6
<i>Марьясова А.М., Тараховский А.Ю.</i> Анализ существующих требований к процессу сборки уплотнительных соединений с резиновым уплотнительным кольцом	6
<i>Андрющенко С.А., Ростовцев П.А., Рощупкин С.И.</i> Экспериментальное исследование влияния стратегий обработки на шероховатость поверхности при фрезеровании алюминиевых сплавов концевыми фрезами	11
<i>Малышев А.В., Штин А.С., Тверяков А.М.</i> Выбор материала режущей части инструмента и режимов обработки.....	15
<i>Владимирова Ю.О., Архипов И.В., Шалунов Е.П.</i> Использование реакционного механического легирования для получения теплонапряженных изделий из жаропрочных наноструктурных материалов на металлической основе.....	18
<i>Зырянов В.А. Артамонов Е.В., Киреев В.В.</i> Расположение режущих твердосплавных пластин в сборном исходном контуре производящей рейки для червячных фрез	24
<i>Красилов С.О., Владимирова Ю.О. Шалунов Е.П.</i> Разработка технологии получения высокоресурсных подшипников скольжения коленчатого вала мощных двигателей	29
<i>Коновалов Д.А., Никифоров А.С. Купцов М.В.</i> Пути повышения эффективности плоского шлифования за счет комбинированной электроалмазной обработки	33
<i>Петров А.С., Владимирова Ю.О. Шалунов Е.П.</i> Разработка процесса получения направляющих втулок клапанов высокофорсированных двигателей внутреннего сгорания из жаро - и износостойкого медного наноструктурного материала	38
<i>Сидельников А.М., Владимирова Ю.О. Шалунов Е.П.</i> Разработка технологии получения высокоэффективных контактодержателей перспективных электроконтактных систем из медного наноструктурного материала	43
<i>Янюшкин А.Р. Мулюхин Н.В., Секлетина Л.С.</i> Исследования напряжений т твердосплавных пластин после комбинированного электроалмазного шлифования	48
<i>Леонов Е.Е., Богуцкий В.Б.</i> Информационное обеспечение для проектирования технологической оснастки с использованием Autodesk Inventor	53
<i>Звядинцева С.Ю., Александрова А.В., Каплев Д.А.</i> Компьютерное моделирование инструментов инженерного анализа	58
<i>Пянковская М.В., Новосёлов Ю.К., Богуцкий В.Б.</i> формирование требований к выбору режущего инструмента для обработки деталей тонким фрезерованием.....	62
<i>Голушов И.С., Смирнов В.М.</i> О применении конденсаторной сварки в технологии изготовления алмазных головок на наноструктурированных медных связках.....	66
<i>Дзюбаба Р.Н., Новоселов Ю.К.</i> Прогнозирование стабилизации параметров шероховатости поверхности при шлифовании	72
<i>Никифоров А.С., Рафанова О.С., Мулюхин Н.В.</i> Проблемы трещинообразования при финишной обработке высокопрочных материалов	77
<i>Седых А.А., Новиков П.А.</i> Исторические этапы изменений конструкций инструмента для обработки внутренних резьб.....	82
<i>Горбань И.С., Рычков Д.А.</i> Компьютерное моделирование схемы распределения сил при резании анизотропных материалов.....	86

Исмаилов Р.Э., Харченко А.О. Анализ конструктивных особенностей гибридной кинематики станков с механизмами параллельной структуры	90
Мерзлов А.В., Харченко А.О. Анализ особенностей формообразования внутренних резьб М2...М6.....	94
Мерзлов А.В., Харченко А.О., Харченко А.А. Разработка критерия эффективности при оптимизации структур станочных модулей	97
Тимошенко А.А., Харченко А.О. Методы и приспособления для сверления глубоких отверстий малого диаметра.....	101
Часовитина А.С., Харченко А.О. Комбинированный механизм параллельной структуры (МПС) многооперационного станка	105
Штин А.С., Артамонов Е.В., Тверяков А.М. Зависимость работоспособности токарных сборных резцов от электромагнитных свойств сменных режущих пластин из однокристаллических твердых сплавов	109
Стишковский Я.С., Чурсина Ю.А., Бохонский А.И. Энергия оптимального управления перемещением объекта	113
Никитин М.М., Неменко А.В. Управление качеством изделия при обработке металлов резанием	117

РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....

Тернова Е.А., Огрызков С.В. Адаптивный алгоритм светофорного регулирования перекрестка с обратной связью	121
Побоклов Д.А., Остренко А.Г., Харченко А.О. Повышение эксплуатационных свойств отечественных автобусов путем совершенствования системы подвески	125
Таран В.А., Соустова Л.И., Чуйко И.Ю. Определение оптимальных значений жесткости рамы карта с учетом характеристик гоночной трассы	129
Ефремовская К.Н., Крипак М.Н. Возможность применения мирового опыта развития системы общественного транспорта в городе Севастополе	133
Дружинина М.В., Усанов А.С., Ветрогон А.А. Анализ транспортной ситуации при расширении моста на ул. Пожарова г. Севастополь.....	136
Саса Д.А., Ветрогон А.А. Расчет автомобильных цистерн с применением САЕ-систем ..	141
Семеренко М.А., Огрызков С.В. Автоматизированный лабораторный пенетrometer с системой измерения на базе микрокомпьютера Arduino	145
Болотский М.А., Остренко А.Г. Применение спектрального анализа при диагностике подвески автомобиля	149
Мешков А.В. Обеспечение информационной безопасности на транспорте.....	153
Большакова М.А., Домнина А.С. Обзор современных методов утилизации шин	157
Кеян А.К., Сопин П.К. Алгоритм управления электромагнитной подвеской.....	161

РАЗДЕЛ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....

Белозуб А.В., Азаренко Е.И. Особенности мониторинга выбросов парниковых газов, обусловленных деятельностью ГУПС «Водоканал».....	168
---	-----

<i>Кириенкова И.О., Ничкова Л.А., Львов А.В.</i> Исследование качества подземных вод г. Севастополя	172
<i>Прокофьев И.В., Азаренко Е.И.</i> Организация непрерывного мониторинга загрязнения воздуха в Севастополе	176
<i>Захарова В.С., Юрченко А.С., Ничкова Л.А.</i> Антропогенная нагрузка на атмосферу при строительстве трассы Таврида	180
<i>Ляшко Т.В., Хоменко Т.Ю., Сигора Г.А.</i> Анализ качества родниковых вод Севастопольского региона	184
<i>Шевцова Ж.А., Сигора Г.А., Ничкова Л.А.</i> Оценка качества воды подземных источников города Севастополя.....	187
<i>Черкасова Ю.М., Лукьяненко И.Н., Ничкова Л.А.</i> Влияние антропогенной нагрузки на гидросферу и литосферу при строительстве трассы Таврида	191
<i>Инкулец А. И., Юрченко А.С., Ничкова Л.А.</i> Системный анализ очистки сточных вод автотранспортного предприятия	195

РАЗДЕЛ 4. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....201

<i>Шульга Е.А., Бариева Е.Ф.</i> Разработка системы наср на примере винодельческого предприятия.....	201
<i>Зырянова Т.В., Зырянова В.А., Василега Д.С.</i> Инновационная инфраструктура Тюменской области	204
<i>Зырянова Т.В., Зырянова В.А., Василега Д.С.</i> Метрология в жизни человека.....	210
<i>Барыгина Е.А., Кравцова С.Е.</i> Разработка методики внесения в реестр средств измерений Российской Федерации средств измерений, прошедших испытания в целях утверждения типа в других государствах.....	213
<i>Гусева А.В., Белая М.Н.</i> Технические условия: вчера, сегодня и завтра	216
<i>Гутовская И.В., Белая М.Н.</i> Современная концепция развития технического регулирования в сфере жилищно-коммунального хозяйства.....	220
<i>Коршунова М., Белая М.Н.</i> Разработка процедуры управления методами испытаний в аккредитованной испытательной лаборатории.....	224
<i>Шахова Е.С., Белая М.Н.</i> Оценка уровня качества органолептических показателей сахара	227
<i>Шебаниц Г.А., Белая М.Н.</i> Анализ метрологического обеспечения производства столовых вин на базе ООО «Крымский винный дом»	231
<i>Юрченко М.А., Остапенко М.С.</i> Совершенствование метрологического обеспечения	234
<i>Рыкун Т.А., Белая М.Н.</i> О концептуальной модели системы менеджмента качества органа по сертификации услуг	238
<i>Муха Т.В., Шульга Е.А., Лана М.В.</i> Стандартизация и обеспечение конкурентоспособности персонала метрологических служб	242

РАЗДЕЛ 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНЖЕНЕРИИ 248

<i>Цыганкова В.М., Бут А.Ю.</i> Геометрическая составляющая в основе моделирования физической реальности	248
--	-----

РАЗДЕЛ 1. ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.757

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЦЕССУ СБОРКИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С РЕЗИНОВЫМ УПЛОТНИТЕЛЬНЫМ КОЛЬЦОМ

А.М. Марьясова, магистр,
А.Ю. Тараховский, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Российская Федерация
e-mail: maryasovaanechka@mail.ru

Аннотация: В настоящее время проблема надежности уплотнительных узлов и соединений, содержащих в качестве уплотнителя резиновое уплотнительное кольцо, остается нерешенной, вследствие низкого уровня механизации и автоматизации технологического процесса сборки. В данной статье раскрываются специфические задачи сборки данных соединений. Рассмотрены основные причины возникновения брака при сборке уплотнительных соединений. Приведены общие требования к процессу сборки уплотнительных устройств. Определены условия деформирования уплотнительного кольца, исключающие его повреждение при сборке, и выявлены причины возникновения нежелательных остаточных деформаций. Рассчитана относительная радиальная деформация колец при установке в канавки уплотнительных соединений. Рассмотрены этапы установки уплотнительного кольца в канавку базовой детали и определен этап, оказывающий решающее влияние на надежность работы уплотнительного устройства. Определены технологические задачи сборки уплотнительных соединений с резиновым уплотнительным кольцом. Первой технологической задачей является создание необходимой сборочной деформации резинового уплотнительному кольцу. Второй технологической задачей является осуществление подачи деформированного кольца к канавке (с контактом или без контакта об уплотняемую поверхность базовой детали). Третьей технологической задачей является осуществление сопряжения кольца с канавкой (за счет упругих свойств кольца или принудительно).

Ключевые слова: уплотнительные соединения, гидропривод, канавка на уплотняемой поверхности, резиновое уплотнительное кольцо, деформация, сопряжение, технологический процесс, сборка, качество, надежность, ресурс.

ANALYSIS OF EXISTING REQUIREMENTS TO THE BUILD PROCESS OF SEALING JOINTS WITH RUBBER SEALING RING

A.M. Maryasova, master's degree,
A.Yu. Tarakhovskiy, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: Currently, the problem of reliability of sealing units and connections containing a rubber o-ring as a seal remains unresolved due to the low level of mechanization and automation of the Assembly process. This article describes the specific tasks of assembling these connections. The main causes of defects in the Assembly of sealing compounds are considered. The General requirements for the process of Assembly of sealing devices are given. The conditions of deformation of the o-rings, which excludes its damage during Assembly, and identify the causes of the occurrence of undesirable residual deformations. The relative radial deformation of the rings during installation in the grooves of sealing joints is calculated. The stages of installation of the o-ring in the groove of the base part are considered and the stage that has a decisive influence on the reliability of the sealing device is determined. The technological tasks of assembling sealing joints with

a rubber o-ring are defined. The first technological task is to create the necessary Assembly deformation of the rubber o-ring. The second technological task is to supply the deformed ring to the groove (with or without contact with the sealing surface of the base part). The third technological task is the conjugation of the ring with the groove (due to the elastic properties of the ring or forced).

Keywords: sealing joints, hydraulic drive, groove on the sealing surface, rubber o-ring, deformation, coupling, technological process, assembly, quality, reliability, service life.

В современном машиностроении широко распространены уплотнительные узлы, содержащие в виде контактного уплотнения резиновые кольцо круглого поперечного сечения по ГОСТ 9833-73 [1]. Такие кольца просты в изготовлении, долговечны, надежны в работе, используются в широком диапазоне температур и давлений, применяются для подвижных (поступательных и вращательных) и неподвижных соединений.

Одно из основных причин не герметичности уплотнительных устройств является повреждение колец при сборке. Треть объема брака возникает по этой причине [2].

Типовое уплотнительное устройство с кольцом содержит три детали: две сопрягаемые детали и уплотнение - резиновое кольцо. Одна из деталей содержит канавку на уплотняемой поверхности и является базовой деталью. Другую принято называть контрдеталью. К уплотняемой поверхности контр-детали поджимается кольцо, установленное в канавке базовой детали.

Технология сборки уплотнительного устройства состоит из двух основных этапов: установки резинового кольца в канавку и последующей сборки подсобранного изделия, уплотнительного соединения (УС), с контрдеталью, т.е. осуществление сопряжения двух уплотняемых поверхностей. В литературе указаны следующие общие требования к процессу сборки уплотнительных устройств [3, 4]:

- не допускаются механические повреждения колец острыми кромками и заусенцами сопрягаемых деталей и инструмента;
- все детали должны быть очищены от стружи, пыли и грязи;
- производить сборку уплотнительных устройств необходимо при температуре не ниже 0°C ;

– поверхности, по которым перемещается кольцо, должны иметь параметр шероховатости $Ra\ 0,30...0,8\ \mu\text{m}$. При параметре шероховатости Ra ниже $0,16\ \mu\text{m}$ происходит прилипание резиновых колец к поверхностям.

Если в процессе сборки кольцо должно пройти по кромкам поперечного отверстия, то во избежание среза кольца, делают проточки либо скругляют острые кромки. Для снижения сопротивления, возникающего от сил трения при монтаже, кольцо смазывают консистентной смазкой или рабочими жидкостями, обладающими хорошими смазывающими свойствами.

Как следует из ГОСТ 9833-73 [3], решающее значение на надежность работы уплотнительного устройства оказывает первый этап - сборка кольца с канавкой базовой детали. ГОСТ 9833-73 регламентирует размеры, конструкцию колец и посадочные места под них. В соответствии с ГОСТом, при монтаже колец в наружные канавки выступающие части вала, имеющие резьбу, пазы, шлицы, кольцевые проточки, фрезерные канавки и т.д. должны быть закрыты оправкой. Конструкция такой оправки показана на рис. 1.

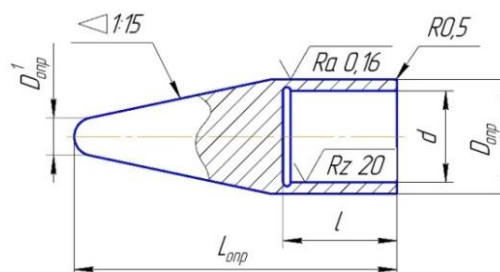


Рис. 1. Оправка для установки уплотнительного кольца в канавку вала.

Её размеры, как указано в ГОСТе, определяются расстоянием l от торца до канавки и диаметром d . Монтаж колец во внутренние канавки производят с помощью прямых отверток или отверток с отогнутым под углом в 90° концом.

Если диаметр D цилиндра достаточно велик, то инструмент не применяют. Для упрощения монтажа колец используют цилиндрические оправки-ограничители, которые заводятся в цилиндр со стороны, противоположной подаче кольца.

Известны и более совершенные способы и средства сборки УС, они описаны, главным образом, в патентной литературе и применяются крайне ограниченно, так как не обладают достаточной надежностью и производительностью, конструктивно сложны и неудобны в эксплуатации.

При сборке УС кольцо не должно претерпеть значительных деформаций. Не допускаются, согласно требованиям ГОСТа, перекосы и установка кольца в скрученном состоянии. В работе [5] рассмотрены вопросы работоспособности резиновых колец в зависимости от геометрической характеристики (от соотношения величины натяга Δ_n в канавке к диаметру сечения кольца d_2). Установлено, что при монтаже колец в наружные канавки возможно их закручивание. Угол закручивания тем меньше, чем меньше величина $\frac{\Delta_n}{d_2}$. Из-за натяга раскручивания кольца может не наступить. Это приведет к преждевременному его износу. Поэтому в канавке форма деформированного кольца должна быть восстановлена.

Это требование, безусловно, справедливо, однако выполнение его, особенно при автоматизации процесса, представляет значительные трудности, целесообразней не допустить скручивание кольца при его установке, чтобы упростить процесс.

Все приведенные рекомендации используются при ручной установке эластичных колец в канавки базовых деталей и являются весьма общими. В то же время, как показывает обзор литературы [6 - 10], полностью отсутствуют материалы и рекомендации по автоматизации процесса сборки уплотнительных резиновых колец с канавками базовых деталей. Отсутствуют конструкции автоматических устройств, обеспечивающих вышеперечисленные требования к монтажу. А значит, отсутствуют комплексные исследования работы устройств и новых способов сборки, их влияние на надежность и качество уплотнительных устройств.

Резиновое уплотнительное кольцо характеризуется высокой эластичностью, а

его деформация при сборке - геометрической нелинейностью [11 - 15].

После установки эластичного кольца в канавку образуется узел, в котором кольцо надежно зафиксировано. В таких условиях УС можно хранить или проводить с ним сложные манипуляции. Например, базировать его, как обычную деталь, ориентировать в пространстве относительно других деталей, подать на следующую технологическую позицию для осуществления второго этапа сборки уплотнительного устройства сборки УС с контрдеталью.

Некоторой особенностью сборки уплотнительного устройства на втором этапе, когда базовая деталь с установленным в её канавке кольцом соединяется с контрдеталью, является радиальное сжатие кольца. Величина деформации радиального сжатия влияет на целостность кольца и усилие запрессовки. Надежность сборки на данном этапе зависит от размеров кольца, физико-механических характеристик резины, смазывающего материала и т.д. При этом не требуется осуществлять дополнительное воздействие на кольцо, уже установленное в канавке, а лишь предусмотреть заходные фаски на контрдетали.

Деформация эластичного кольца при подаче к канавке с последующей установкой характеризуется геометрической нелинейностью. Вид упругой линии как угодно сильно может отличаться от вида начальной кривой.

Оценим относительную величину ε изменения диаметра D_{cp} оси кольца при установке в канавки радиальных УС. Относительные величины ε будем вычислять по следующим зависимостям:

при установке в канавки отверстия:

$$\varepsilon_A = \frac{d_1 + 2d_2 - D}{d_1 + d_2};$$

при установке в канавки вала:

$$\varepsilon_B = \frac{d - d_1}{d_1 + d_2};$$

где D - диаметр уплотняемой поверхности (цилиндра),

d - диаметр уплотняемой поверхности вала (штока).

В таблице 1 приведены величины ε_A , ε_B вычисленные для различных типоразмеров колец.

Таблица 1. Относительная радиальная деформация колец при установке в канавки уплотнительных соединений

	Обозначение кольца	$\varepsilon_A = \frac{d_1 + 2d_2 - D}{d_1 + d_2}$	$\varepsilon_B = \frac{d - d_1}{d_1 + d_2}$
1	003–005–14	62	52
2	003–006–19	77	68
3	004–006–14	50	42
4	004–007–19	63	56
5	004–008–25	76	67
6	005–008–19	53	50
7	005–009–25	65	46
8	006–009–19	46	45
9	006–010–25	57	52
10	007–010–19	41	38
11	007–011–25	51	47
12	008–011–19	37	34
13	000–012–25	46	42
14	009–012–19	33	31
15	009–013–25	42	38
16	020–023–19	15	16
17	025–020–30	20	20
18	030–034–25	14	14
19	035–041–36	17	19
20	040–045–30	12	14
21	045–049–25	8,6	11
22	050–054–25	7,8	10
23	055–060–30	8,8	11
24	060–068–46	13	14
25	065–073–46	11	14

Список литературы:

1. Кузнецов В. В. Ресурс подвижных уплотнительных соединений с кольцами круглого сечения // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28, № 4. С. 562–582. DOI: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201804.562-582>
2. Тараховский А.Ю. Способы деформации уплотнительных колец круглого сечения при установке их во внутренние канавки цилиндрических поверхностей / А.Ю. Тараховский // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2010. № 11. - С. 10-15.
3. ГОСТ 9883-73. Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств. Конструкция и размеры. М.: Изд-во стандартов, 1985. -59 с.

Из таблицы видно, что эластичные кольца при установке в канавки радиальных УС испытывают большие радиальные деформации - до 70...80%, хотя величина деформации и уменьшается с увеличением типоразмеров колец.

Конструкция радиальных УС определяет другую особенность их сборки. Так для сборки радиального уплотнительного устройства резиновое кольцо перед установкой в канавку базовой детали должно быть предварительно деформировано.

Тогда сопряжение деталей, рассматриваемое обычно, как единое сборочное действие, расчленяется на три элемента:

- деформирование резинового уплотнительного кольца;
- подачу деформированного кольца к канавке;
- восстановление деформированной формы кольца в канавке (собственно сопряжение кольца с канавкой базовой детали).

Низкий уровень автоматизации процесса объясняется в первую очередь необходимостью выполнения дополнительных элементов сборочной операции.

Все вышесказанное обуславливает необходимость сосредоточить внимание на исследовании автоматизации установки резинового уплотнительного кольца в канавку базовой детали, т.е. на первом этапе сборки уплотнительного устройства.

4. Кондаков Л.А. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Л.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А. И. Голубева, Л.А. Кондакова. - М.: Машиностроение, 1986.-464 с., ил.
5. Аврущенко Б.Х. Резиновые уплотнители / Б.Х. Аврущенко. — Л.: «Химия», 1978. — 136 с.
6. Тараховский А.Ю. Классификация способов и устройств для автоматической сборки уплотнительных соединений в условиях гибкого автоматизированного производства / А.Ю. Тараховский, И.И. Бабилов, А.А. Тараховский // Механика XXI века. 2018. № 17. С. 188-192.
7. Sealing mechanism and failure analysis of actuator reciprocating seal / Y. Zhang [et al.] // Proceedings of the 2016 IEEE 11th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). Hefei, 2016. P. 2190–2195. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIEA.2016.7603952>
8. Burenin V. V. New seals for the moving joint of hydraulic power cylinders // Russian Engineering Research. 2011. T. 31, № 10. С. 1036–1038. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068798X11100042>
9. Буренин В. В. Новые конструкции уплотнений для подвижных соединений силовых гидроцилиндров объемного гидропривода строительных машин и механизмов // Механизация строительства. 2012. № 1. С. 10–14. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17265461>
10. Flitney R. Seals and sealing handbook : 6th edition. Butterworth–Heinemann, 2014. 633 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2012-0-03302-9>
11. Durability of a polymer composite material and service life of packing elements of contact movable sealing devices / O. A. Mamaev [et al.] // Journal of Friction and Wear. 2008. Vol. 29, Issue 2. P. 127–132. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068366608020086>
12. Study of effect of seal profile on tribological characteristics of reciprocating hydraulic seals / S. Bhaumik [et al.] // Tribology in Industry. 2015. Vol. 37, No. 2. P. 264–274. URL: <http://www.tribology.rs/journals/2015/2015-2/15.pdf>
13. Wang C.-S. Qin Y., An Q. Finite element analysis for the rubber O-ring in a mechanical seal // Journal of East China University of Science and Technology. 2013. Vol. 39, Issue 6. P. 761–767. DOI: <https://doi.org/10.14135/j.cnki.1006-3080.2013.06.012>
14. Lu T., Wang W., Chen L. A study of the performance of an O-ring seal with viscoelasticity // Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science Edition). 2014. Issue 6. P. 93–97. URL: http://caod.oriprobe.com/articles/45360381/A_study_of_the_performance_of_an_O_ring_seal_with_viscoelasticity.htm
15. Investigation of design parameters and failure criteria of o-ring seal structure / D. Hu [et al.] // ASME Turbo Expo 2005 : Power for Land, Sea, and Air. Vol. 4. P. 405–412. DOI: <https://doi.org/10.1115/ GT2005-68434>

УДК 621.923

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРАТЕГИЙ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ

С.А. Андриященко, студент,
 П.А. Ростовцев, студент,
 С.И. Рощупкин, канд. техн. наук,
 ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
 г. Севастополь, Российская Федерация
 e-mail: serj7274@mail.ru

Аннотация: *Алюминиевые сплавы с каждым годом находят все большее применение в качестве конструкционных в машино- и приборостроении, судостроении, в автомобильной и аэрокосмических отраслях. Разнообразие областей применения алюминиевых сплавов основывается на их характерных свойствах, к которым относятся малый удельный вес, относительно высокая прочность, высокие антикоррозионные свойства и электропроводность. Немаловажной особенностью алюминиевых сплавов являются хорошие литейные свойства и обрабатываемость давлением. Фрезерование концевыми фрезами является одним из наиболее распространенных и производительных методов обработки алюминиевых сплавов. Ключевым выходным показателем качества поверхности детали, определяющим ее износостойкость, геометрическую точность, внешний вид и стоимость является шероховатость поверхности. На шероховатость оказывает влияние большое количество факторов, среди которых погрешности станка, приспособления, недостаточное закрепление, деформации заготовки, режимы резания, характеристики и состояние режущего инструмента, структура обрабатываемого материала. Кроме того, при фрезеровании могут применяться различные стратегии обработки, которые также оказывают влияние на качество получаемой поверхности. В настоящей статье рассматривается пять различных стратегий обработки и их влияние на шероховатость поверхности. Для каждой стратегии эксперимент повторялся три раза, с целью получения достоверного результата. Экспериментальным путем определяется наиболее оптимальная из них.*

Ключевые слова: *фрезерование, алюминиевый сплав, шероховатость, стратегия обработки, концевая фреза, управляющая программа*

EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF MACHINING STRATEGIES ON SURFACE ROUGHNESS DURING MILLING OF ALUMINUM ALLOYS BY END MILLS

S.A. Andryuschenko, student,
 P.A. Rostovtsev, student
 S.I. Roshchupkin, cand. sc. tech,
 Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
 Sevastopol, Russian Federation 299053
 e-mail: serj7274@mail.ru

Abstract: *Every year, aluminum alloys are increasingly used as construction materials in machine-building and instrument-making, shipbuilding, automotive and aerospace industries. A variety of applications of aluminum alloys is based on their characteristic properties, which include low specific weight, relatively high strength, high anti-corrosion properties and electrical conductivity. An important feature of aluminum alloys are good casting properties and workability by pressure. Milling with end mills is one of the most common and productive methods for machining of aluminum alloys. The key output indicator of the quality of a part's surface, which determines its wear resistance, geometric accuracy, appearance and cost, is surface roughness. The roughness is influ-*

enced by a large number of factors, including machine errors, adjustments, insufficient fixing, deformations of the workpiece, cutting conditions, characteristics and condition of the cutting tool, the structure of the material being processed. In addition, various processing strategies that also affect the quality of the resulting surface machining can be applied in machining. This article discusses five different treatment strategies and their effect on surface roughness. For each strategy, the experiment was repeated three times, with the aim of obtaining a reliable result. Experimental way is determined by the most optimal of them.

Keywords: milling, aluminum alloy, roughness, machining strategy, end mill, control program

1. Введение

В настоящее время алюминиевые сплавы находят все большее применение в качестве конструкционных в машино- и приборостроении, судостроении, в автомобильной и аэрокосмических отраслях. Разнообразие областей применения алюминиевых сплавов основывается на их характерных свойствах, к которым относятся малый удельный вес, относительно высокая прочность, высокие антикоррозионные свойства и электропроводность. Немаловажной особенностью алюминиевых сплавов являются хорошие литейные свойства и обрабатываемость давлением [1].

В настоящее время одним из наиболее распространенных и производительных методов обработки алюминиевых сплавов является фрезерование концевыми фрезами. Данный метод используется для обработки уступов, кромок, карманов и пазов, а также фасонных поверхностей.

Ключевым показателем качества любой обработанной поверхности является её шероховатость, от которой во многом зависит геометрическая точность изделия, износостойкость, коэффициент трения, внешний вид и стоимость. На шероховатость поверхности оказывает влияние большое количество факторов, среди которых, погрешности станка, присп-особления, недостаточное закрепление, деформации заготовки, режимы резания, характеристики и состояние режущего инструмента, структура обрабатываемого материала [2]. Особенностью фрезерования концевыми фрезами является наличие в центре фрезы точки, в которой скорость резания равна нулю, что приводит к повышенной шероховатости и чрезмерному износу возле этой точки. В связи

с этим важным является выбор оптимальной стратегии обработки [2-4].

Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния различных стратегий обработки на шероховатость получаемой поверхности.

2. Методика эксперимента

Исследования проводились в лабораторных условиях Севастопольского государственного университета на базе НОЦ «Инжиниринг и промдизайн».

Обработка осуществлялась на 5-координатном фрезерном станке EMCO Maxxmill 630 (рис.1).



Рис. 1. Фрезерный станок EMCO Maxxmill 630

В качестве инструмента использовались цельные твердосплавные концевые фрезы диаметром 10 мм AL-3E-D10.0 ZCCCT (рис.2).



Рис. 2. Фреза AL-3E-D10.0 ZCCCT

Обработка производилась без использования СОТС с постоянной скоростью ре-

зания $V=125$ м/мин, подачей $S=100$ мм/мин и глубиной резания $t=2$ мм. В качестве заготовки использовалась пластина из листового сплава Д16АТ размером 160х255. Контроль шероховатости проводили с помощью профилометра-профилографа MITUTOYO SURFTEST SJ-210 с определением среднего арифметического отклонения профиля R_a (рис. 3). Подготовка управляющих программ осуществлялась в системе NX CAM.



Рис. 3. MITUTOYO SURFTEST SJ-210

Обработка осуществлялась с помощью пяти различных стратегий. (Таблица. 1):

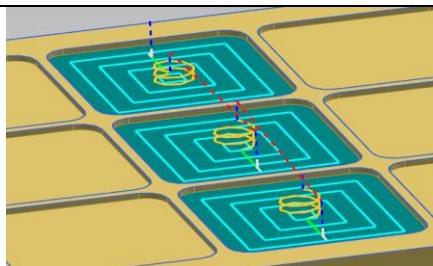
1. «Зиг» со встречным и попутным направлением фрезерования.
2. «Зигзаг».
3. «Вдоль периферии» со встречным и попутным направлением фрезерования.

С целью получения достоверного результата, для каждой стратегии эксперимент повторялся три раза.

Таблица 1. Стратегии обработки

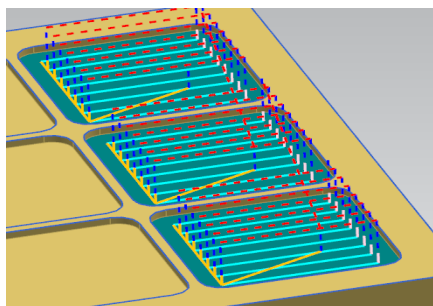
I		«Зиг» всегда режет в одном направлении. Инструмент отводится в конце каждого прохода, затем перемещается в начальную позицию следующего прохода резания. Поддерживается встречное или попутное фрезерование. Встречное фрезерование.
II		Проводит обработку последовательно параллельных прямых проходов, которые режут в противоположном направлении и смещаются в одном направлении. Этот шаблон резания позволяет выполнять непрерывное резание при перемещениях между проходами.
III		Формирует проходы вдоль смещения от внешнего силуэта геометрии детали или заготовки. Внутренние острова и полости требуют операций чистовой дообработки островов или дополнительного прохода по профилю. Встречное фрезерование.

IV



Используется тот же шаблон резания, что и III эксперименте, но с использованием попутного фрезерования.

V



Используется тот же шаблон резания, что и I эксперименте, но с использованием попутного фрезерования.

3. Результаты эксперимента Полученная в результате обработки заготовка представлена на рис. 4.



Рис. 4. Заготовка после обработки

Результаты эксперимента по определению шероховатости и времени обработки для различных стратегий обработки представлены в табл. 2 и на рис. 5.

Таблица 2. Результаты эксперимента

Параметр	I	II	III	IV	V
T_0 , мин	3,3	3,3	4,0	4,03	3,32
	0,24	0,36	0,29	0,21	0,23
R_a , мкм	0,27	0,23	0,36	0,25	0,26
	0,45	0,36	0,26	0,23	0,27



Рис.5. Результаты эксперимента

4. Заключение

В ходе проведения эксперимента было выявлено, что минимальная шероховатость, получается при обработке по стратегии №4 (рис.4). Вместе с тем, при такой стратегии было отмечено наибольшее время обработки, что вызвано более длительным этапом врезания инструмента по спирали. Результаты работы могут быть использованы при подготовке управляющих программ на станках с ЧПУ.

5. Благодарности

Коллектив авторов выражает благодарность заведующему лабораторией НОЦ «Инжиниринг и промдизайн» СевГУ Голяшову П.В. за помощь в проведении исследований.

Список литературы:

1. Bratan, S. Application of Combined Taps for Increasing the Shaping Accuracy of the Internal Threads in Aluminium Alloys /S. Bratan, P. Novikov, S.Roshchupkin // Procedia Engineering. – vol. 150. – 2016. – pp 802-808.

2. Vakondios, D. Influence of milling strategy on the surface roughness in ball end milling of the aluminum alloy Al7075-T6 / D. Vakondios, P.Kyratsis, S. Yaldiz A. Antoniadis // Measurement. – 45. – 2012. – pp. 1480–1488

3. Logins, A. The Influence of High-Speed Milling Strategies on 3D Surface Roughness Parameters / A. Loginsa, T. Torims

4. Грубый, С.В. Оптимизация режимных параметров фрезерования карманов в деталях из алюминиевых сплавов / С.В. Грубый, А.М. Зайцев // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – № 07. – 2015. – с. 44–65

УДК 621.91

ВЫБОР МАТЕРИАЛА РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТА И РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

А.В. Малышев, студент,

А.С. Штин, аспирант,

А.М. Тверяков, канд. техн. наук,

«Тюменский индустриальный университет»,

г. Тюмень, Российская Федерация

e-mail: tveryakov@mail.ru

Аннотация: В современном машиностроении, выбор материала и режимов обработки осуществляется на основе рекомендаций инструментальных фирм, производящих металло-режущий инструмент. Эти рекомендации не всегда отвечают оптимальным условиям обработки. Ведущие инструментальные фирмы шифруют марки инструментального материала, поэтому использовать классические справочники (справочники Технолога машиностроителя и т.д.) не представляется возможным. Применение автоматизированных систем на металлорежущем оборудовании, для достижения рациональных режимов обработки имеют ряд ограничений – главный, это стоимость из-за необходимости отслеживать множество параметров в процессе обработки. Методы, использующие закономерности изменения свойств, для назначения рациональных режимов обработки, также не лишены недостатков. Главный – это получение значений в идеальных (лабораторных) условиях без учета реальных условий обработки. Объединение двух подходов исключит недостатки методов. Таким образом, результаты, полученные по закономерностям изменения свойств материала режущей части инструмента будут использованы, как единственный критерий для достижения рациональных режимов обработки обеспечивающих максимальную работоспособность инструмента на станке. Значения температур (скоростей резания) максимальной работоспособности инструмента можно использовать для определения марок твердых сплавов, обладающих максимальными температурами работоспособности (максимальными скоростями обработки), либо широкими диапазонами этих температур. Эти способы позволят также провести селекцию инструментальных фирм.

Ключевые слова: режимы резания, рациональные режимы обработки, адаптивные системы управления, металлорежущий инструмент, машиностроение, работоспособность инструмента.

SELECTING THE MATERIAL OF THE CUTTING PART OF THE TOOL AND TREATMENT MODES

A.V. Malyshev, student,

A.S. Shtin, p.h.d. student,

A.M. Tveryakov, cand. sc. tech,

«Industrial University of Tyumen», Tyumen, Russian Federation

Abstract: *In modern engineering, the choice of material and processing modes is carried out on the basis of recommendations of tool companies producing metal-cutting tools. These recommendations do not always meet the optimal processing conditions. Leading instrumental firms encrypt brands of tool material, therefore, it is not possible to use classical directories (directories of the Mechanical Engineer Technologist, etc.). The use of automated systems on the metal-cutting equipment, to achieve rational processing modes have a number of limitations - the main thing is the cost due to the need to track many parameters in the process. Methods that use the laws of changes in properties to design rational processing regimes are also not without drawbacks. The main thing is to obtain values in ideal (laboratory) conditions without taking into account the actual processing conditions. Combining the two approaches will eliminate the shortcomings of the methods. Thus, the results obtained according to the laws of change in the material properties of the cutting part of the tool will be used as the only criterion for achieving rational processing modes ensuring maximum tool performance on the machine. The temperature values (cutting speeds) of the maximum serviceability of the tool can be used to determine the grades of hard alloys with maximum working temperatures (maximum processing speeds) or wide ranges of these temperatures. These sporting events will also allow the selection of tool companies.*

Keywords: *cutting conditions, rational machining modes, adaptive control systems, metal-cutting tools, mechanical engineering, tool performance.*

В современном машиностроении, выбор материала и режимов обработки осуществляется на основе рекомендаций инструментальных фирм, производящих металлорежущий инструмент. Лишь малая часть предприятий в настоящее время используют инструмент, который использовался во времена Советского Союза, в основном это предприятия, имеющие большие запасы ещё с тех времён, либо это фасонный инструмент, произведённый на российских инструментальных предприятиях.

Рекомендации, указанные в каталогах или во вкладышах с инструментом, не всегда отвечает оптимальным условиям обработки. Ведущие инструментальные фирмы шифруют марки инструментального материала, поэтому использовать классические справочники (справочники Технолога машиностроителя и т.д.) не представляется возможным. В таких условиях предприятию необходимо либо адаптировать инструмент под конкретные технологические процессы, либо менять поставщика инструмента (инструментальную фирму). Но этот шаг также не дает гарантированный результат. Таким образом, наиболее подходящим является вариант подбора наиболее подходящих режимов обработки, смещая в большую или в меньшую сторону величину скорости резания.

Стойкостные испытания затратный по времени и достаточно дорогостоящий про-

цесс, требующий квалифицированный персонал. В России и за рубежом ведётся работа по созданию методик назначения рациональных режимов обработки: одни направлены на создание адаптационных алгоритмов для систем с числовым программным управлением [1-4] другие на создание научно обоснованных методик выбора рациональных режимов обработки за счёт исследования закономерностей изменения свойств инструментальных материалов [5-11]. Первый вариант является наиболее результативным, так как предполагается использование информации в режиме реального времени непосредственно во время обработки. Но в тоже время является и самым дорогостоящим имеющим ограничения с применимостью. Это доказывает тот факт, что в настоящее время отсутствует серийно производимое металлорежущее оборудование, использующее подобные алгоритмы.

Методы, использующие закономерности изменения свойств, также не лишены недостатков. Например, определив температуры, при которых происходит изменение свойств, и как эти изменения сказывается на его рабочих характеристиках, мы не можем в достаточной степени точности называть рациональные режимы, так как множество факторов будут влиять на значение температуры в процессе обработки (геометрия режущей части инструмента, СОЖ, форма по-

верхности детали, характеристики обрабатываемых материалов, вид стружки, и т.д.). Существующие методы расчета температур в зоне резания, также в полной мере применить невозможно из-за ограничений математической модели, созданной, как правило, под конкретные условия.

С другой стороны, если нам удастся в процессе обработки собирать информацию о температуре в зоне резания, мы можем предложить рекомендации по интенсификации или замедлению скорости обработки, для обеспечения той оптимальной температуры, которая соответствует максимальным характеристикам работоспособности инструмента.

Таким образом, идеальный вариант – это объединение двух подходов, то есть сначала необходимо определить наилучшие температурные условия работы инструмента (материалы режущей части инструмента), а

затем обеспечить эти условия во время обработки посредством адаптивной системы управления.

Применение способов определения рациональных режимов обработки на основе закономерностей изменения свойств, также можно использовать для определения марок твердых сплавов, обладающих максимальными температурами работоспособности (максимальными скоростями обработки), либо широкими диапазонами этих температур. Эти способы позволят также провести селекцию инструментальных фирм.

В результате можно сделать вывод о том, что применение предложенных подходов позволит сделать обоснованный выбор наиболее подходящей инструментальной фирмы, в том числе материала режущей части инструмента, максимально эффективно использовать ресурс инструмента и возможности оборудования.

Список литературы:

1. А.Н. Иноземцев. Автоматизированное управление режимами резания при токарной и сверлильной обработке / А.Н. Иноземцев, Н.И. Пасько // Известия ТулГУ. – 2012. – №6.
2. А.Н. Иноземцев. Автоматизированное управление режима резания металлорежущих станков с использованием самообучающихся систем / А.Н. Иноземцев, Н.И. Пасько // Известия ТулГУ. – 2013. – №1.
3. Таубе А.О. Разработка метода автоматизированного выбора и коррекции скорости резания при оптимизации режимов обработки на токарных станках с ЧПУ: дис. канд. техн. наук. – Волгоград, 2002.
4. Дубовицкий Д.В. Оптимизация скорости резания в режиме реального времени при токарной обработке: дис. канд. техн. наук. – Тула, 2003.
5. Иващенко А. Методика выбора более эффективных режимов резания при токарной обработке металлов/ А.П. Иващенко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №6.
6. Артамонов Е.В. Выбор инструментального твердого сплава для обработки деталей газотурбинных двигателей/ Артамонов Е.В., Тверяков А.М., Штин А.С.// Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2018. № 4. – С. 89-93.
7. Артамонов Е.В. Определение максимальной работоспособности сменных режущих элементов на основе физико-механических характеристик инструментальных твердых сплавов/ Артамонов Е.В., Тверяков А.М., Штин А.С.//Вестник современных технологий. – 2018 –. № 3 (11). – С. 51-54.
8. Тверяков А.М. Электромагнитные свойства инструментальных твердых сплавов/ Тверяков А.М., Штин А.С., Васильев Д.В., Зырянов В.А.// Нефть и газ Западной Сибири материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», 2017 – . С. 103-105.
9. Тверяков А.М. Выбор рациональных режимов обработки/Тверяков А.М., Остапенко М.С., Штин А.С., Костив В.М.//Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. № 12-3 (54). С. 183-186.

10. Артамонов Е.В. Определение температуры максимальной работоспособности твердосплавных режущих пластин на основе электрической проводимости/ Артамонов Е.В., Василега Д.С., Тверяков, А.М. Заводская // Лаборатория. Диагностика материалов. – 2014. . № 9. С. 36-39.

11. Artamonov E.V. Methods of considering reliability in the quality evaluation procedure for composite metal cutting tools / Artamonov E.V., Vasilega D.S., Ostapenko M.S. // Applied Mechanics and Materials. – 2015– Ч. 770. С. 216-22

УДК 621.762.5:541.13:621.38

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАКЦИОННОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОНАПРЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Ю.О.Владимирова¹, ассистент,

И.В. Архипов², ведущий инженер,

Е.П. Шалунов¹, канд. техн. наук, профессор,

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
Московский пр., 15, г. Чебоксары, Российская Федерация, 428015

²ООО «Диском Групп», Московский пр., 34/2,
г. Чебоксары, Российская Федерация, 428000

e-mail: yulivladimirova@mail.ru

Аннотация: В современной технике все более востребованными становятся материалы, способные сохранить хорошую теплопроводность, высокие прочностные характеристики, износостойкость и другие физико-механические и эксплуатационные свойства при повышенных температурах. Хорошо себя зарекомендовали в деталях, испытывающих износ при одновременно повышенных температурах дисперсно-упрочненные наноконпозиционные материалы. Для получения таких материалов целесообразно применить метод реакционного механического легирования, основанный на интенсивной обработке смеси порошковых металлических материалов в высокоэнергетических шаровых мельницах-аттриторах в среде воздуха. Таким образом, используя данный метод, разработаны материалы на основе порошковой меди, обладающие чрезвычайно высокой температурой рекристаллизации, достигающей до 0,92 от температуры плавления меди с одновременно высокими прочностными характеристиками. Полученные материалы упрочнены частицами Al_2O_3 , а так же обладают субзеренной структурой, состоящей из меди. При этом структура разработанного материала представляет собой пластичную матрицу и равномерно распределенные в ней твердые частицы, что соответствует правилу Шарпи. Из вышеизложенного следует, что разработанные в ходе исследований материалы обладают так же хорошими антифрикционными свойствами., что позволяет их использовать в деталях, испытывающих трение.

Ключевые слова: реакционное механическое легирование, механохимический синтез, жаропрочность, износостойкость, аттритор, дисперсность, упрочнение, наноматериалы.

USE OF REACTIONARY MECHANICAL ALLOYING TO OBTAIN HEAT-STRESSED PRODUCTS FROM HEAT-RESISTANT NANOSTRUCTURED MATERIALS ON METAL BASIS

Yu.O. Vladimirova¹, assistant,

I.V. Arhipov², leading engineer,

E.P. Shalunov¹, cand. sc. tech., professor,

¹(FSBEI of HE Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Moscow pr., 15, Cheboksary, Russian Federation, 428015

²(Discom Group LLC, Moscow pr., 34/2, Cheboksary, Russian Federation, 428000)

Abstract: In modern engineering, materials capable of maintaining good thermal conductivity, high strength characteristics, wear resistance and other physical, mechanical and operational properties at elevated temperatures are becoming increasingly popular. Well-proven in parts experiencing wear at the same time at high temperatures dispersion-strengthened nanocomposite materials. To obtain such materials, it is advisable to apply the method of reactionary mechanical alloying, based on intensive processing of a mixture of powder metal materials in high-energy ball mills-attritors in air. Thus, using this method, developed materials based on copper powder having an extremely high recrystallization temperature, reaching up to 0.92 of the melting temperature of copper with simultaneously high strength characteristics. The obtained materials are strengthened by Al₂O₃ particles, and also have a subgrain structure consisting of copper. The structure of the developed material is a plastic matrix and uniformly distributed solid particles in it, which corresponds to the Charpy rule. From the foregoing it follows that the materials developed in the course of the research also have good antifriction properties, which makes it possible to use them in details experiencing friction.

Keywords: reactionary mechanical alloying, mechanochemical synthesis, heat resistance, wear resistance, attritor, dispersion, hardening, nanomaterials.

Анализ тенденции развития современного машиностроения показывает, что все более актуальный характер приобретает вопрос разработки и внедрения в промышленности жаро- и износостойких материалов, способных работать в условиях агрессивной внешней среды.

Так, например, детали газораспределительного и кривошипно-шатунного механизмов двигателей внутреннего сгорания, особенно, перспективных форсированных, должны обладать, в первую очередь, высокой прочностью при повышенных температурах и хорошей износостойкостью, а так же антифрикционными свойствами, так как эти детали чаще всего подвержены воздействию силовых нагрузок, нагреву и истиранию [1].

Анализ причин выхода из строя таких изделий, как направляющие втулки клапанов, седла клапанов двигателей, клапаны насосов высокого давления, крышки подшипников и др. показывает, что причиной отказов чаще всего является неправильная

подборка материала и его неспособность работать в заданных условиях. Температура эксплуатации приведенных выше деталей зачастую может достигать 900°C при силовых нагрузках, равных 100 МПа [1-3]. При этом, известные имеющиеся материалы не могут быть использованы для требуемых целей, в связи тем, что в той или иной степени не удовлетворяют условиям эксплуатации данных деталей. Из-за этого современное конкурентно-способное производство испытывает острую необходимость в материалах, способных работать на износ в условиях высоких температур.

В Чувашском государственном университете имени И.Н. Ульянова разработаны объемные наноструктурные материалы (ОНМ) на медной основе, применяемые для электродов контактных машин, а так же токоподводящих наконечников [4-5]. Анализ показывает, что применение материалов данного класса в деталях, испытывающих значительные температурные и силовые

напряжения, может быть вполне целесообразно. Это связано с тем, что указанные ОНМ, упрочненные частицами карбидов и оксидов разупрочняются при значительно более высоких температурах, чем лучшие жаропрочные бронзы. При этом, чем мельче упрочняющие частицы, тем температура рекристаллизации выше [6, 7]. Так, например у ОНМ на основе меди коэффициент упрочнения (отношение прочностей упрочненной и неупрочненной меди) с повышением температуры вплоть до $(0,9...0,95)T_{пл}$ [4, 5] непрерывно растет.

Исходя из теории дисперсного упрочнения [6,7], для обеспечения эффективного дисперсного упрочнения материалов на основе меди со структурными составляющими нанодисперсного уровня должны быть созданы условия, удовлетворяющие следующим основным требованиям:

- размер частиц упрочняющей фазы должен составлять 10...50 нм;
- расстояние между дисперсоидами должно быть 100...500 нм;
- дисперсоиды должны быть распределены равномерно в матрице и расположены, преимущественно, не на границах ее зерен;
- дисперсоиды не должны растворяться при высокой температуре в матрице, и не реагировать с ней вплоть до ее плавления;
- содержание дисперсоидов в материале не должно превышать более 10% об.;
- дисперсоиды должны обладать значительно большей, чем матричный материал твердостью и прочностью при сдвиге;
- материал матрицы не должен быть растворимым в дисперсоидах.

В соответствии с этими требованиями становится очевидно, что дисперсное упрочнение основы должно выполняться в основном неметаллическими тугоплавкими соединениями.

Главная проблема при получении таких материалов состоит в том, чтобы распределить необходимые дисперсоиды в матрице достаточно равномерно. Для этого существует множество методов, наиболее простым из которых является механическое смешивание порошков матрицы и фазы-упрочнителя подходящей дисперсности. Например, спеченные медные сплавы с со-

держанием Al_2O_3 и SiO_2 до 10% об. получали смешиванием, гидростатическим холодным прессованием, спеканием при 500°C и 1000°C в водороде и последующим горячим прессованием при 760°C [8].

Эти материалы разупрочнялись при значительно более высоких температурах, чем чистая медь.

Очевидно, что простым смешиванием порошков меди и порошков упрочняющих фаз (оксидов, карбидов, боридов, нитридов и пр.), имеющих к тому же в большинстве случаев значительно меньшую по сравнению с медью абсолютную плотность, получить чрезвычайно равномерное распределение этих упрочняющих фаз (дисперсоидов) в медной матрице практически невозможно. Для обеспечения гомогенности порошковой композиции используются разнообразные способы, среди которых в последнее время наиболее востребованным стало механическое легирование, проводимое в аппаратах тонкого измельчения (аттриторах, вибромельницах, планетарных мельницах и пр.) в режиме сухого, мокрого смешивания/размола или в присутствии пластификатора.

В работе [9] наглядно показаны преимущества метода механического легирования в качестве инструмента механической активации порошков материалов и придания им по сравнению с компактными телами повышенной реакционной способности.

В качестве примера использования метода механического легирования для получения дисперсно-упрочненной меди $Cu-Al_2O_3$ может быть приведена работа [10], в которой были использованы порошки оксида алюминия различной дисперсности (10 мкм и 1,5 мкм) и электролитический порошок меди марки ПМС-1 дисперсностью 40 мкм. Шихту, содержащую 3% масс. оксида, обрабатывали в течение 1ч в аттриторе в режиме сухого смешивания. По результатам работ отмечено, что при уменьшении дисперсности оксидного упрочнителя в 6,67 раза температура рекристаллизации медного материала повышается на 33% - при обработке в аттриторе. Использование аттритора вместо простого смесителя обеспечивает прирост температуры рекристаллизации у

меди с оксидным упрочнителем на 29%, если его дисперсность составляет 10 мкм, и на 50%, если она уменьшена до 1,5 мкм, т.е. в 6,67 раза.

Такое влияние механического легирования на прочностные свойства медных материалов, особенно, при высоких температурах обусловлено, не только обеспечением равномерного распределения оксидных дисперсоидов в медной матрице, но, главное, чрезвычайно сильным измельчением зерна и высокой плотностью дефектов ее кристаллического строения.

Способ механического легирования относительно прост и действительно позволяет получать медные композиционные материалы с уникальными свойствами, однако, его использование для получения объемных наноструктурных материалов с дисперсно упрочненной структурой выглядит достаточно проблематичным. Это обуславливается, прежде всего, тем, что в качестве дисперсоидов придется использовать порошки оксидов, карбидов, боридов, нитридов нанодисперсного (менее 100 нм) уровня, которые, помимо высокой стоимости, обладают высокой пирофорностью, опасны для здоровья, что может сказаться на перспективе внедрения в производстве материалов, в которых будут использованы дисперсоиды такого вида.

В связи с вышеизложенным, намного больший интерес вызывают те методы получения объемных наноструктурных материалов на основе меди, в которых отсутствовала бы необходимость использования каких-либо порошков матричного и/или упрочняющего материалов нанодисперсного уровня.

Одним из таких методов является метод «внутреннего окисления» суть которого пояснена в [8,11]. Способом, описанным в указанных источниках, удавалось получать дисперсно-упрочненные композиционные материалы на основе меди с дисперсоидами в виде Al_2O_3 нанодисперсного уровня (30...50 нм). Рекристаллизация и связанное с ней разупрочнение таких материалов наблюдалось лишь при нагревах, близких к температуре плавления меди.

Интересный вариант комбинации методов механического легирования и «внутреннего окисления» получил развитие в Венском техническом университете, названный «реакционным размолом» [12, 13]. Этот метод предусматривает размалывание в высокоэнергетической мельнице не просто готовой смеси порошков матрицы и фазы упрочнителя, а порошков, которые обеспечивают получение этой фазы в результате дальнейшего технологического передела. Например, материал $Al-Al_4C_3$ получают совместным размолом в атриторе смеси алюминия и сажи [14]. Сажа, равномерно распределяясь в объеме алюминия, реагирует с ним с образованием мелкодисперсных частиц Al_4C_3 частично уже в процессе обработки в атриторе и окончательно в процессе последующего термомодеформационного передела.

Для получения дисперсно-упрочненного композиционного материала (ДУКМ) $Cu-Al_2O_3$ в качестве исходных порошков использовались порошки меди, алюминия и оксида меди [12,13]. Во время обработки в атриторе алюминий и оксид меди равномерно распределялись в медной матрице. При этом алюминий, взаимодействуя с кислородом воздуха и оксидом меди, частично окислялся. Окислению подвергалась и сама медь. Затем полученные гранулы подвергались термообработке в среде H_2/H_2O в пропорции 1/50 или 1/100 при температуре 700°C. Алюминий, частично уже окисленный, вступал во время термообработки в реакцию с окисью меди, восстанавливая ее в медь, а также с парами воды и, тем самым, образовывал собственный оксид Al_2O_3 .

Однако, не смотря на хорошую изученность таких материалов, прежде всего, совместно австрийскими и словацкими учеными, данная технология не нашла применения в промышленном производстве. Необходимость использования термообработки в водородной среде со строго определенным соотношением восстановителя (водорода) и окислителя (перегретого пара) в совокупности с процессом реакционного механического легирования делает получаемый материал дорогостоящим, а его свойства – достаточно сложно контролируемые.

Наибольшего эффекта в создании дисперсно-упрочненных материалов с высоким уровнем прочностных свойств, в том числе при повышенных температурах удается достичь при использовании для их получения метода реакционного механического легирования (РМЛ), основанного на интенсивной обработке смеси порошковых металлических материалов в высокоэнергетических шаровых мельницах-аттриторах (рис. 1) и вибромельницах в среде воздуха.



Рис.1. Промышленный аттритор с емкостью рабочей камеры 15 л, разработанный

Чувашским государственным университетом

Эта смесь содержит как порошок основы материала (например, меди), так и порошки легирующих элементов (например, алюминия), которые способны создавать в результате их взаимодействия с кислородом воздуха во время обработки в шаровых мельницах термодинамически стабильные фазы (в данном случае - оксид алюминия) наноразмерного уровня, являющийся упрочнителем медной матрицы [15-18].

При размоле в аттриторе частицы исходных порошков, подвергаясь интенсивной пластической деформации, разрушаются, а из осколков путем сварки трением возникают новые. Указанные процессы многократно повторяются во времени до тех пор, пока не образуется гомогенная гранулированная композиция, в которой исходные компоненты и образовавшиеся дисперсоиды диспергированы друг в друга.

Таким образом, особенность метода РМЛ состоит в том, что при его использовании не требуются какие-либо ультрадисперсные или, тем более, нанодисперсные порошки упрочняющих соединений, в частности, оксидов, чтобы их диспергиро-

вать в медную матрицу материала и там равномерно распределить. Необходимые химические соединения (фазы) образуются непосредственно в процессе проведения РМЛ в результате осуществления твердофазных реакций (механохимического синтеза) между заранее введенным в медный порошок металлом, на основе которого требуется получить химическое соединение, и химическим элементом, который выступит в качестве окислителя этого металла.

На основе метода РМЛ был разработан целый ряд новых медных материалов, упрочненных частицами Al_2O_3 , которые имеют чрезвычайно высокую температуру рекристаллизации, составляющую 0,9...0,93 от температуры плавления меди, а так же имеют высокие прочностные характеристики, в том числе при повышенных температурах. При этом теплопроводность может достигать 30% от теплопроводности технической меди.

Для получения данных медных композиционных материалов была приготовлена исходная смесь порошков, состоящая из порошка меди ПМС-1 (ГОСТ 4960-75), 2...3% масс. порошка технического алюминия ПП-1 (ГОСТ 5592-71) и 0,1...1,2 % масс. углерода в виде порошка карандашного графита ГК-3 (ГОСТ 4404-78), которая была подвергнута обработке в аттриторе (см. рис. 1) в течение 1 ч. В результате осуществления механохимического синтеза в процессе РМЛ алюминий и кислород воздуха в рабочей камере аттритора образуется оксид алюминия $\gamma-Al_2O_3$, средний размер частиц которого, в зависимости от режимов обработки и химического состава порошковой смеси, как правило, находится в диапазоне 39 ± 7 нм (рис. 2).

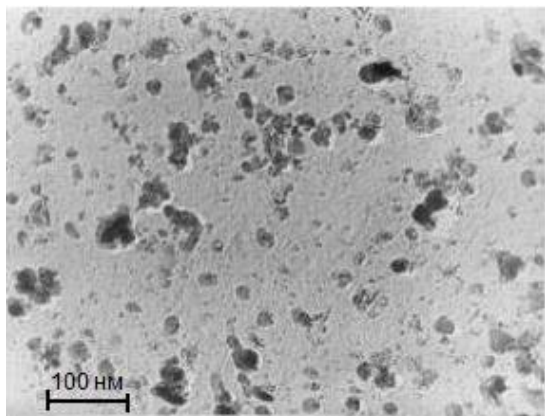


Рис. 2. Типичная угольная реплика (отпечаток) исследуемых материалов при увеличении в 20000 раз

Благодаря процессу интенсивной пластической деформации (ИПД), развивающейся при обработке исходных порошковых композиций в атриторе, медная матрица этих материалов имеет чрезвычайно выраженную субзернистую структуру с размером субзерен от 80 нм до 150 нм.

Наличие в этих материалах упрочняющих частиц и субзерен указанных выше нанодисперсных уровней позволяет отнести

их к объемным наноструктурным материалам [19].

Поскольку указанная структура материалов, представляющая пластичную медную матрицу и равномерно распределенные в ней твердые частицы, соответствует правилу Шарпи, то разработанные материалы должны обладать так же хорошими антифрикционными свойствами.

Указанные материалы предназначены, прежде всего, для использования в изделиях, подверженных одновременному воздействию высоких температур, значительных механических нагрузок и трению, что было подтверждено сравнительными производственными испытаниями поршней машин литых под давлением, изготовленных из медного наноструктурного материала с 3,0 % масс. алюминия и 0,9 % масс. графита. Ресурс поршней из этого материала оказался почти в 1,6 раза выше ресурса аналогичных поршней из стандартной бериллиевой бронзы БрБНТ1,9 (CuBe2NiTi).

Список литературы:

1. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование: учебник для вузов. Кн. 2 / В.Н. Луканин [и др.]; 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 400 с.
2. Чернета О. Г. Повышение износостойкости деталей цилиндро-поршневой группы, газораспределительного и кривошипно-шатунного механизма двигателей внутреннего сгорания / О. Г. Чернета, А. Н. Коробочка, Д. А. Шурыгин, И. Н. Поддубный, А. В. Загробский // Вісник двигунобудування. - 2008.- №2. – С. 110-113.
3. Воробей В.В. Изготовление основных деталей двигателей внутреннего сгорания:уч. пособие / В.В. Воробей, В.Е. Логинов. - Москва: МАИ, 2002. - 120 с.
4. Dovydenkov V.A. Experience of production and use of precipitations strengthened copper based materials made by mechanical alloying / V.A. Dovydenkov, E.P. Shalunov // [Powder Metallurgy](#). - 1998. - Т. 1. - С. 372.
5. Shalunov E. [Development, production and application of DISCOM® copper nanocomposites as highly resource electrode and electric contact materials](#) / E. Shalunov, A. Matrosov, L. Chen: [Proc. of the Euro Int. Powder Metallurgy Congress and Exhibition, Euro PM 2008](#). – Mannheim: EPMA, 2008. – pp. 33-38.
6. Портной К.И. Дисперсно-упрочненные материалы / К.И. Портной, Б.Н. Бабищ - М.: Металлургия, 1974.-199 с.
7. Ashby M.F. The hardening of metals by non-deforming particles / M.F. Ashby // Z. Metallkunde. -1964.-№55.- S.5-17.
8. Айзенкольб Ф. Успехи порошковой металлургии / Ф.Айзенкольб; пер. с нем.; под ред. В.П.Елютина – М.: Металлургия, 1989. – С.540.
9. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы; пер. с нем.; под ред. В.Шатта. – М.:Металлургия,1983. – 520 с.

10. Матросов А.Л. Совершенствование технологии получения жаропрочных и износостойких порошковых материалов на медной основе / А.Л. Матросов, Н.В. Данилов, Е.П. Шалунов // Разработка и внедрение энергосберегающих и малоотходных технологий в металлургии редких и цветных металлов: тез. Всесоюзн. научн. конф. – М.: МИСиС, 1986. – С. 205.
11. Кипарисов С.С. Внутреннее окисление и азотирование сплавов / С.С. Кипарисов, Ю.В. Левинский. – М.: Металлургия. – 199 с.
12. Slesar M. Festigkeit und Bruch dispersionsgehärteter Cu-Al₂O₃-Werkstoffe / M.Slesar, G.Jangg, M.Besterici // Z. für Metallkunde, Band 72. – 1981. – Heft 6. – S.423-427.
13. Бестерци М. Закономерности деформации и разрушения дисперсноупрочненных материалов на основе меди, алюминия и серебра / М. Бестерци, М. Шлесар, К. Пеликан. – В кн.: Структура и прочность порошковых материалов; под ред. С.А. Фирстова, М. Шлесара. – Киев: Наукова думка, 1993. – С.112-140.
14. Schalunov E. Einfluss der Herstellungsbedingungen auf die Eigenschaften von Al-Al₄C₃-Werkstoffen / E.Schalunov, M.Slesar, M.Besterici, H.Oppenheim, G.Jangg // Z. Metall. - 1986. - № 6. – S.601-606.
15. Шалунов Е.П. Реакционное механическое легирование порошковой меди кислородом и углеродом / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, А.Л. Матросов // Вестник Чувашского университета. Естественные и технические науки. – 2012. – № 3. – С. 252-259.
16. Шалунов Е.П. Объемные наноструктурные материалы для контактов: разработка, производство, применение, реализация / Е.П. Шалунов, И.Е. Илларионов, И.В. Архипов, Х. Вальтер [и др.] // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: сб. мат. I-ой Междунар. научн.- практ. конф. (Чебоксары, 22-24 окт. 2015 г.). - Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2016. - С.351-365.
17. Владимирова Ю.О. Разработка технологии изготовления биметаллических разверток вкладышей тяжело нагруженных подшипников скольжения / Ю.О. Владимирова, Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, И.Е. Илларионов [и др.] // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии: материалы II-ой Республ. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2016. - С. 166-173.
18. Владимирова Ю.О. Некоторые пути повышения производительности процесса получения порошковых биметаллических разверток для вкладышей подшипников скольжения коленчатого вала / Ю. О. Владимирова, И.В. Архипов, И.П. Урянский, Е.А. Терентьев // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2017. - С. 261-266.
19. Валиев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: ЛОГОС, 2000.- 272 с.

УДК 621.914.025.7

РАСПОЛОЖЕНИЕ РЕЖУЩИХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН В СБОРНОМ ИСХОДНОМ КОНТУРЕ ПРОИЗВОДЯЩЕЙ РЕЙКИ ДЛЯ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ

А.В. Зырянов, аспирант,
Е.В. Артамонов, д-р техн. наук,
В.В. Киреев, канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
г. Тюмень, Российская Федерация
e-mail: zyrjanovva@tyuiu.ru

Аннотация: Российскими инструментальными фирмами, которые занимаются производством металлорежущего инструмента, в настоящее время не предлагается конструкций сборных червячных фрез со сменными режущими твердосплавными пластинами для обра-

ботки крупномодульных зубчатых колес. Создание сборных конструкций для машиностроительных предприятий со сменными режущими твердосплавными пластинами (СРТП) является революционным шагом при обработке зубчатых колес. Благодаря этому в разы повышается производительность уже имеющегося оборудования, экономическая эффективность от внедрения качественного инструмента позволяет закупить современное оборудование и сделать работу операторов станков более эффективной и менее трудоемкой. В данной работе предлагается принципиально новое техническое решение, позволяющее повысить эффективность механической обработки инструментом, с расположением режущих твердосплавных пластин в сборном исходном контуре производящей рейки в червячных фрезах. Реализация групповой схемы в сборной червячной фрезе резания достигается путем применения большего количества основных и боковых режущих пластин на архимедовом инструментальном червяке, позволяющих последовательно срезать припуск на обработку и уменьшить величину подачи на режущую пластину, обеспечить равномерность фрезерования, а также снизить величину ударных нагрузок на режущие элементы сборного инструмента. Благодаря применению сменных твердосплавных пластин при групповой схеме резания повышается стойкость и надежность сборной червячной фрезы.

Ключевые слова: твердый сплав, сборная червячная фреза, прогрессивная схема резания, зубчатое колесо

ARRANGEMENT OF THE CUTTING HARD-ALLOY PLATES IN THE COMBINED INITIAL CONTOUR OF THE MAKING LATH FOR WORM MILLS

V. A. Zyryanov, Phd student,

E. V. Artamonov, dr. sc. tech,

V. V. Kireev, cand. sc. tech,

FGBOU IN Tyumen industrial university, Tyumen, Russian Federation

Abstract: The Russian tool firms, which are engaged in production of the metal-cutting tool, do not offer designs of combined worm mills with the replaceable cutting hard-alloy plates for processing of coarse-grain cogwheels now. Creation of combined designs for machine-building enterprises with the replaceable cutting hard-alloy plates (RCHAP) is a revolutionary step when processing cogwheels. Thanks to it the capacity of already available equipment many times increases, the cost efficiency from implementation of the high-quality tool is allowed to buy the modern equipment and to make work of operators of machines more effective and less labor consuming. In this work, essentially new technical solution allowing increasing efficiency of machining by the tool with arrangement of the cutting hard-alloy plates in a combined initial contour of the making rail in worm mills is proposed. Implementation of the group scheme in a combined worm mill of cutting is reached by use of bigger quantity of the main and the side cutting plates on an archimedean tool worm allowing to cut off consistently an allowance for processing and to reduce giving size by the cutting plate, to provide uniformity of milling and also to reduce the size of impact loads on the cutting elements of the combined tool. Thanks to application of replaceable hard-alloy plates at the group scheme of cutting the firmness and reliability of a combined worm mill increases.

Keywords: a hard alloy, an assembly cutting hob, a progressive cutting pattern, a tooth wheel

Государственная программа РФ, направленная на развитие промышленности и повышения ее конкурентоспособности, по совершенствованию создаваемых конструкций сборных инструментов для обработки крупномодульных зубчатых колес, оснащенных сменными режущими твердосплавными пластинами (СРТП), с целью их суще-

ственного повышения работоспособности и производительности является актуальной на сегодняшний день. В тех странах, где налажено производство металлорежущего инструмента, наблюдается активный экономический прирост. Металлорежущий инструмент на сегодняшний день прошел долгий путь совершенствования от цельного до

сборного, с применением сменных твердосплавных элементов, что является широким шагом вперед для развития машиностроительных предприятий.

Процесс зубофрезерования является довольно сложным и трудоемким процессом, который предъявляет огромное количество требований к инструменту из-за возникающих нестационарных нагрузок и напряжений. Поэтому создание сборных конструкций червячных фрез для обработки крупномодульных зубчатых колес является как необходимой мерой, так и экономически оправданной, ввиду экономии инструментального твердого сплава за счет применения сменных твердосплавных пластин.

Целью данного исследования является создание принципиально нового сборного инструмента со сменными режущими твердосплавными пластинами и снижения нагрузок в процессе обработки.

Работ посвященных разработке и созданию новых и модифицированных конструкций инструмента для обработки зубчатых колес сделано огромное количество [1-10]. Рядом ученых предлагались различные технические решения, например:

- применение составных червячных фрез;
- применение сборных червячных фрез с поворотными рейками;
- применение сборных конических фрез;
- применение многозаходных червячных фрез;
- применение червячных фрез с особым расположением режущих канавок;
- применение червячных фрез с измененной схемой резания;
- применение червячных фрез с вершинными режущими кромками зубьев;
- червячные фрезы с конусной заходной частью;
- червячные фрезы с вершинонагруженной схемой резания;
- червячные фрезы с прогрессивной схемой резания;
- червячные фрезы с попеременно нагруженными боковыми кромками зубьев;
- применение червячных фрез со стружкоделительными полукруглыми канавками на вершине зуба;

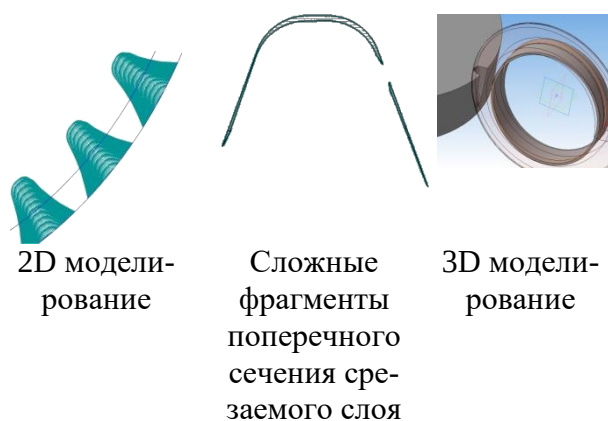
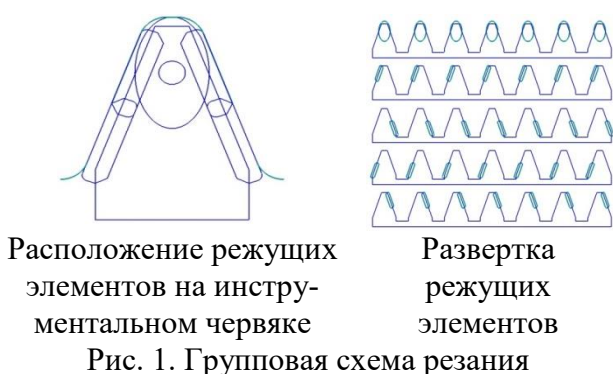
- червячные фрезы с прогрессивной схемой резания с волнистым профилем зуба;
- червячные фрезы с прогрессивной схемой резания со стружкоделительными фасками на вершине зуба;
- червячные фрезы с прогрессивной схемой резания с наклоном вершинных режущих кромок зуба;
- червячные фрезы с положительными передними и увеличенными задними углами;
- червячные фрезы с плоской передней поверхностью зубьев и прямолинейными режущими кромками;
- червячные фрезы с плоской передней поверхностью зубьев и дугообразными режущими кромками;
- червячные фрезы с вогнутой передней поверхностью.

Все перечисленные выше технические решения, конечно же, имеют как свои преимущества так и свои недостатки, которые обуславливаются конкретными условиями их применения. В поисках решений по созданию нового инструмента и оптимального способа закрепления сменных твердосплавных пластин, с целью снижения возникающих нагрузок в процессе обработки было обращено внимание на следующую работу [11].

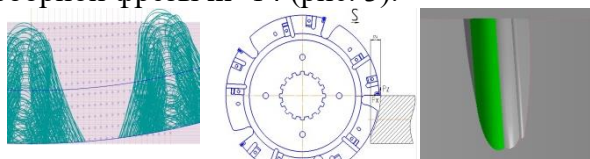
В ней автором исследовано влияние геометрических размеров пластин на величину возникновения главных напряжений. Из чего можно сделать вывод, что толщина пластины более значима, чем ее длина. Однако, простое увеличение толщины режущей пластины при обработке крупномодульных зубчатых колес приведет к дополнительным экономическим затратам. Поэтому выходом из сложившейся ситуации может быть тангенциальное расположение режущих элементов в корпусе зубообрабатывающих фрез [12]. Данное расположение СРТП позволяет обеспечить стабильность позиционирования в корпусе инструмента, облегчить сход стружки из зоны резания, обеспечивается легкий доступ при поломке к крепежным винтам при замене пластин и экономить расход инструментального твердого сплава.

Для реализации тангенциального расположения режущих элементов в корпусе инструмента было принято решение разделить

припуск на обработку и снизить площади срезаемого слоя, путем реализации групповой схемы резания с применением основных – эллипсных пластин, расположенных фронтально и боковых – тангенциально расположенных СРТП. При помощи программного обеспечения Компас – 3D была разработана и спроектирована конструкция сборной червячной фрезы с 5 разными инструментальными рейками, реализуемыми в групповой схеме резания (рис.1).

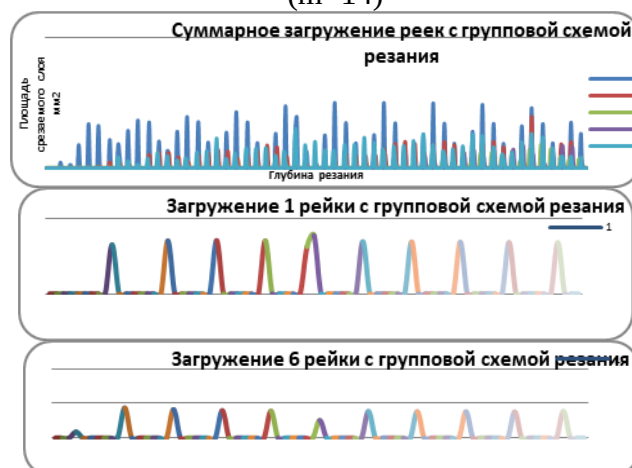
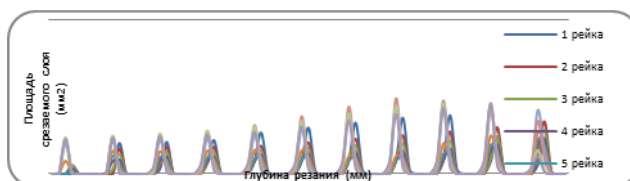


Для проверки эффективности работы данной фрезы было принято решение провести имитационное моделирование процесса механической обработки стандартной червячной фрезы (рис. 2) и разработанной сборной фрезы $m=14$ (рис. 3).



Режимы обработки и исходные данные: стандартная фреза - $Z\phi=25$, $m=14$, $S=3$ мм/об, $S_z=0,3$ мм, $Z_k=32$; сборная фреза - $Z\phi=25$; $m=14$; $S=3$ мм; $S_z=0,12$ мм/об; $Z_k=32$.

По результатам имитационного моделирования были определены площади поперечного сечения срезаемого слоя на передней поверхности зубьев для стандартной и сборной червячной фрезы (рис. 4).



Графики изменения площадей поперечного сечения срезаемого слоя с групповой схемой резания ($m=14$)

Рис. 4

Благодаря реализации групповой схемы резания удалось получить более простые фрагменты площадей срезаемого слоя по сравнению со стандартной червячной фрезой, исключая появления трехэлементной стружки при реальной обработке крупномодульных зубчатых колес. График загрузки при реализации групповой схемы резания показал стабильность нагружения и снижения сил резания в процессе обработки.

Таким образом, на основании проведенных исследований было установлено, что применение тангенциального расположения режущих пластин в корпусе сборной фрезы позволит уменьшить износ червячной фрезы.

зы, путем последовательного срезания припуска на участке профиля зубчатого колеса, отдельными режущими твердосплавными элементами. Благодаря этому, стружка изменяется на более простую форму, что позволит снизить главные напряжения, которые действуют на режущее лезвие инструмента. Применение большего количества режущих элементов в конструкции сборного инструмента и увеличение частоты вращения по

сравнению со стандартной червячной фрезой способствует снижению величины подачи на зуб, увеличению ресурса зубообрабатывающего инструмента, снижению величины износа и вероятности разрушения режущих кромок. Все описанное выше позволяет повысить эффективность зубофрезерования путем увеличения производительности обработки в 2-3 раза.

Список литературы:

1. Смирнов Н.Н., Зубофрезерование многозаходными червячными фрезами с различными схемами резания // Автореферат дис. канд. техн. наук. Киев, 1982 г.
2. Ничков А.Г., Шунаев Б.К., Влияние схемы резания при зубофрезеровании на износ зубьев червячной фрезы // II НТК УПИ /Тез.докл.конф. Свердловск, 1968 г.
3. Ничков А.Г., Основы комплексного исследования процесса зубофрезерования и оптимизации его конструктивных и технологических параметров в простых и комбинированных схемах нарезания зубчатых колес червячными фрезами //дис. докт. техн. наук. Тула, 1991г.
4. Ничков А.Г., Стойкость червячной фрезы в зависимости от схемы резания //Передовой научно-производственный опыт резания металлов /Тез. докл. конф. Свердловск, 1971. С.29-33.
5. Медведицков С.Н., Высокопроизводительное зубонарезание фрезами. М.: Машиностроение, 1981. 106 с.
6. Шунаев Б.К., Петрова С.П., Комбинированные схемы фрезерования зубчатых колес с радиальным врезанием червячной фрезы //Прогрессивные конструкции и методы обработки в инструментальном производстве. Пермь, 1975.
7. Artamonov E.V., Kireev V.V., Zyryanov V.A., Improving the Efficiency of Hobbing Mills, ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research, 2017, Vol. 37, No. 5, pp. 447–449. Allerton Press, Inc., 2017. DOI: 10.3103/S1068798X17050057
8. Egorov S.B., Kapitanov A.V., Loktev D.A., Modern Methods and Technological Solutions for Effective Processing of Gear Wheels. Materials Science Forum, ISSN:1662-9752, Vol.870, pp 397-403, 2016 Trans Tech Publications, Switzerland. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.870.397
9. Papsheva N.D., Akushskaya O.M., Improving the efficiency of the process of gear cutting, Engineering journal of Don. 36 (2015) 54.
10. Жиганов, В. И. Механическая обработка зубчатых колес : учебное пособие / В. И. Жиганов, Ю. А. Сахно, В. В. Демидов, Е. Ю. Сахно. –Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 134 с.
11. Артамонов Е.В. Прочность и работоспособность сменных твердосплавных пластин сборных режущих инструментов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. – 192 с. ISBN 5-88465-416-2
12. Artamonov E.V., Kireev V.V., Zyryanov V.A., An interlocking side mill with retrofittable carbide blades for processing of coarse-pitch tooth wheels, MATEC Web of Conferences 224, 01051 (2018). ICMTMTE – 2018.

УДК 621.9.042:621.822.2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОРЕСУРСНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА МОЩНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

С.О. Красилов, магистрант,
Ю.О.Владимирова, ассистент,
Е.П. Шалунов, канд. техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет
имени И.Н. Ульянова»,
Московский пр., 15, г. Чебоксары, Российская Федерация, 428015
e-mail: yulivladimirova@mail.ru

Аннотация: Приведена новая конструкция многослойных вкладышей подшипников скольжения коленчатого вала мощного дизельного двигателя типа 12 Ч 15/18 и указаны материалы, из которых изготовлены каждый из слоев этой конструкции. Описана технология, разработанная для получения этих вкладышей, которая состоит из трех стадий, на каждой из которых выполняются различные виды обработки. Первая стадия изготовления высокоресурсных подшипников скольжения коленчатого вала представляет собой процесс получения биметаллической развертки, которая состоит из соединенных между собой несущего и подшипникового слоев. На второй стадии (обрабатывающей) производится механическая обработка разверток, с целью изготовления из них полуколец, которые в свою очередь будут являться заготовками для следующей стадии. И, наконец, на третьей (заключительной) стадии производится нанесение на полукольца барьерного, приработочного и защитного слоев методом вакуумного ионно-плазменного напыления. Как показали соответствующие испытания, подшипники скольжения, изготовленные по описанной технологии, имели 2,4 раза больший ресурс по сравнению со штатными вкладышами при удельной нагрузке на них 100 МПа и более при температуре их нагрева до 200°C.

Ключевые слова: дизельный двигатель, подшипник скольжения, наноструктурный материал, антифрикционный материал, порошковая металлургия, механическая обработка, вакуумное ионно-плазменное напыление, ресурс.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR GETTING HIGH-RESOURCE SLIDING BEARINGS FOR CRANKSHAFT POWERFUL ENGINES

C.O. Krasilov, master student,
Yu.O. Vladimirova, assistant,
E.P. Shalunov, cand. sc. tech., professor,
(FSBEI of HE Chuvash State University named after I.N. Ulyanov,
Moscow pr., 15,
Cheboksary, Russian Federation, 428015)

Abstract: This article presents a new design of multilayer sliding bearings for crankshaft of a powerful diesel engine type 12 H 15/18 and indicates the materials from which each of the layers of this design are made. A technology developed to produce these liners is described, which consists of three stages, each of which performs different types of processing. The first stage of manufacturing high-yield crankshaft bearings is the process of producing a bimetallic reamer, which consists of interconnected bearing and bearing layers. At the second stage (processing), the mechanical processing of the reamers is performed, in order to manufacture semicircles from them, which in turn will be blanks for the next stage. And, finally, at the third (final) stage, the barrier, burn-in and protective layers are applied to the semirings using vacuum ion-plasma spraying. As the relevant tests showed, the plain bearings manufactured according to the described technology had a 2.4 times

greater resource compared to regular liners with a specific load of 100 MPa or more at a temperature of their heating to 200° C.

Keywords: diesel engine, sliding bearing, nanostructured material, antifriction material, powder metallurgy, mechanical processing, vacuum ion-plasma spraying, resource.

В последние годы в Российской Федерации уделяется большое внимание развитию мощных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), особенно, дизельных, в том числе форсированных для тягово-транспортных объектов различного назначения [1]. Одним из таких объектов является гусеничный дизель-электрический бульдозер типа ДЭТ-250М2 (рис. 1) промышленного назначения, который предназначен для выполнения землеройных работ на строительстве различных объектов, добыче полезных ископаемых и для выполнения землеройных работ и рыхления скальных пород в горно-добывающей отрасли.



Рис. 1. Бульдозерно-рыхлительный агрегат ДЭТ-250М2 с двигателем типа 12Ч 15/18

Этот бульдозер снабжен новой электро-механической трансмиссией и приводится в движение при помощи установленного на нем дизельного двигателя типа 12 Ч 15/18.

Одними из деталей указанных ДВС, во многом определяющих их стабильную работу и требуемый ресурс, являются вкладыши подшипников скольжения коленчатого вала [1,2]. Поэтому разработке высокоресурсных деталей и технологии их производства в последнее время уделяется значительное внимание [3,4]. Так, в результате научно-технического сотрудничества АО «Научно-исследовательский институт двигателей» с Объединенной НИЛ качества, обрабатываемости и нано-композиционных материалов Чувашского государственного

университета была разработана конструкция многослойных вкладышей подшипников (рис.2) коленчатого вала дизеля типа 12Ч 15/18 и его модификаций на несущем основании 2 из теплопрочного наноструктурного материала на основе порошковой меди системы Al-Cu-C-Омарки С0/97 ДИСКОМ®, приведенного в Техусловиях ТУ1479-002-13092819-2001 [5,6].

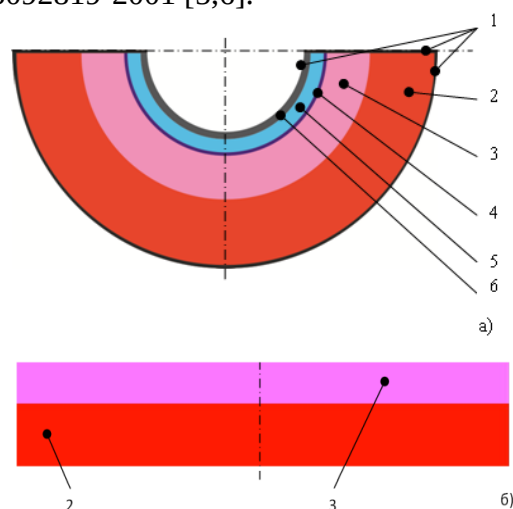


Рис. 2. Конструкция (модель) многослойного радиального подшипника скольжения в виде вкладыша (а) и его биметаллическая развертка (б):

- 1 – защитный слой;
- 2 – несущий слой;
- 3 – подшипниковый (антифрикционный) слой;
- 4 – промежуточный (барьерный) слой;
- 5 – прирабочный внутренний слой;
- 6 – прирабочный наружный слой

Подшипниковый слой изготовлен из бессвинцового антифрикционного композиционного материала (АКМ) матрично-наполненного типа системы Cu-Sn-Al-MoS₂-C [7÷9] и покрыт при помощи метода вакуумного ионно-плазменного напыления промежуточным никелевым слоем 4, на кото-

рый тем же методом сначала нанесен внутренний приработочный слой 5 из алюминево-оловянного сплава, а затем - наружный приработочный слой 6 из олова. Все поверхности вкладыша покрыты оловянным защитным слоем 1

В АКМ искусственно объединены пластичная металлическая матрица из порошков меди и олова и расположенные в ней высокопрочные, теплоустойчивые наполнители с низким коэффициентом трения в виде механолегированных гранул, которые содержат механо-химически синтезированные частицы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ размерами 24 - 76 нм [10÷14]. Благодаря тщательно подобранному химическому составу и указанному сочетанию фаз, достигаются высокая температура рекристаллизации (650 °C) и чрезвычайно низкая интенсивность изнашивания материала, которая при ступенчато возрастающем до 100 МПа контактном давлении в трибосопряжении составляет $1,9 \cdot 10^{-11}$, при этом данный показатель для контртела из стали 40X твердостью 42-45 HRC- на два порядка меньше [5, 8].

Анализ различных вариантов технологий изготовления указанных вкладышей показал, что наиболее предпочтительным является вариант, когда весь производственный процесс условно разделяется на три стадии, на каждой из которых используются те или иные необходимые технологические процессы. В частности, на первой стадии (заготовительной) должны быть изготовлены биметаллические развертки вкладышей в виде пластин из соединенных между собой несущего 2 и подшипникового 3 слоев (см. рис. 2, б) [15]. На второй стадии (обрабатывающей) должны быть сосредоточены разные технологические процессы, которые обеспечивают в итоге изготовление из разверток самих вкладышей. Прежде всего, необходимо использование таких операций техпроцесса механообработки, как:

- гибка и пластическое обжатие по толщине развертки с обеспечением заданной величины осадки стыков на механических или вертикальных гидравлических прессах;
- сверление радиальных отверстий в полученных гибкой полукольцах на вертикально-сверлильных, радиально-сверлильных станках или многошпиндельных сверлильных агрегатах;
- протягивание, фрезерование или шлифование стыковых поверхностей на полукольцах соответственно на протяжных, вертикальных консольно-фрезерных или на плоскошлифовальных станках;
- протягивание или растачивание внутренней поверхности полуколец соответственно на внутрипротяжных или алмазно-расточных станках;
- надрубка замков (при их наличии) на внутренней поверхности полуколец с использованием штампа на кривошипно-шатунных прессах.

Далее необходимо выполнить следующие операции технологического процесса нанесения покрытий на полукольца:

- обезжиривание, промывка, сушка и декапирование полуколец;
- покрытие внутренней поверхности полуколец никелем, затем алюминиевым сплавом системы Al-Sn-Cu и оловом методом вакуумного ионно-плазменного напыления;
- технический контроль качества покрытий по толщине, химическому составу и адгезии к подшипниковому материалу, контроль размеров и отклонений от них полученных полуфабрикатов вкладышей;
- покрытие всех поверхностей полуфабрикатов вкладышей защитным слоем олова методом вакуумного ионно-плазменного напыления.

Далее должны следовать следующие заключительные операции данной стадии производственного процесса:

- выходной контроль: контроль качества оловянного покрытия, отклонений от размеров и геометрических форм, шероховатости поверхностей полученных вкладышей коленчатого вала, в том числе контроль прилегания вкладыша под заданной нагрузкой к постели контрольного блока и выступания

поверхности стыка полукольца над его плоскостью;

- маркировка вкладышей на их наружной поверхности методом ударно-точечной маркировки;

- упаковывание вкладышей по типоразмерам в тару;

- транспортирование тары с вкладышами на склад готовой продукции.

Разработанная технология была реализована при изготовлении опытных партий вкладышей подшипников скольжения ко-

ленчатого вала указанного выше дизельного двигателя, которые были подвергнуты предварительным и далее приемочным стендовым испытаниям, результаты которых показали, что те технические решения, которые были заложены как в конструкцию вкладышей подшипников, так и в приведенную здесь технологию их получения, обеспечили этим изделиям в 2,4 раза больший ресурс по сравнению со штатными вкладышами при удельной нагрузке на них 100 МПа и более при температуре их нагрева до 200 °С [5,6].

Список литературы:

1. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование: учебник для вузов. Кн. 2 / В.Н. Луканин [и др.]; 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 400 с.
2. Зиновьев Р. Подшипники скольжения / Р. Зиновьев, Ю. Мережко. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 384 с.
3. Голенков В.А. Новый способ повышения ресурса работы подшипников скольжения / В.А. Голенков, С.Ю. Радченко - Москва: Машиностроение, 2009. – 489 с.
4. Галахов М.А. [Расчет подшипниковых узлов / М.А. Галахов, А.Н. Бурмистров - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.](#)
5. Шалунов Е.П. Износостойкие подшипники скольжения из наноструктурных материалов для мощных электродвигателей / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, И.П. Урянский // Вестник Чувашского университета. Технические науки. – 2015. - № 1. – С. 131-139.
6. Шалунов Е.П. Пути повышения надежности подшипников скольжения дизель-генераторных установок для аварийного энергоснабжения систем безопасности атомных электростанций / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, А.В. Воронин // Вестник Чувашского университета. Технические науки. – 2017. - № 1. – С. 200-210.
7. Смирнов В.М. Антифрикционный композиционный материал для тяжело нагруженных подшипников скольжения / В.М. Смирнов В.М., Е.П. Шалунов, И.П. Урянский // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: материалы 1-ой междунар. науч.- практ. конф. (Чебоксары, 22-24 ноября 2015 г.) - Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2015. – С. 332-340.
8. Смирнов В.М. Антифрикционный наноструктурированный композиционный материал на основе порошковой меди для тяжело нагруженных подшипников скольжения / В.М. Смирнов, Е.П. Шалунов // Деформация и разрушение материалов и наноматериалов: сб. тр. 7-ой междунар. конф. (Москва, 7-10 ноября 2017 г.) - М.: ИМЕТ РАН, 2017. – С. 438-440.
9. Шалунов Е.П. Создание теплопрочных композиционных материалов матрично-наполненного типа для тяжело нагруженных элементов узлов трения / Е.П. Шалунов, И.Е. Илларионов // Литейщик России. – 2018. - № 5. – С. 25-29.
10. Dovydenkov V.A. Experience of production and use of precipitation strengthened copper based materials made by mechanical alloying / V.A. Dovydenkov, E.P. Shalunov // [Powder Metallurgy](#). - 1998. - T. 1. - С. 372.
11. Shalunov E. [Development, production and application of DISCOM® copper nanocomposites as high-ly resource electrode and electric contact materials](#) / E. Shalunov, A. Matrosov, L. Chen: [Proc. of the Euro Int. Powder Metallurgy Congress \(Euro PM 200\)](#). – Mannheim: EPMA, 2008. – pp. 33-38.
12. Шалунов Е.П. Реакционное механическое легирование порошковой меди кислородом и углеродом / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов // Вестник Чувашского университета. – 2012. – № 3. – С. 252-259.

13. Шалунов Е.П. О механизмах формирования структуры и свойств композиционных материалов системы Cu-Al-C-O, получаемых на основе метода реакционного механического легирования / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов // Вестник Чувашского университета. - 2013. - № 3. - С. 314-322.

14. Шалунов Е.П. Разработка научных основ, технологии и оборудования для получения и обработки полуфабрикатов из дисперсно-упрочненных композиционных материалов / Е.П. Шалунов, Н.В. Данилов, Я.М. Липатов // Охрана труда и прогрессивные технологические процессы в литейном производстве, порошковой металлургии и машиностроении: тез. межреспубл. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 1990. - С. 287-289.

15. Владимирова Ю.О. Разработка технологии изготовления биметаллических разветок вкладышей тяжело нагруженных подшипников скольжения / Ю.О. Владимирова, Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, И.Е. Илларионов [и др.] // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии: материалы II-ой Республ. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2016. - С. 166-173.

УДК 621.923.6

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛОСКОГО ШЛИФОВАНИЯ ЗА СЧЕТ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОАЛМАЗНОЙ ОБРАБОТКИ

Д.А. Коновалов, магистрант

А.С. Никифоров, магистрант

М.В. Купцов, ассистент,

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
Московский пр, д. 15, г. Чебоксары, Российская федерация, 428015

e-mail: ALL-QSim@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы, связанные с повышением эффективности плоского шлифования за счет комбинированной электроалмазной обработки и модернизации технологического оборудования. При традиционной абразивной обработке высокопрочных и труднообрабатываемых материалов возникают различные дефекты (сколы, трещины, нежелательные фазовые превращения в обрабатываемом материале) на обрабатываемой поверхности вследствие высоких нагрузок и температур. Применение и внедрение метода комбинированных методов обработки позволяет минимизировать дефекты и получить необходимое качество. Комбинируя механическое воздействие абразивных зерен инструмента и создание дополнительного электрофизического и электрохимического воздействия на заготовку и абразивный инструмент позволяет повысить эффективность плоского шлифования. Реализация комбинированных технологий требует использования либо нового оборудования, либо модернизации существующего. Представлены этапы модернизации плоскошлифовального оборудования под процессы комбинированной электроалмазной обработки для исследования данной технологии в экспериментальных условиях. Для этого необходимо исследовать суть метода, поставить эксперименты для создания методических рекомендаций по применению и внедрению метода на станки плоскошлифовальной группы. Исследования в данной области помогут реализовать данную технологию на производстве, а следовательно повысить качество получаемой продукции и ее конкурентоспособности на мировом рынке.

Ключевые слова: плоское шлифование, инструмент, комбинированный метод, электрофизическое воздействие, цепь электрохимической правки, цепь травления круга, абразивные зерна, модернизация оборудования, финишная обработка.

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF FLAT GRINDING THROUGH COMBINED DIAMOND TREATMENT

D.A. Konovalov, master student

A.S. Nikiforov, master student

M.V. Kuptcov, assistant,

(FSBE HE The Chuvash State University named after I. N. Ulyanov

Moskovsky pr, d. 15, Cheboksary, Russian Federation, 428015

Annotation: *The article discusses the problems associated with improving the efficiency of flat grinding due to the combined electro-diamond processing and modernization of process equipment. With traditional abrasive machining of high-strength and difficult-to-work materials, various defects arise (chips, cracks, undesirable phase transformations in the processed material) on the surface being treated due to high loads and temperatures. The use and implementation of the method of combined processing methods allows minimizing defects and obtaining the required quality. Combining the mechanical effect of the abrasive grains of the tool and the creation of additional electrophysical and electrochemical effects on the workpiece and the abrasive tool allows you to increase the efficiency of flat grinding. Implementation of the combined technologies requires the use of either new equipment or modernization of the existing one. The stages of modernization of surface grinding equipment for the processes of combined electro-diamond processing for the study of this technology in experimental conditions are presented. To do this, it is necessary to investigate the essence of the method, to conduct experiments to create guidelines for the application and implementation of the method on the surface grinding machine tools. Research in this area will help to implement the technology in production, and hence increase the competitiveness of products on the world market.*

Keywords: *flat grinding, tool, combined method, electrophysical effect, electrochemical straightening circuit, circle etching circuit, abrasive grains, equipment modernization, finishing.*

Обеспечение качества при финишной обработке высокопрочных, труднообрабатываемых материалов является актуальной [1-2]. При обработке таких материалов традиционными методами шлифования, проблемой является появление различного вида дефектов на обработанной поверхности (прижоги, микро- и макротрещины и т.д.), возникающих вследствие высоких нагрузок, характерных для этих методов [3-8]. Для повышения качества обработанных поверхностей на финишных операциях требуется разработка новых и совершенствование существующих методов обработки, условий и оборудования для их реализации [9-14]. К таким методам относят современные комбинированные методы абразивной обработки, сочетающие в себе механическое и электрическое воздействие на обрабатываемое изделие [15-17]. Они позволят значительно повысить качество изготавливаемой продукции и эффективность обработки. На сегодняшний день на рынке металлообрабатывающего оборудования существует ши-

рокий спектр станков, функционал которых позволяет производить формообразование деталей комбинированными методами абразивной обработки, но стоимость подобного оборудования достигает десятков миллионов рублей. На предприятиях машиностроительной отрасли существует большое количество факторов, не позволяющих приобрести новое оборудование, взамен устаревшего, реализовав тем самым перспективные технологии в условиях современного производства. Выходом из сложившейся ситуации является модернизация существующего оборудования под процессы комбинированной обработки.

Модернизация имеющихся станков под комбинированные методы обработки значительно расширяет возможности технологического оборудования для обработки высокопрочных материалов. Одним из перспективных методов является комбинированное электроалмазное шлифование с одновременной электрохимической правкой шлифовального круга на металлической связке [18-

21]. Несмотря на то, что метод комбинированного электроалмазной обработки известен с советских времен, возможности данной технологии еще не исчерпаны в полной мере. Поэтому задача совершенствования, изучения, и развития комбинированного метода финишной обработки высокопрочных материалов и повышения работоспособности алмазного абразивного инструмента остается актуальной.

Метод подразумевает в себе комбинацию механического воздействия абразивных зерен инструмента на обрабатываемую поверхность и создании дополнительного электрофизического и электрохимического воздействия на заготовку и абразивный инструмент посредством создания двух независимых электрических цепей [18-21]. Первая цепь - цепь травления, где анодом служит разупрочняемый поверхностный слой изделия, а алмазный круг - катодом. Вторая цепь - это цепь электрохимической правки поверхности алмазного круга, которая обеспечивает восстановление режущей способности абразивного инструмента правящим катодом, где анодом выступает алмазный инструмент на металлической связке с образовавшимся в процессе работы засаленным слоем [22-24]. Работа цепей обеспечивается за счет подачи в зону резания токопроводящего электролита.

Рассмотрим модернизацию оборудования под процессы комбинированной электроалмазной обработки, на примере плоскошлифовального станка модели 3Г71 (рис.1). Данный станок предназначен для шлифования деталей периферией круга.



Рис.1. Плоскошлифовальный станок 3Г71

Станок в данной конфигурации имеет систему подачи, сбора и фильтрации СОЖ. Модернизация станка заключается в возможности реализации механических, электрофизических и электрохимических процессов на выбранном технологическом оборудовании.

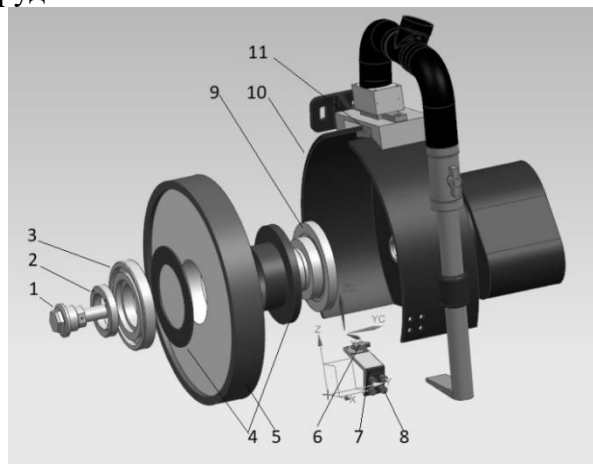


Рис. 2. 3D модели модернизированных узлов станка 3Г71

Для формирования цепи травления необходимо (рис. 2):

1. Установить диэлектрические вставки 4 на фланец станка 9;
2. Установка алмазного круга на металлической связке 5 и второй диэлектрической вставкой 4, что бы обеспечить надежную изоляцию круга при подаче напряжения на станок от источника тока через токосъемник 6;
3. Установка зажимной регулировочной шайбы 3;
4. Установка собранной конструкции круга на шпиндель станка;
5. Установка стопорной гайки 2 и окончательная закрепление круга фиксирующим болтом 1;
6. Установка токосъемника 6 с пластинами из диэлектрика 8, на пластине крепления 7, для предотвращения короткого замыкания, в защитном кожухе 2.

Для формирования цепи правки (рис. 2):

1. Правящий катод 6, используемый для реализации алмазного шлифования, имеет сегментный вид. Конструкция состоит из корпуса, закрепленного к кожуху станка 2, к корпусу закреплены направляющие, поверх которых крепится пружина, исключаяющая колебания катода и микрометрический винт для регулировки межэлектродного зазора.

Подача СОТС будет проходить через патрубки в зону правки круга и травления.

Исследования в этом направлении позволят:

- разработать конструкторско-технологическую документацию по модернизации станков плоскошлифовальной группы под процессы комбинированной электроалмазной обработки;
- расширить область применения алмазных кругов на металлической связке и повысить эффективность их использования;
- создать методику выбора рациональных режимов резания обработки методом комбинированного электроалмазного шлифова-

ния для обеспечения требуемого качества, обработанных изделий;

- получить значительный экономический эффект при внедрении в производств метода комбинированной электроалмазной обработки, за счет экономии средств на модернизации существующего оборудования взамен приобретение нового и вследствие повышения качества обработанных изделий, увеличения срока службы изделий.

Представленные в статье этапы модернизации позволят проводить дальнейшие исследования по повышению эффективности плоского шлифования.

Список литературы:

1. Владимирова Ю.О. Разработка жаро- и износостойких порошковых наноконпозиционных материалов для поршней машин литья под давлением / Ю.О. Владимирова, Е.П. Шалунов, Н.В. Мулюхин, И.Е. Илларионов // В сборнике: Современные технологии в машиностроении и литейном производстве материалы I-ой Международной научно-практической конф. – Чебоксары, 2015. – С. 153-160.
2. Скрипняк Е.Г. Керамические наноконпозиты на основе диборида циркония / Е.Г.Скрипняк, Д.В.Лобанов, В.В.Скрипняк, А.С.Янюшкин, В.А.Скрипняк, Д.А.Рычков // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 2 (10). С. 95-98.
3. Кузнецов А.М. Расчет напряжений, возникающих при затачивании твёрдосплавного инструмента с малым углом заострения / А.М.Кузнецов, С.А.Якимов, Д.В.Лобанов, А.С.Янюшкин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 2 (22). С. 25-30.
4. Лобанов Д.В. Методика прогнозирования поврежденности твердого сплава при затачивании инструмента для обработки неметаллических композитов / Д.В.Лобанов, Н.В.Мулюхин // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2018 – Т. 5, №1-2. – С. 78.-84.
5. Салов П.М. Определение относительной абразивной способности кругов при безалмазной непрерывной правке / П.М.Салов, В.Н.Цай, С.С.Сайкин, Ю.И.Воронцов, Н.В.Мулюхин // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 4. С. 57-59.
6. Янюшкин А.С. Пути решения проблем формообразования режущего инструмента для обработки неметаллических композитов / А.С. Янюшкин, Д.В. Лобанов, Н.В. Мулюхин // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2018. Т. 20. № 3. С. 36-46.
7. Братан С.М. Моделирование процесса стохастического взаимодействия инструмента и заготовки на операциях шлифования / С.М. Братан, В.Б. Богуцкий, Ю.К. Новоселов, С.И. Рощупкин // Научные технологии в машиностроении. 2017. № 5 (71). С. 9-18.
8. Салов П.М. Длительность воздействия тепловых импульсов при шлифовании / П.М. Салов, Д.П. Салова, М.В. Купцов // В сборнике: Инновационные технологии в металлообработке Сборник научных трудов. Ответственный редактор Н.И. Веткасов. 2017. С. 118-122.
9. Гартфельдер В.А. Наладка заточного станка ЗБ667 при работе методом двойного травления / В.А. Гартфельдер, Б.П.Медведев, М.В.Купцов, П.М.Салов // В сборнике: Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение Материалы III-ей Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Е. Илларионов. 2017. С. 268-272.
10. Yanyushkin A. Contact processes in grinding / A. Yanyushkin, D. Lobanov, P. Arkhipov, V. Ivancivsky // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 788. С. 17-21.

11. Bratan S. Application of combined taps for in-creasing the shaping accuracy of the internal threads in aluminium alloys / S. Bratan, P. Novikov, S. Roshchupkin // В сборнике: Procedia Engineering 2. Сер. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016" 2016. С. 802-808.

12. Григорьев В.С. Заточка инструмента при малых усилиях / В.С. Григорьев, Б.П. Медведев, Н.В. Мулюхин, П.М. Салов, М.В. Купцов // В сборнике: Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение Материалы III-ей Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Е. Илларионов конф. – Чебоксары, 2017. – С. 261-264.

13. Реченко Д.С. Повышение эффективности твердосплавного финишного лезвийного инструмента путем сверхскоростного затачивания и разработки комплекса условий его эксплуатации: автореф. дис. доктора техн. наук. – Томск, 2018. – 37. с.

14. Bratan S. Identification of removal parameters at combined grinding of conductive ceramic materials / S. Bratan, S. Roshchupkin, A. Kolesov, B. Bogutsky // В сборнике: MATEC Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTTE 2017" 2017. С. 01079.

15. Янюшкин А.С. Технология электроалмазного затачивания режущих инструментов и методы её реализации/ Монография / А.С. Янюшкин. - Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии. - 2013. – 336 с.

16. Янюшкин А.С. Комбинированная электроалмазная обработка инструментальных сталей. / Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Васильев Е.В., Попов А.Ю. // Братск, 2009. 228 с.

17. Гордон М.Б., Янюшкин А.С. Высокоэффективная электрохимическая обработка твердых сплавов в режиме самозатачивания алмазного круга и одновременного травления поверхности изделий // Вестник машиностроения. – 1984. – №3. – 78 с.

18. Патент № 2304504 RU, МПК В24В53/00, В23Н3/00. Метод автоматического управления процессом непрерывной электрохимической правки круга и устройство для его осуществления/ А.С. Янюшкин, А.А. Сурьев, Иващенко Р.А., Архипов П.В., Якимов С.А., Лосев А.Б. Заявлено 31.01.2005; Опубл. 20.08.2007,. Бюл. 23.

19. Патент № 2268119 RU, МПК В23Н3/00, В23Н5/06, В23Н7/00. Способ автоматического управления режущей способностью абразивного круга на токопроводящей связке/ А.С. Янюшкин, А.А. Сурьев. Заявлено 26.04.2004; Опубл. 20.01.2006,. Бюл. 02.

20. Патент № 2239525 Российская Федерация С 1. Устройство для комбинированной электроалмазной обработки с непрерывной правкой круга / А.С. Янюшкин, С.П. Ереско, А.А. Сурьев, В.С. Ереско, А.М. Кузнецов. - № 2003105413; заявл. 25.02.2003; опубл. 10.11.2004, Бюл. № 31.

21. Янюшкин А.С. Строение алмазоносного слоя кругов на металлической связке при обработке твердых сплавов различными методами. / Янюшкин А.С., Сурьев А.А // 29 межрегиональная научно-практическая конференция «Технические науки, технологии и экономика»: Материалы конференции. – Чита: ЧитГТУ, 2002. – С. 25–36.

22. Янюшкин А.С. Потеря режущей способности алмазных кругов на металлической связке при шлифовании композиционных материалов / Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В. //Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2013. № 1 (47). С. 178-183.

23. Патент РФ № 145108 Абразивный круг для электрохимического шлифования с параллельным расположением токопроводящих вставок/Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Лобанов Д.В., Попов В.Ю., Сурьев А.А., Архипов П.В., Кузнецов А.М., Медведева О.И./ Опубл. 10.09.2014. Бюл. № . (Заявка № 2014105639/02от 14.02.2014.). Бюл. 25

24. Патент РФ №2446039. Конструкция катода для правки круга при комбинированной электроалмазной обработке / Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А. и др. / Опубл. 27.03.2012. Бюл. № 9.

УДК 621.7.01:669.2/.7

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ ВТУЛОК КЛАПАНОВ ВЫСОКОФОРСИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ИЗ ЖАРО - И ИЗНОСОСТОЙКОГО МЕДНОГО НАНОСТРУКТУРНОГО МАТЕРИАЛА

А.С. Петров, магистрант,
Ю.О. Владимирова, ассистент,
Е.П. Шалунов, канд. техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет
Московский пр., 15, г. Чебоксары, Российская Федерация, 428015
e-mail: alexandr.petrov2@gmail.com

Аннотация: Дан анализ современных и перспективных материалов для направляющих втулок клапанов двигателей внутреннего сгорания и показаны наиболее перспективные из них, в частности наноструктурные материалы на основе порошковой меди. Показана технология изготовления горячепрессованных полуфабрикатов из разработанного жаро – и износостойкого наноструктурного материала, получаемого с использованием метода реакционного механического легирования в атриторе из порошков меди, алюминия и графита. Разработанная технология состоит из следующих операций: подготовка исходной смеси из стандартных порошков, обработка подготовленной смеси в атриторе, холодное прессование брикетов по схеме двустороннего прессования, нагрев и их выдержка в течение требуемого времени, горячее прессование (экструзия) брикетов с температуры их нагрева в с требуемой степенью деформации материала. Приводится технология изготовления из прутка направляющих втулок клапанов, основными операциями которой являются: фрезерно-центровальная, токарно-копировальная, токарная с ЧПУ, сборочная, вертикально-сверлильная, сверление, зенкерование, зенкование и развертывание. Разработанная технология была использована при изготовлении прутков медного объемного наноструктурного материала и партий опытных образцов направляющих втулок клапанов из них для ГРМ форсированных ДВС гоночных автомобилей ряда отечественных предприятий.

Ключевые слова: форсированные двигатели внутреннего сгорания, направляющая втулка клапана, реакционное механическое легирование, наноструктурный материал, порошковая металлургия, механическая обработка.

DEVELOPMENT OF THE OBTAINING PROCESS OF THE VALVE GUIDES OF HIGHLY FORGED INTERNAL COMBUSTION ENGINES FROM HEAT - AND WEAR- RESISTANT NANOSTRUCTURED COPPER MATERIAL

A.S. Petrov, master student,
Yu.O. Vladimirova, assistant,
E.P. Shalunov, cand. sc. tech., professor,
(FSBEI of HE Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Moscow pr., 15,
Cheboksary, Russian Federation, 428015)

Abstract: The analysis of modern and promising materials for the valve guides of internal combustion engines is given, and the most promising of them are shown, in particular, nanostructured materials based on copper powder, are shown. The technology of manufacturing hot – pressed semi-finished products from the developed heat-and wear-resistant nanostructured material obtained using the method of reactionary mechanical alloying from copper, aluminum and graphite powders is shown. The technological process consists of the following operations: - preparation of the initial mixture of standard powders, processing the prepared mixture in an attritor, cold pressing of briquettes using a two-sided pressing scheme, heating and holding them for the required time, hot pressing (extrusion) of briquettes from their heating temperature the required degree of defor-

mation of the material. The technology of manufacturing the valve guide sleeves from the rod is given, the main operations of which are: milling and centering, turning and copying Nye, CNC turning, assembly, vertical boring, drilling, reaming, countersinking and deployment. The developed technology was used in the manufacture of copper bars of bulk nanostructured material and lots of prototypes of valve guide sleeves for them for the timing of forced ICE racing cars of a number of domestic enterprises.

Keywords: forced internal combustion engines, valve guide, reactionary mechanical alloying, nanostructured material, powder metallurgy, machining.

Основным назначением газораспределительного механизма (ГРМ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является своевременная подача рабочей смеси из топлива и воздуха в камеру сгорания и вывода газов из цилиндров ДВС. При этом газораспределительные механизмы вне зависимости от расположения распределительных валов в двигателе включают в себя клапанную группу, передаточные детали и распределительные валы с приводом [1-5].

Очевидно, что для стабильной работы двигателя важно, чтобы характеристики каждой детали ГРМ соответствовали бы первоначальным требованиям, ибо выход из строя любой детали какого-либо механизма отрицательно скажется на всей работе двигателя.

При этом, внешними признаками неисправности газораспределительного механизма ДВС являются: уменьшение компрессии, хлопки во впускном и выпускном трубопроводах, падение мощности двигателя и металлические стуки. Уменьшение компрессии, хлопки во впускном и выпускном трубопроводах, а также падение мощности двигателя возможно вследствие плохого прилегания клапанов к седлам. Плохое прилегание к седлам, в свою очередь, происходит вследствие отложения нагара на клапанах и седлах, образования раковин на рабочих поверхностях, коробления головок клапанов, поломки клапанных пружин, заедания стержня клапана в его направляющей втулке, а так же отсутствия зазора между стержнем клапана и коромыслом (рычагом) [2,5]. Так, одной из неисправностей седел клапанов, особенно, выпускных, является образование «выемки» (эрозии) на их рабочей поверхности. Ранее свинцовые соединения, добавляемые в бензин, обеспечивали качественную смазку, которая эффективно противостояла эрозии седел выпускных клапа-

нов. В наши дни состав бензина не обеспечивает необходимую смазку клапанов и седел, и выемки, образующиеся у седел, являются серьезной проблемой.

Одной из причин возникающей эрозии являются зазоры в направляющих втулках клапанов. Из-за высоких температур, возникающих в процессе работы двигателя, материал седел клапанов становится менее устойчив к постоянным ударам от работающих клапанов. Эта проблема так же усиливается из-за ослабления клапанов в направляющих втулках, так как контакт стержня и клапана с втулкой происходит по-другому и клапан рассеивает тепло иначе. К тому же, ослабленные из-за износа втулки приводят к тому, что клапан садится в седло в неправильном положении, что так же ускоряет эрозию. Кроме того, изношенные втулки могут привести к попаданию масла в цилиндры, что тоже недопустимо: когда масло смешивается с рабочей смесью находящейся в камере сгорания топливо будет ниже по октановому числу, загрязнение маслом увеличит шанс возникновения детонации, особенно, при высоких степенях сжатия [1,4,5].

Таким образом, вопрос снижения износа направляющих втулок клапанов является весьма актуальной задачей [2-4].

Анализ источников [1-7] показывает, что направляющие втулки клапанов чаще всего изготавливают из специальных жаропрочных сталей, и для предотвращения износа их, как правило, подвергают методам термической и электрохимической обработки. Эти детали ГРМ в зависимости от условий эксплуатации могут изготавливаться так же из серых перлитных и отбеливающих чугунов, клапанных аустенитных сталей и спеченных материалов на основе железа, компактных и спеченных материалов на основе меди и из композиционных материа-

лов. Однако, в последнее время применение этих материалов подвергается пересмотру в связи с несоответствием этих материалов возросшим требованиям к материалам для направляющих втулок клапанов современных двигателей, особенно, высокофорсированных.

Действительно, как следует из источников [2, 4-6], не смотря на то, что аустенитные стали и серые чугуны нашли широкое применение в производстве направляющих втулок клапанов двигателей и обладают высокими прочностными свойствами, являясь при этом относительно дешевыми материалами, они в трибосопряжениях ведут себя неоднозначно и часто приводят к интенсивному изнашиванию самого клапана. Так же необходимо отметить, что данным недостатком не обладают широко известные и так же широко применимые латуни и бронзы, однако их применение возможно исключительно в маломощных и тихоходных ДВС. Это обусловлено низкой температурой рекристаллизации данных материалов (не более 400...500°C).

Как известно [8-11], высокой температурой рекристаллизации – до 0,95 от температуры плавления меди – обладают объемные наноструктурные материалы на основе порошковой меди, имеющие субзеренную структуру с равномерно распределенными в ней термодинамически стабильными фазами в виде оксидов, карбидов, нитридов, боридов нанодисперсного уровня, которые обеспечивают таким материалам высокую температуру рекристаллизации и повышенную жаропрочность. Такие материалы предназначены, прежде всего, для изделий, работающих при высоких температурах и силовых нагрузках.

Однако, материал для направляющих втулок клапанов должен обладать так же очень хорошими антифрикционными свойствами, для чего он должен содержать в своем химическом составе антифрикционные добавки [6,7,12-14]. В настоящей работе в качестве таких добавок предлагается использовать графит, который вводится в исходную смесь порошков меди и алюминия в таком количестве, чтобы в изготовленном из этой порошковой смеси конечном материале

содержание графита было бы достаточным для выполнения им роли сухой смазки.

Для получения конечного материала из порошковой смеси использовали метод реакционного механического легирования (РМЛ) в атриторе [11,15-19] в совмещении с приемами порошковой и гранульной металлургии. Особенность данного метода состоит в том, что для получения материала с размерами упрочняющих частиц менее 100 нм не требуется использовать нанодисперсные порошки упрочняющих соединений, в частности, оксидов, чтобы их диспергировать в медную матрицу материала и там равномерно распределить. Необходимые химические соединения упрочняющей фазы, а именно, оксид алюминия с размером частиц 23...48 нм образуется непосредственно в процессе РМЛ в результате осуществления твердофазных реакций (механохимического синтеза) между введенным в медный порошок алюминием и кислородом воздуха, содержащимся в рабочей камере атритора. При этом окисляется так же и сама медь, но частицы ее окисных соединений по размерам значительно превышают частицы оксида алюминия, в связи с чем эффект упрочнения от них будет незначительный, а негативное влияние на пластические свойства материала и на его теплопроводность, наоборот, будет очень значительным. Введенный в исходную порошковую смесь графит в течение различных операций восстанавливает медь из ее оксидов [15-17], а оставшийся графит служит сухой смазкой. При этом, содержание углерода варьировали в зависимости от количества алюминия в смеси из следующего расчета: на 1 массовую долю алюминия должно приходиться 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5 массовых долей углерода, причем содержание алюминия в смеси варьировали от 2 масс. % до 4 масс. %.

В результате исследований и сравнительных испытаний удалось определить наиболее подходящий вариант химического состава материала, свойства которого в наибольшей степени соответствуют требованиям к материалам для направляющих втулок клапанов высокофорсированных ДВС [2,4-7]. В частности, температура рекристаллизации этого материала составляет

более 980 °С, а интенсивность изнашивания при трении по ролику из стали 40Х, закаленной до твердости 52 HRC, не превышает $5 \cdot 10^{-11}$.

Технологический процесс получения прутковых заготовок из этого материала для направляющих втулок клапанов состоит из следующих операций:

- подготовка исходной смеси из стандартных порошков меди, алюминия и графита;
- обработка подготовленной смеси в атриторе в присутствии кислорода воздуха;
- холодное прессование брикетов из полученной гранульной композиции по схеме двустороннего прессования;
- нагрев брикетов в электропечи в технологических капсулах с древесным карбюризатором и их выдержка в ней в течение требуемого времени;
- горячее прессование (экструзия) брикетов с температуры их нагрева в прутки из нагретого контейнера гидравлического пресса через фильеру с требуемой степенью деформации (степенью вытяжки) материала.

Техпроцесс процесс изготовления опытных образцов направляющей втулки клапана форсированного ДВС, например, для гоночного легкового автомобиля LadaGamma 2 (рис. 1) методом механической обработки из прутка наноструктурного материала включает в себя следующие основные операции:

1. Фрезерно-центровальная. Фрезеровка торцов и сверление центровых отверстий.
2. Токарно-копировальная. Проточка начерно поверхностей втулки.

Список литературы:

1. Хачиян А.С. Двигатели внутреннего сгорания / А.С. Хачиян, К.А. Морозов, В.Н. Луканин [и др.]. – М.: Высшая школа, 1985. – 312 с.
2. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование: учебник для вузов. Кн. 2 / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров [и др.]; под ред. В.Н. Луканина, М.Г. Шатрова. – 3-е изд. перераб. - М.: Высш. шк., 2007. - 400 с.
3. Алексеев В.П. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов [и др.]; под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. – 284 с.
4. Van Basshuysen R. Handbuch Verbrennungsmotor: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven / R. van Basshuysen, F. Schäfer; 8. überarbeitete Auflage. - Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017. – 1385 S.

3. Токарная с ЧПУ. Проточка начисто поверхностей втулки, обеспечивая шероховатость $Ra = 1,25$ мкм.

4. Сборочная. Запрессовка заготовки втулки в гнездо головки блока цилиндров, предварительно нагрев головку блока цилиндров до 150°C, а втулку – охладив до – 60...80°C.

5. Вертикально-сверлильная. Сверление начерно сквозного отверстия.

6. Зенкерование. Зенкерование сквозного отверстия.

7. Зенкование. Зенкование сквозного отверстия с переустановкой, обеспечивая фаску с двух сторон сквозного отверстия.

8. Развертывание. Развертывание начисто сквозного отверстия.

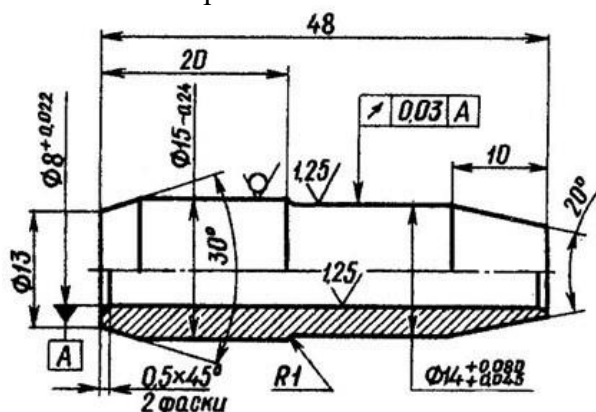


Рис. 1. Эскиз направляющей втулки клапана

Указанные технологии были использованы при изготовлении прутков из разработанного медного объемного наноструктурного материала и партий опытных образцов направляющих втулок клапанов из них для ГРМ форсированных ДВС гоночных автомобилей ряда отечественных предприятий (АвтоВАЗ, УАЗ, ГАЗ и др.).

5. Motorservice Inter. GmbH. Ventildführungen [Электронный ресурс]. - <https://www.motorservice.com/produkte-anwendungen/produkte-im-motor/ventilfuehrungen>.

6. Владимирова Ю.О. Дисперсно-упрочненный композиционный материал на основе порошковой меди для направляющих втулок клапанов газораспределительного механизма перспективных форсированных двигателей внутреннего сгорания / Ю.О. Владимирова // Физико-химия и технология неорганических материалов: сб. тр. XV Росс. ежегодн. конф. молодых научн. сотр. и асп. (Москва, 16-19 окт. 2018 г.). – М: ИМЕТ РАН, 2018. – С. 98-99.

7. Шалунов Е.П. Создание теплопрочных композиционных материалов матрично-наполненного типа для тяжело нагруженных элементов узлов трения / Е.П. Шалунов, И.Е. Илларионов // Литейщик России. - 2018. - № 5. - С. 25-29

8. Dovydenkov V.A. Experience of production and use of precipitation strengthened copper based materials made by mechanical alloying / V.A. Dovydenkov, E.P. Shalunov // [Powder Metallurgy](#). - 1998. Т. 1. – р. 372.

9. Shalunov E.P. Development, production and application of DISCOM[®] copper nanocomposites as highly resource electrode and electric contact materials / E.P. Shalunov, A.L. Matrosov, L. Chen: Proc. of Int. Powder Metallurgy Congress «EURO PM2008» (Mannheim, 2008, sept. 29 - oct.1). - vol. 1. - Shrewsbury: EPMA, 2008. - pp. 113-119.

10. Шалунов Е.П. Наноструктурные материалы на основе порошковой меди / Е.П. Шалунов // Литейщик России. - 2016. - № 2. - С. 37-40.

11. Шалунов Е. П. Жаро- и износостойкие медные гранулированные композиционные материалы с механохимически синтезированными упрочняющими наночастицами ДИСКОМ[®] и высоко-ресурсная продукция из них / Е.П. Шалунов // Нанотехника. - 2007. - № 1 (9). - С. 69-78.

12. Шалунов Е.П. Износостойкие подшипники скольжения из наноструктурных материалов для мощных электродвигателей // Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, И.П. Урянский // Вестник Чувашского университета. Технические науки. - 2015. - № 1. - С. 131-139.

13. Шалунов Е.П. Разработка композиционных материалов на основе порошковой меди для тяжело нагруженных подшипников скольжения / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, И.П. Урянский, А.В. Воронин // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: матер. 2-ой междунар. науч.- практ. конф. (Чебоксары, 11-14 окт. 2016 г.). - Чебоксары: Чуваш.гос. ун-т, 2016. - С.305-316.

14. Владимирова Ю.О. Разработка технологии изготовления биметаллических разверток вкладышей тяжело нагруженных подшипников скольжения / Ю.О. Владимирова, Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов [и др.] // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии: матер. II-ой Республ. науч.- практ. конф. (Чебоксары, 22 апр. 2016 г.). - Чебоксары: Чуваш.гос. ун-т, 2016. - С. 166-173.

15. Шалунов Е.П. Особенности формирования объемных наноструктурных материалов на основе меди методом реакционного механического легирования / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов // Вестник Чувашского университета. - 2009. - № 2. - С. 291–299.

16. Шалунов Е.П. Реакционное механическое легирование порошковой меди кислородом и углеродом / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, А.Л. Матросов // Вестник Чувашского университета. Естественные и технические науки. - 2012. - № 3. - С. 252-259.

17. Шалунов Е.П. О механизмах формирования структуры и свойств композиционных материалов системы Cu-Al-C-O, получаемых на основе метода реакционного механического легирования / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов // Вестник Чувашского университета. - 2013. - № 3. - С. 314-322.

18. Шалунов Е.П. Разработка научных основ, технологии и оборудования для получения и обработки полуфабрикатов из дисперсно-упрочненных композиционных материалов / Е.П. Шалунов, Н.В. Данилов, Я.М. Липатов // Охрана труда и прогрессивные технологические процессы в литейном производстве, порошковой металлургии и машиностроении: тез. меж-республ. науч.- практ. конф. - Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 1990. - С. 287-289.

19. Пат. 2576740 РФ. Антифрикционный композиционный материал на основе порошковой меди / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, И.П. Урянский; заявл. 19.08.2014; опубл.10.03.2016 (Бюл. № 7).

УДК 621.7.043:621.3-1-9

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КОНТАКТОДЕРЖАТЕЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ СИСТЕМ ИЗ МЕДНОГО НАНОСТРУКТУРНОГО МАТЕРИАЛА

А.М. Сидельников, магистрант,

Ю.О. Владимирова, ассистент,

Е.П. Шалунов, канд. техн. наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,

Московский пр., 15, г. Чебоксары, Российская Федерация, 428015

e-mail: yulivladimirova@mail.ru

Аннотация: Для современных высокоэффективных контактодержателей могут быть рекомендованы объемные наноструктурные материалы на основе порошковой меди, в частности, разработанный авторами материал системы Cu-Al-C-Os содержанием в нем алюминия 0,4 % масс. и углерода в форме графита - 0,15 % масс. Эти материалы не содержат дорогостоящие и токсичные металлы и соединения, сохраняя при этом невысокую стоимость. Кроме того, благодаря микроволокнистой структуре с расположением в ней волокон в направлении протекания электрического тока в сочетании с высокой прочностью, а так же электропроводностью (и теплопроводностью) разработанные материалы могут обеспечить предотвращение их от разупрочнения в результате крепления к ним напаек пайкой или контактной сваркой, и тем самым, обеспечить надежную работу таких контактодержателей без возникновения в них каких-либо пластических деформаций.

В работе описана технология получения такого материала, которая включает в себя обработку порошковой смеси в атриторе, термообработку полученных гранул, их холодное двустороннее прессование в брикеты, нагрев брикетов в защитной среде и последующая их экструзия в полосы, а так же резка и шлифование полос для придания деталям требуемых размеров согласно конструкторской документации.

Ключевые слова: контактодержатели, объемные наноструктурные материалы, реакционное механическое легирование, гранулы, экструзия, полосы, резка, шлифование.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING HIGHLY EFFICIENT CONTACT BRACKETS OF PERSPECTIVE ELECTROCONTACT SYSTEMS FROM COPPER NANOSTRUCTURED MATERIAL

A.M. Sidelnikov, master student,

Yu.O. Vladimirova, assistant,

E.P. Shalunov, cand. sc. tech., professor,

(FSBEI of HE Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Moscow pr., 15, Cheboksary, Russian Federation, 428015)

Abstract: For modern highly efficient contact brackets, volumetric nanostructured materials based on copper powder can be recommended, in particular, the Cu-Al-C-O system material developed by the authors with an aluminum content of 0.4wt.% and carbon in graphite form by 0.15wt.%. These materials do not contain expensive and toxic metals and compounds, while maintaining low cost. In addition, due to the microfiber structure with the location of fibers in it in the direction of electric current flow, combined with high strength, as well as electrical conductivity (and thermal conductivity), the developed materials can prevent them from softening as a result of attaching solder or resistance welding to them, and thus, to ensure reliable operation of such contact holders without any plastic deformations occurring in them. The paper describes the technology for producing such a material, which includes processing the powder mixture in an attritor, heat treatment of the obtained granules, their cold two-sided pressing into briquettes, heating the briquettes in a protective environment and their subsequent extrusion into strips, as well as cutting and grinding strips to give details of the required dimensions according to the design documentation.

Keywords: contact brackets, volumetric nanostructured materials, reactionary mechanical alloying, granules, extrusion, strip, cutting, grinding.

В современных электрических аппаратах и, в частности, в контакторах большое внимание уделяется не только самим контактам, но и тем деталям, на которых они закреплены. Эти детали называются контактодержателями. Условия работы контактодержателей достаточно сложны [1, 2], т.к. на них воздействует множество факторов, а именно: род и величина тока, род и величина напряжения, характер нагрузки (омической, индуктивной, емкостной), величина контактного нажатия, плотность тока, скорость и частота включений, состав, влажность и температура среды, в которой происходит эксплуатация электрического аппарата, - и многие другие факторы, влияющие на их поведение в условиях использования.

Поскольку контактодержатели представляют собой, как правило, пластины с консольным креплением или в виде мостиков (рис. 1), то при воздействии на них усилия нажатия на электрические контакты они подвергаются изгибу.

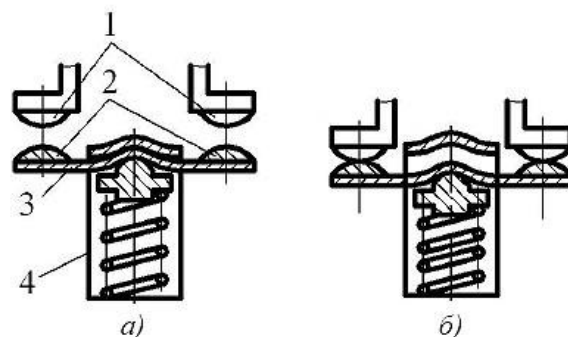


Рис. 1. Подвижные 1 и неподвижные контакты 2 с контактодержателем 3 мостикового типа и деталью механического привода 4 в разомкнутом (а) и замкнутом (б) состояниях [2]

Очевидно, что если при этом в контактодержателях будут развиваться пластические деформации, то во время работы будет нарушаться начальное позиционирование закрепленных на них электрических контактов, что всегда отрицательно сказывается на работе контакторов [2].

Таким образом, материалы для контактодержателей должны обладать высоким сопротивлением изгибу.

Ввиду того, что контакто-держатели при замыкании-размыкании движутся с большими скоростями, то они, в целях снижения инерционной составляющей в усилии нажатия на контакты, должны иметь минимально возможную массу.

Кроме того, материалы для контакто-держателей должны [1÷4]:

- обладать высокой жаропрочностью для предотвращения разупрочнения материала контактодержателя при пайке к нему контактов;
- обладать высокой электро – и теплопроводностью;
- не подвергаться коррозии в воздушной и других средах;
- иметь достаточно высокое сопротивление механическому износу;
- быть технологичными как в процессе их получения, так и изготовления из них конечных изделий, т.е. должны легко обрабатываться;
- не содержать в своем составе экологически вредных металлов и/или химических соединений;
- не содержать или содержать в минимально необходимых для работоспособности дефицитных металлов и соединений;
- иметь низкую стоимость.

Анализ существующих на данный момент материалов для контактодержателей современных и перспективных электроаппаратов [1÷4] показал, что материалами, которые способны удовлетворить вышеописанные требования, являются объемные наноструктурные материалы (ОНМ) на основе порошковой меди, получаемые с использованием метода реакционного механического легирования ваттраторах и технологий порошковой гранульной металлургии [5÷8]. Это объясняется тем, что данные материалы не содержат дорогостоящих и токсичных металлов и соединений, серийно производятся сразу же на трех отечественных предприятиях из стандартных и не дефицитных порошков и имеют невысокую стоимость.

Кроме того, эти материалы имеют микроволокнистую структуру с расположением в ней волокон в направлении протекания электрического тока[9]. В совокупности с высокой прочностью, особенно, в попереч-

ном микроволокнам направлении, высокой электропроводностью (и теплопроводностью) и жаропрочностью такие материалы могут обеспечить, в случае изготовления из них контактодержателей, в частности, мостикового типа, предотвращение их от разупрочнения в результате крепления к ним напаек пайкой или контактной сваркой, и тем самым, обеспечить надежную работу таких контактодержателей без возникновения в них каких-либо пластических деформаций, что в итоге положительно скажется на соблюдении изначального позиционирования контактов во время работы, возможности снижения размеров поперечного сечения (и соответственно, массы) самих контактодержателей, а также на снижении электрических потерь при прохождении по ним тока.

Для получения объемных наноструктурных материала системы Cu-Al-C-O для контактодержателей использовали электролитический порошок меди ПМС-1 (ГОСТ 4960-75), порошок технического алюминия ПП-1 (ГОСТ 5592-71), содержание которого варьировалось в пределах 0,25...0,50 %масс., углерод в виде порошка карандашного графита ГК-3 (ГОСТ 4404-78), содержание которого было в пределах 0,25...0,50 %масс., и порошок оксида меди CuO ЧДА (ГОСТ 16539-79) – 1,32...3,50 %масс. Что касается содержания кислорода, то при выбранных режимах обработки в аттриторе, его значение оставалось практически неизменным – 0,15%масс.

Эту порошковую смесь обрабатывали в высокоэнергетической шаровой мельнице (аттриторе) с емкостью рабочей камеры 15 л в среде воздуха в течение 60 мин с частотой вращения ротора аттратора 600 об/мин.

Полученные в аттриторе гранулы заворачивали в фольгу и затем помещали их в контейнер, содержащий карбюризатор древесноугольный ГОСТ 2407-83, для образования среды углекислого газа. Термообработку гранул производили в электрической печи СКВ 6/10 при температуре 870°C в течение 3 ч. В результате такой окислительно-восстановительной термообработки в материале гранул восстановилась медь из ее оксидов и завершалось формирование упроч-

няющих материал оксидов алюминия нанодисперсного уровня [10÷12].

Полученные после термообработки гранулы подвергали двустороннему прессованию (компактированию) на гидропрессе ДБ 2432 в цилиндрические брикеты. Для этого на стол указанного пресса устанавливали контейнер пресс-инструмента для холодного компактирования брикетов с внутренним диаметром 40 мм в сборе с шиббером, вилкой, нижним пуансоном, с последующей центровкой относительно друг друга.

После холодного компактирования производили 100%-й визуальный контроль отсутствия на поверхности брикетов трещин, сколов и расслоений.

Затем каждый брикет помещали в технологическую капсулу, заполненную на 1/2 общей емкости древесно-угольным карбюризатором ГОСТ 2407-83. Нагрев капсул с помещенными в них брикетами осуществляли в печи РЕМ 2/86 при температуре 690...710 °С, после чего капсулы поочередно извлекались из печи, доставлялись к пресс-инструменту гидропресса ДБ 2432, где из них извлекали гранульный брикет, который быстро задавали в предварительно нагретый до 430...450 °С контейнер гидропресса и производили его горячее прессование (экструзию) в полосу (рис. 2).



Рис. 2. Горячее прессование (экструзия) брикетов в ленту на прессе ДБ 2432 с установленной на нем пресс-оснасткой с кольцевой печью

Полученные полосы нарежали на мерные заготовки на ленточнопильном станке

Stalex BS100 388001, которые затем подвергали шлифованию до регламентируемых конструкторской документацией размеров на плоскошлифовальном станке с ЧПУ модели Seedtec 52 HA1S (рис. 3) с использованием шлифовального круга KINIK A 205×19×31,75 C36-H6V по следующим режимам резания:

- скорость резания – 33 м/сек;
- скорость перемещения заготовки – 25 м/мин;
- подача на глубину шлифования – 0,03 мм/ход стола;
- поперечная подача – 0,15 мм/ход стола.

При обработке использовали СОЖ «Техмол-Экстра» ТУ 2422-003-13092819-2002 в виде 3%-ого водного раствора.

При выполнении шлифовальной операции следует руководствоваться основами, описанными в [13÷17].



Рис. 3. Шлифование заготовок для контактодержателей из медных наноструктурных материалов на плоскошлифовальном станке с ЧПУ модели Seedtec 52 и с использованием СОЖ

Из полученных заготовок изготавливали соответствующие стандартные образцы для проведения испытаний исследуемых материалов. На основании этих испытаний был определен наиболее подходящий материал для контактодержателей – объемный наноструктурный материал на основе порошковой меди с содержанием алюминия в исходной порошковой смеси 0,4 % масс. и углерода в виде графита – 0,15 % масс. Этот материал обладает температурой рекристаллизации не менее 800 °С, пределом прочности

при изгибе 495 МПа, относительной электропроводностью не менее 93% от электропроводности меди, твердостью не менее 120 НВ.

Описанные выше структура и характеристики материала позволяют изготавливать из него контактодержатели меньшей толщины и, соответственно, массы и стоимости по сравнению с аналогичными изделиями, которые традиционно изготавливаются из

меди, латуни и бронз, в том числе бериллиевых [1÷4].

Приведенная выше технология получения указанного материала и заготовок для контактодержателей из него может быть основой для разработки технологического процесса контакто-держателей электрических аппаратов в условиях серийного и массового производства.

Список литературы:

1. Рогинская Л.Э. Электрические и электронные аппараты: учебное пособие / Л.Э. Рогинская, Т.П. Костюкова, Ю.В. Рахманова. - Уфа: УГАТУ, 2009. - 177 с.
2. Скрежендевский В.В. Электрооборудование тепловозов: учебно-методическое пособие / В.В. Скрежендевский. Ч. 1. – Гомель: Белорус. гос. ун-т транспорта, 2008. – 71 с.
3. Schufft W. Taschenbuch der Elektrischen Energietechnik / W. Schufft. -München: Carl Hanser Verlag, 2007. – 367 S.
4. Берент В.Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта. - М.: Интекст, 2005. - 408 с.
5. Dovydenkov V.A. Experience of production and use of precipitation strengthened copper based materials made by mechanical alloying / V.A. Dovydenkov, E.P. Shalunov // [Powder Metallurgy](#). - 1998. Т. 1. – р. 372.
6. Шалунов Е.П. Жаро- и износостойкие медные гранулированные композиционные материалы с механохимически синтезированными упрочняющими наночастицами ДИСКОМ® и высококурсовая продукция из них / Е.П. Шалунов // Нано-техника. - 2007. - № 1 (9). - С. 69 – 78.
7. Shalunov E.P. Development, production and application of DISCOM® copper nanocomposites as highly resource electrode and electric contact materials / E.P. Shalunov, A.L. Matrosov, L. Chen: Proc. of Int. Powder Metallurgy Congress «EURO PM2008» (Mannheim, 2008, sept. 29 - oct.1). - vol. 1. - Shrewsbury: EPMA, 2008. - pp. 113-119.
8. Шалунов Е.П. Наноструктурные материалы на основе порошковой меди // Литейщик России. - 2016. - № 2. - С. 37-40.
9. Шалунов Е.П. Влияние степени вытяжки при горячем прессовании прутков из дисперсно-упрочненного композиционного материала Cu-Al-C-O на их структуру и свойства / Е.П. Шалунов, А.Л. Матросов, Д.В. Казаков // Материаловедение и металлургия: тр. Нижегород. гос. техн. ун-та. - 2006. - Т.57. - С.163-169.
10. Шалунов Е.П. Особенности формирования объемных наноструктурных материалов на основе меди методом реакционного механического легирования / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов // Вестник Чувашского университета. - 2009. - № 2. – С. 291–299.
11. Шалунов Е.П. О механизмах формирования структуры и свойств композиционных материалов системы Cu-Al-C-O, получаемых на основе метода реакционного механического легирования / Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов // Вестник Чувашского университета. Естественные и технические науки. - 2013. - № 3. - С.314-322.
12. Владимирова Ю.О. Разработка технологии изготовления биметаллических разветок вкладышей тяжело нагруженных подшипников скольжения / Ю.О. Владимирова, Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, И.Е. Илларионов [и др.] // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии: материалы II-ой Республ. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2016. - С. 166-173.
13. Лобанов Д.В. [Технология шлифования труднообрабатываемых материалов и сплавов](#) / Д.В. Лобанов, Л.С. Секлетина, Н.В. Мулюхин, А.Р. Янюшкин // [Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование](#): сб. науч. тр. 5-ой Междунар. молодежной науч.-практ. конф. - Курск: ЗАО «Университетская книга», 2018. - С. 15-18.

14. Лобанов Д.В. [Повышение эффективности процесса подготовки производства изделий из композитов](#) / Д.В. Лобанов, Д.А. Рычков, С.А. Сидоренко // [Обработка металлов \(технология, оборудование, инструменты\)](#). – Новосибирск: НГТУ, 2017. - № 1 (74) - С. 20-29.
15. Салов П.М. [Совершенствование технологий шлифования за счет управления формой кругов](#) / П.М. Салов, А.Ф. Денисенко, Д.П. Салова, С.С. Сайкин, Н.В. Мулюхин // [Известия Самарского научного центра Российской академии наук](#).- 2018. - Т. 20. - № 4-2. С. 298-303.
16. Lobanov D.V. [Physical-chemical processes of diamond grinding](#) / D.V. Lobanov, P.V. Arhipov, A.S. Yanyushkin, V.Yu. Skeebe // [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science](#). - 2017. –С. 082029.
17. Arkhipov P.V. [Determination of high-strength materials diamond grinding rational modes](#) / P.V. Arkhipov, D.A. Rychkov, D.V. Lobanov, A.S. Yanyushkin // [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering](#) / - 11. Сеп. «International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment». - 2018. - С. 042009.

УДК 621.025.07

ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН ПОСЛЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОАЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

А.Р. Янюшкин, студент,
Н.В. Мулюхин, старший преподаватель,
Л.С. Секлетина, старший преподаватель,
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
Московский пр, д. 15, г. Чебоксары, Российская федерация, 428015
e-mail: muliukhin@mail.ru

Аннотация: В работе отмечены достоинства использования безвольфрамовых твердосплавных сплавов и различных марок минералокерамики в виде сменных многогранных пластин. Но область применения подобных материалов в инструментальной промышленности сужается за счет трудности получения качественного режущего лезвия на финишных операциях. Отмечены перспективы использования алмазных кругов на металлической связке и необходимость совершенствования существующих комбинированных технологий для повышения качественных и эксплуатационных характеристик при шлифовании твердосплавных инструментов. Показано перспективное направление эффективного использования методов комбинированной алмазной обработки с применением алмазного инструмента на металлической связке. Установлено, что использование комбинированных методов шлифования твердосплавных инструментов алмазными кругами на металлической связке с применением непрерывной электрохимической правки, позволяет создать напряжения сжатия на обработанных поверхностях, повысить рентабельность алмазного инструмента и качество режущего инструмента. Рассмотрены причины трещинообразования в твердых сплавах, это связано с высокими термическими нагрузками, характерные для процесса шлифования, что приводит к критическим объемным изменениям и возникновению трещин на режущем лезвии. Сделаны выводы по проведенному анализу, даны рекомендации по технологии обработки твердых сплавов и намечен план дальнейших исследований.

Ключевые слова: алмазное шлифование, комбинированная обработка, управление процессом правки, режимы, качество обработки

IMPROVING THE EFFICIENCY OF GRINDING CARBIDE AND MINERAL CERAMICS WITH A COMBINED ELECTRO-DIAMOND METHOD

A.R. Yanyushkin, student,
N.V. Muliukhin, Senior Lecturer,
L.S. Sekletina, Senior Lecturer,
FSBE HE The Chuvash State University named after I. N. Ulyanov
Moskovsky pr, d. 15, Cheboksary, Russian Federation, 428015

Abstract: *The paper notes the advantages of using tungsten-free carbide alloys and various types of mineral ceramic in the form of interchangeable polyhedral plates. But the field of application of such materials in the instrumental industry is narrowed due to the difficulty of obtaining a high-quality cutting blade for finishing operations. The prospects for the use of diamond wheels on a metal bond and the need to improve the existing combined technologies to improve the quality and performance characteristics when grinding carbide tools are noted.*

Shows a promising direction of effective use of methods of combined diamond processing with the use of diamond tools on a metal bond. It has been established that the use of combined methods of grinding carbide tools with diamond circles on a metal bond using continuous electrochemical straightening allows creating compression stresses on the processed surfaces, increasing the profitability of the diamond tool and the quality of the cutting tool.

The causes of crack formation in hard alloys are considered, this is due to the high thermal loads characteristic of the grinding process, which leads to critical volume changes and the occurrence of cracks on the cutting blade. The conclusions of the analysis are made, recommendations on the technology of processing of hard alloys are given, and a plan for further research is outlined.

Keywords: *diamond grinding, combined processing, editing process control, modes, quality of processing*

Введение. Создание и освоение промышленностью выпуска инструментальных материалов на основе безвольфрамовых твердосплавных материалов (БВТС) и различных марок режущей керамики, обладающих уникальными физико-механическими свойствами, позволяют успешно использовать их на машиностроительных предприятиях в виде сменных многогранных пластин.

В настоящее время синтезирована широкая гамма инструментальных пластин БВТС и режущей керамики. Основные закономерности процесса шлифования этих материалов изучены недостаточно, рекомендации по их применению носят, зачастую, слишком общий, а иногда и противоречивый характер, некоторые мнения, распространенные в технической литературе, не согласуются с производственным опытом [1, 2].

Использование твердосплавных безвольфрамовых пластин в автоматизированных механообрабатывающих цехах поставило ряд технических задач. Так как многие виды твердосплавных пластин поставляются нешлифованными (спеченные заготовки), то

важнейшее значение имеет операция шлифования и затачивания.

Шлифование БВТС зачастую сопровождается прижогами, разрушением обработанной поверхности, структурными и фазовыми превращениями, формированием в поверхностных слоях нежелательных при эксплуатации растягивающих напряжений [3,4]. Кроме того, шлифовальные операции требуют постоянного контроля размеров, правки кругов и последующей коррекции положения инструмента относительно обрабатываемой детали.

Согласно литературным данным, безвольфрамовые твердосплавные пластины относятся к классу труднообрабатываемых материалов по сравнению с традиционными твердосплавными пластинами групп ВК и ТК. Установлено, что при использовании обычного алмазного шлифования безвольфрамовых твердосплавных пластин происходит интенсивное засаливание алмазного круга, резко снижающего производительность труда и качество обработанной поверхности. А при интенсификации режимов

резания происходит разрушение твердосплавных пластин [5, 6].

Улучшение качества поверхностного слоя инструмента является особенно перспективным потому, что большая его часть, ввиду несовершенства технологии изготовления, преждевременно выходит из строя и стойкостные свойства твердого сплава используются недостаточно.

Одним из перспективных методов шлифования и затачивания безвольфрамовых твердосплавных пластин является введение в зону резания электрического тока. Использование этого метода даёт возможность:

- 1) достичь высокой производительности;
- 2) сохранить физико-химические свойства на обработанной поверхности близкими к свойствам исходного материала;
- 3) сохранить относительно невысокий износ алмазных кругов.

Исследование структуры поверхностных слоев безвольфрамовых твердосплавных пластин, сформированных в различных условиях комбинированного электроалмазного шлифования, способствует более полному использованию преимуществ данного метода обработки и позволяет выделить наиболее оптимальный режим затачивания. Скорость круга - $V_{кр} = 52$ м/с; продольная подача - $S_{пр} = 1,5$ м/мин.; поперечная подача (глубина резания) - $t = 0,03$ мм/дв.ход.; плотность тока правки круга $i_{пр} = 0,2$ А/см²; плотность тока травления - $i_{тр} = 10 - 15$ А/см² [5].

2. Методика эксперимента

Было проведено рентгеноструктурное исследование поверхностных слоёв безвольфрамовых твердосплавных пластин марок ТН-20 и КНТ-16 в состоянии поставки и после комбинированного электроалмазного шлифования. Исследование проводилось на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2.0 в Fe-излучении (табл. 1).

В приповерхностных слоях твёрдых сплавов в исходном состоянии и после электроалмазного шлифования были определены:

- 1) напряжения I рода;
- 2) тонкая структура – размеры блоков когерентного рассеяния и микронапряжения II рода;
- 3) периоды решетки твердого раствора на основе карбида титана.

Таблица 1

Напряжения I рода, кгс/мм ²					
Твердый сплав ТН-20			Твердый сплав КНТ-16		
плотность тока травления А/см ²	грань в состоянии поставки	грань после шлифовки	плотность тока травления	грань в состоянии поставки	грань после шлифовки
0	+26	-25	0	+50	-237
10	+30	-19	10	+63	-133
15	+30	-22	15	+63	-118
40	+34	-12	40	+31	-43

Напряжения I рода были определены по $\sin^2\psi$ - методу. Методом аппроксимации определена тонкая структура поверхностных слоёв. В качестве эталонов были применены исходные поверхности твердых сплавов. Прецизионное измерение периодов решетки было проведено методом эталонов. В качестве эталона был использован электролитический никель.

3. Результаты эксперимента и их обсуждение

По результатам рентгено-структурного анализа поверхностных слоев твердых сплавов обеих марок в состоянии поставки обнаруживаются разупрочняющие поверхность растягивающие напряжения I рода. Предложенные к исследованию режимы электроалмазного шлифования формируют упрочняющие поверхность сжимающие напряжения I рода. При этом, чем меньше величина плотности тока травления, тем выше уровень сжимающих напряжений (см. табл. I).

Анализ тонкой структуры свидетельствует, что размеры блоков когерентного рассеяния являются более чувствительным параметром к комбинированному электроалмазному шлифованию, чем микронапряжения II рода. Жесткие режимы комбинированного электроалмазного шлифования (малые плотности тока травления) приводят к существенному дроблению блоков когерентного рассеяния (см. табл. 2). Известно,

что подобное проявление тонкой структуры обуславливает увеличение прочности.

Предложенные режимы комбинированного электроалмазного шлифования приводят к дополнительному насыщению углеродом твердого на основе карбида титана. Это соответствует увеличению концентрации углерода в твердом растворе на основе карбида титана.

Таблица 2

Тонкая структура (размеры блоков когерентного рассеяния – D , Å; микронапряжения II рода – $\Delta a/a \times 10^5$)					
Твердый сплав ТН-20			Твердый сплав КНТ-16		
плотность тока травления, А/см ²	D , Å	$\Delta a/a \times 10^5$	плотность тока травления, А/см ²	D , Å	$\Delta a/a \times 10^5$
0	1236	13	0	664	0
10	1487	18	10	716	0
15	2427	38	15	755	0
40	7435	28	40	1000	28

Большей деформации при равных условиях комбинированного электроалмазного шлифования подвергаются твердые сплавы марки КНТ-16. В них уровень сжимающих напряжений выше и глубина их распространения больше, чем для ТН-20.

4. Выводы

1. Комбинированное электроалмазное шлифование твердосплавных пластин марок ТН-20, КНТ-16 формирует в поверхностных слоях сжимающие напряжения, приводящие к упрочнению поверхности.

2. При комбинированном электроалмазном шлифовании с малыми плотностями тока травления происходит большее измельчение блоков когерентного рассеяния, также приводящее к упрочнению поверхности.

3. Комбинированное электроалмазное шлифование вызывает в поверхностных слоях твердых сплавов дополнительное

насыщение углеродом твердого раствора на основе карбида титана.

4. Оптимальными режимами комбинированного электроалмазного шлифования являются режимы с плотностями тока травления $10 + 15$ А/см² и непрерывной электрохимической правке алмазного круга $0,2$ А/см².

Заключение

Таким образом, рентгено-структурный анализ показывает, что предлагаемые режимы комбинированного электроалмазного шлифования безвольфрамовых твердосплавных пластин приводят к структурным изменениям тонкого поверхностного слоя, обуславливая увеличение прочности обработанной поверхности [7, 8]. Следовательно, можно ожидать увеличения стойкости режущего инструмента, изготовленного из твердосплавных пластин, заточенных методом комбинированного электроалмазного шлифования.

При шлифовании твердых сплавов, необходимо учитывать их особенности, связанные с физико-механическими свойствами. Так твердые сплавы, обладая высокой твердостью и повышенной хрупкостью характеризуется едва ощутимой пластичностью, склонны к трещинообразованию и окислению карбидной фазы и кобальтовой связки [9, 10]. Авторы установили, что образование новых поверхностей на твердых сплавах происходит в результате одновременного действия следующих факторов: механического процесса резания, вырывания и скалывания карбидов, срезания связки, активного окисления карбидов и связки.

Что касается трещинообразования, то большинство авторов, исследовавших процесс обработки твердых сплавов, считают, что оно имеет термическое происхождение. Высокие температуры образуются в зоне контакта круга с твердым сплавом, локализация их в верхних слоях последнего вызывают возникновение напряжений [11-19]. Коэффициенты линейного расширения карбидов и цементирующие фазы различны между собой. Значительный градиент температуры по глубине пластины и различное расширение карбидов и цементирующей фазы определяет объемные изменения в шлифуемом твердом сплаве. Объемные изменения вызывают возникновение напряжений, которые становятся причиной образования трещин.

Список литературы:

1. Янюшкин А.С. и др. Совершенствование технологических процессов машиностроительных производств/ Монография/ Братск. 2006. 302 с.
2. Янюшкин А.С., Шоркин В.С. Контактные процессы при электроалмазном шлифовании/ Монография/ М.: Машиностроение, 2004. 230с.
3. Янюшкин А.С., Архипов П.В. Атомно-молекулярные процессы в зоне алмазного круга и обрабатываемого материала. Технология металлов. 2010. № 1. С. 25-33.
4. Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Лобанов Д.В. Исследование качества поверхности при формировании режущей кромки фрезерного инструмента для обработки композиционных материалов / Актуальные проблемы в машиностроении. 2014. № 1. С. 582-588.
5. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Янюшкин С.А., Попов В.Ю. Физико-химическое взаимодействие инструментального и обрабатываемого материалов при комбинированном электрохимическом шлифовании. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки - развитию регионов Сибири. 2012. Т. 1. С. 183-190.
6. Янюшкин А.С. Технология электроалмазного затачивания режущих инструментов и методы её реализации/ Монография / А.С. Янюшкин. - Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии. - 2013. – 336 с.
7. Гордон М.Б., Янюшкин А.С. Высокоэффективная электрохимическая обработка твердых сплавов в режиме самозатачивания алмазного круга и одновременного травления поверхности изделий // Вестник машиностроения. 1984. №3. – С. 12-14.
8. Медведева О.И., Янюшкин С.А. Исследование качества поверхности твердого сплава после комбинированного электроалмазного шлифования. Механики XXI века. 2016. № 15. С. 189-194.
9. Кузнецов А.М., Лосев Е.Д., Кузнецова Е.М., Янюшкин С.А. Анализ напряжений, возникающих в области режущей кромки при затачивании инструмента из минералокерамических материалов. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 2. С. 93-97.
10. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Архипов П.В. Потеря режущей способности алмазных кругов на металлической связке при шлифовании композиционных материалов. Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2013. № 1 (47). С. 178-183.
11. Афанасенко П.В., Янюшкин А.Р., Селина К.Р. Исследование процесса изготовления керамических изделий из порошков оксида алюминия // Механики XXI века. 2018. № 17. С.144-148.
12. Лобанов Д.В. Напряженно-деформированное состояние твердосплавных режущих элементов при алмазном затачивании / Д.В. Лобанов, А.С. Янюшкин, П.В. Архипов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 3-1 (33-1). С. 85-91.
13. Лобанов Д.В., Мулюхин Н.В. Методика прогнозирования поврежденности твердого сплава при затачивании инструмента для обработки неметаллических композитов / Актуальные проблемы в машиностроении. 2018. Т. 5. № 1-2. С. 78-84.
14. Bratan S. Identification of removal parameters at combined grinding of conductive ceramic materials / S. Bratan, S. Roshchupkin, A. Kolesov, B. Bogutsky // В сборнике: MATEC Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMT 2017" 2017. С. 01079.
15. Янюшкин А.С. Пути решения проблем формообразования режущего инструмента для обработки неметаллических композитов / А.С. Янюшкин, Д.В. Лобанов, Н.В. Мулюхин // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2018. Т. 20. № 3. С. 36-46.
16. Братан С.М. Моделирование процесса стохастического взаимодействия инструмента и заготовки на операциях шлифования / С.М. Братан, В.Б. Богуцкий, Ю.К. Новоселов, С.И.

Рощупкин // Научно-технические технологии в машиностроении. 2017. № 5 (71). С. 9-18.

17. Кузнецов А.М. Расчет напряжений, возникающих при заточивании твёрдосплавного инструмента с малым углом заострения / А.М. Кузнецов, С.А. Якимов, Д.В. Лобанов, А.С. Янющкин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 2 (22). С. 25-30.

18. Мулюхин Н.В. Проверка адекватности модели по расчету температуры при шлифовании / Н.В. Мулюхин, П.М. Салов, В.С. Григорьев // В сборнике: Современные технологии в машиностроении и литейном производстве материалы II-ой международной научно-практической конференции. 2016. С. 277-280.

19. Салов П.М. Длительность воздействия тепловых импульсов при шлифовании / П.М. Салов, Д.П. Салова, М.В. Купцов // В сборнике: Инновационные технологии в металлообработке Сборник научных трудов. Ответственный редактор Н.И. Веткасов. 2017. С. 118-122.

УДК 621.71

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AUTODESK INVENTOR

Е.Е.Леонов, студент,

В.Б. Богуцкий, канд. техн. наук, доцент,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: Leonov_96@mail.ua

Аннотация: В статье рассматривается подход к автоматизации процесса проектирования технологической оснастки на основе комплекта универсально-сборных приспособлений (УСП). Сформулированы признаки, по которым классифицируются детали, узлы и компоновки УСП и приведена классификация элементов УСП необходимая для построения структуры библиотеки УСП. Предложена структура библиотеки УСП и достаточно подробно описано содержание подразделов библиотеки, нормативно-справочного массива и библиотеки конструкций аналогов. Приведен вариант классификации УСП и отдельных её деталей и узлов. Подробно описаны 8 групп, на которые можно разделить отдельные детали и узлы, входящие в состав компоновок УСП. Определена значимость связи библиотеки УСП с базовой информацией характеризующей объекты, сведения о которых могут быть использованы в процессе проектирования компоновок УСП и которые известны до создания системы и переменной информации. Описано разделение переменной информации. Рассмотрен пример, где в качестве входной информации для библиотеки УСП служат: задание на проектирование; чертеж детали; операционный эскиз детали с указанием поверхностей для базирования и закрепления, а так же обрабатываемая поверхность; операционная технологическая карта. Приведена таблица присвоения кода исходя из функционального назначения, типоразмера, геометрической формы и т. д.

Ключевые слова: Универсально-сборные приспособления (УСП), Autodesk Inventor, классификация компоновок УСП, библиотека УСП, информационное обеспечение САПР УСП.

INFORMATION PROVISION FOR DESIGN TECHNOLOGICAL TOOLING WITH USEAUTODESK INVENTOR

E.E Leonov, student,

V.B. Bogutsky, cand. sc. tech, Associate Professor,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,

Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: In the article discusses the approach to the automation of the process of designing tooling on the basis of a set of universal modular fixtures (USP). Formulated signs by which classified parts, components and layout of USP and classification of the elements the USP is required to build the structure of library USP. The structure of the USP library is proposed and the content of the library subsections, the reference array and the library of analog structures is described in sufficient detail. The variant of classification of USP and its separate details and knots is given. 8 groups are described in detail, which can be divided into individual parts and components that are part of the USP layouts. The importance of the connection of the library USP with the basic information characterizing the objects, information about which can be used in the design process of USP layouts and which are known before the creation of the system and variable information. The separation of the information variable is described. We consider an example where the input information for the library USP are: the design task; drawing details; operational sketch of the part with the indication of the surfaces for basing and fixing, as well as the surface to be processed; operating process map. A table assigning a code based on functionality, size, geometric shapes, etc.

Keywords: Universal prefabricated devices (USP), Autodesk Inventor, classification of layouts USP, library USP, information support CAD CAD USP

Применение баз данных для автоматизации процесса проектирования технологической оснастки позволяет осуществлять занесение, хранение, поиск и выдачу информации в проектирующей системе; повысить степень адаптации системы к изменяющимся производственным условиям [1-4].

Для решения поставленной задачи, необходимо средствами Autodesk Inventor [5] перевести информацию, которая использовалась при создании библиотеки компонентов УСП, в информацию, которая распознавалась бы этим пакетом. В пакете закодированы все детали стандартных элементов УСП, используемых на предприятии.

На рис. 1 приведен вариант классификации УСП и отдельных его деталей и узлов, входящих в комплект (рис. 2).

На первом этапе был разработан подход к проектированию библиотеки УСП.

Все виды УСП классифицированы по таким признакам [6, 7]:

- степень механизации (различают УСП и механизированные УСПМ-ЧПУ);
- конструктивные размеры (УСП-8, УСП-12 и УСП-16);
- назначение (по видам технологических операций механической обработки заготовок).



Рис.1. Классификация компоновок УСП

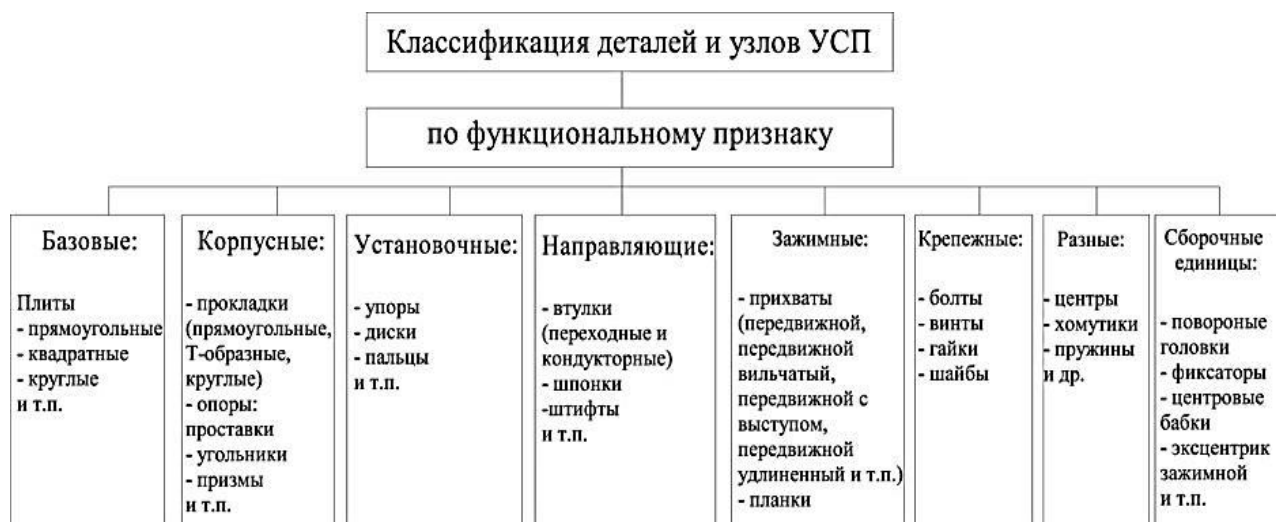


Рис.2. Классификация деталей и узлов УСП

Все компоновки УСП включают в себя отдельные детали и узлы, которые можно разделить на 8 групп:

- базовые, которые применяются для базирования заготовок и остальных элементов УСП (прямоугольные, квадратные, круглые плиты и т.д.);
- корпусные, предназначенные для объединения в единое целое все составные части УСП (прокладки, опоры, проставки, угольники, призмы);
- установочные, служат для придания правильного положения детали, помещенной в УСП (упоры, диски, пальцы);
- направляющие, для направления режущего инструмента по обрабатываемой поверхности заготовки для получения заданной траектории их движения (втулки, шпонки, штифты);
- зажимные, для закрепления заготовок в УСП (планки, прихваты);
- крепежные, для взаимного соединения элементов УСП (болты, винты, гайки, шайбы);
- разные, применяемые для различных специальных функций (центры, хомутики, пружины);
- сборочные единицы, для закрепления и фиксации заготовок (поворотные головки, фиксаторы, центровые бабки, эксцентрик зажимной).

Описанная выше классификация элементов УСП, использовалась для разработки

структуры базисных элементов УСП (рис.3), которая является информационной основой при разработке библиотеки элементов УСП в программе Autodesk Inventor [7, 8].

Библиотека УСП должна быть связана с базовой информацией, характеризующей объекты, сведения о которых могут быть использованы в процессе проектирования компоновок УСП и которые известны до создания системы и переменной информацией, изменяющейся при проектировании каждой очередной компоновки [6-8].

Переменная информация разделена на три разновидности:

- входная информация, подаваемая на вход системы (это данные, которые определенным образом описывают задание на проектирование технологической оснастки);
- промежуточная информация, определяемая предварительно для получения окончательного решения;
- выходная информация, описывающая конструкцию компоновки УСП как результат проектирования (она отражает среду, в которой должна функционировать создаваемая конструкция, т.е. обрабатываемая деталь, станок, используемый инструмент, производительность технологической операции, число одновременно обрабатываемых деталей и др.)

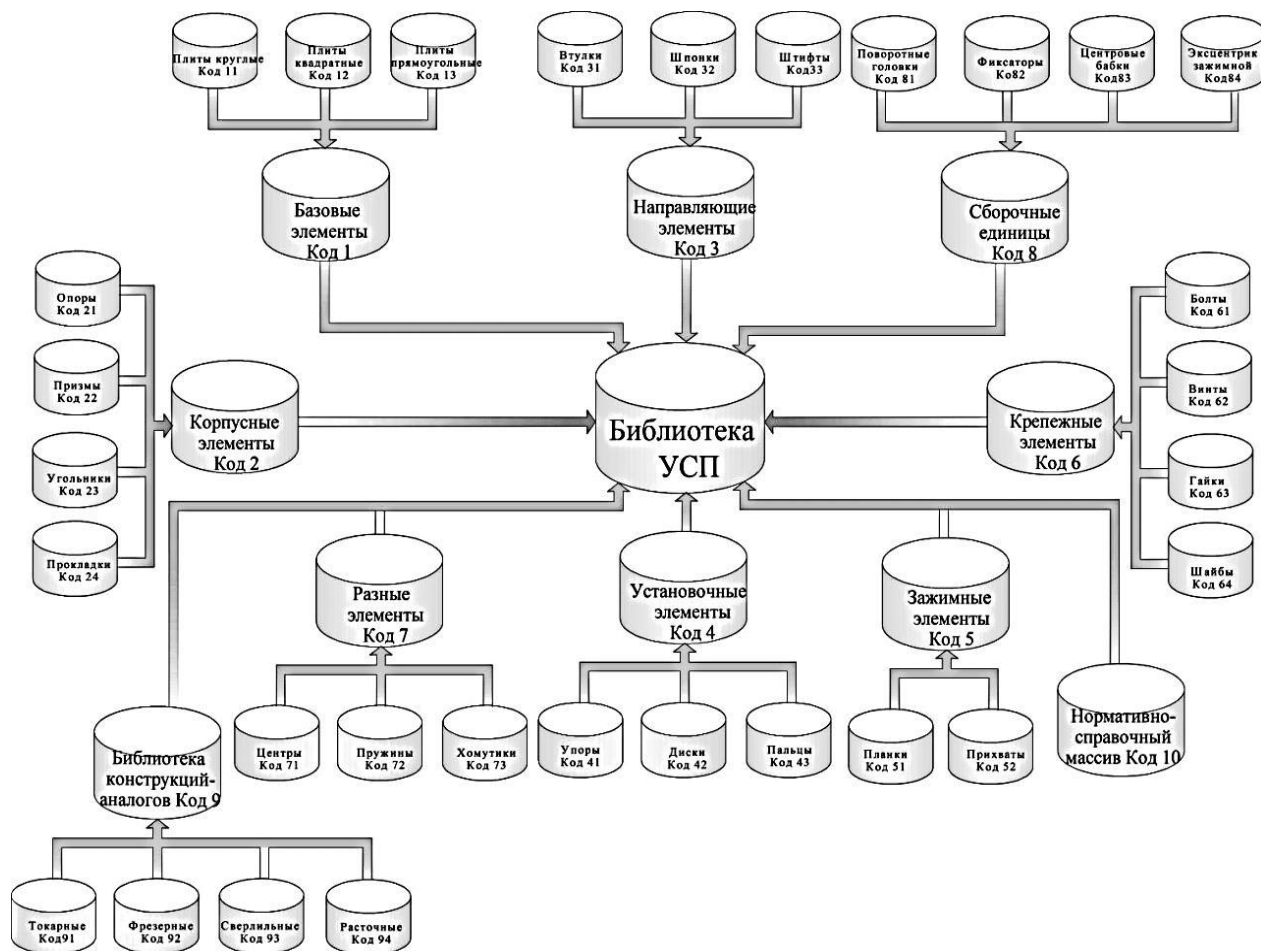


Рис.3. Структура библиотеки УСП

Рассмотрим пример. Источниками входной информации для библиотеки элементов УСП служат: задание на проектирование; чертеж детали, операционный эскиз детали с указанием поверхностей используемых для базирования и закрепления, а также обрабатываемая поверхность; операционная технологическая карта. Всю информацию для проектирования сосредотачивают в одном документе – операционном чертеже детали.

В качестве системы отсчета для определения положения поверхностей обрабатываемой детали служит главная система координат (рис. 4) $O X_o Y_o Z_o$.

Положение главной системы координат определяется технологическими базами обрабатываемой детали. При описании обрабатываемой детали исключается детальное описание поверхностей, не участвующих в обработке и базировании.

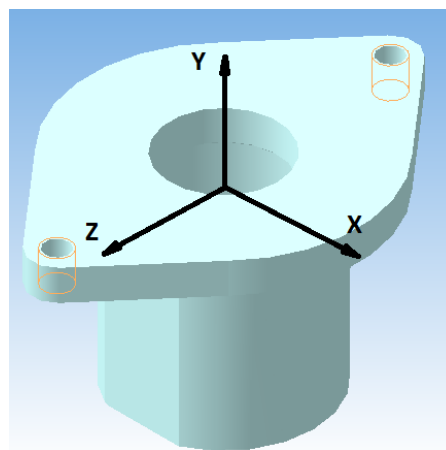


Рис. 4. Главная система координат.

При разработке библиотек элементов УСП в качестве конструктивных элементов необходимо учитывать не только детали и сборочные единицы, но и конструктивные элементы формы деталей, оказывающие влияние на их служебное назначение (канавки, отверстия и пр.).

Конструктивные элементы (КЭ) формы при проектировании конструкций могут быть использованы для корректировки базовой конфигурации деталей и в качестве основы конструкции специальных деталей которые, при необходимости, применяются в компоновке УСП.

Конструктивные элементы в зависимости от степени нормализации предлагается разделить на четыре группы:

Полностью нормализованные конструктивные элементы с неизменной формой, структурой и размерами, к ним относятся стандартные детали;

Частично нормализованные конструктивные элементы с переменными размерами и постоянной конфигурацией;

Частично нормализованные конструктивные элементы с переменной конфигурацией и структурой;

Синтезируемые из элементов групп 1 и 2 специальные конструктивные элементы.

Каждому КЭ присваивают код (таблица 1) определяющий его функциональное назначение, тип, типоразмер, геометрическую форму, структуру, положение системы координат и набор процедур его графического отображения.

Для технологической оснастки на базе УСП информационное обеспечение КЭ сводится к выбору необходимого типоразмера стандартной детали и занесения его характеристик в базу данных. Для сборочных единиц и конструкций-аналогов – в решении задач выбора элементарных компонентов узла, взаимной пространственной ориентации и занесения в базу данных.

Нормативно-справочный массив содержит спецификации, таблицы допусков, посадок, квалитетов точности, нормы времени на обработку деталей и сборку приспособлений и т.д.

Таблица 1. Информационное обеспечение САПР УСП

КОНСТРУКТОРСКАЯ							
Группа элементов	Код	Типы элементов	Код	Группа элементов	Код	Типы элементов	Код
Базовые	1	Плиты: круглые	1	Разные	7	Центры	1
		квадратные	2			Пружины	2
		прямоугольные	3			Хомутики	3
		Призмы	2				
		Угольники	3	Сборочные единицы	8	Фиксаторы	2
		Прокладки и др.	4			Поворотные головки	1
Направляющие	3	Втулки	1			Центровые бабки	3
		Шпонки	2			Эксцентрик зажимной	4
		Штифты и др.	3				
Установочные	4	Упоры	1	Библиотека конструкций-аналогов	9	Токарные	1
		Диски	2			Фрезерные	2
		Пальцы и др.	3			Сверлильные	3
Зажимные	5	Планки	1			Расточные	4
		Прихваты и др.	2	Нормативно-справочный массив	10	Таблицы допусков, квалитетов и др.	
		Болты	1				
Крепежные	6	Винты	2				
		Гайки	3				
		Шайбы и др.	4				

Библиотека конструкций-аналогов предназначена для хранения конструкции компоновок УСП когда-либо созданных из элементов комплекта УСП имеющегося на предприятии. Аналог создаваемой кон-

струкции может быть использован в качестве базовой, использование которой упрощает и ускоряет процесс проектирования компоновки.

Список литературы:

1. Дубик, Е.А. Оценка эффективности использования универсально-сборных приспособлений при внедрении инновационного процесса на производственном предприятии / Е.А. Дубик, И.А. Павлов, И.В. Демаков. // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-5. – С. 1081-1089.
2. Рыбаков, А.В. Интерактивное управление проектированием и изготовлением сложных изделий на базе компьютерных моделей в условиях информационно-технологической среды / А.В. Рыбаков, М.В. Кожин, А.А. Орлов // Научно-технический и производственный журнал Вестник компьютерных и информационных технологий, 2009. №12. – С.21-28
3. Универсально-сборные приспособления с пазами 12мм (УСП-12) [Электронный ресурс] URL <http://uspkomplekt.ru/usp-12/default.html>. – Дата обращения 15.01.19.
4. Полянсков Ю.В. Реализация концепции PLM для универсально-сборных приспособлений на примере авиастроительного предприятия/ Ю.В. Полянсков, А.Р. Гисметулин, А.А. Блюменштейн// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2013. – С. 865-869.
5. Piankovskay M.V. Influence of modes ANF on the characteristics of surface layer details / M.V. Piankovskay, V. B. Bogutsky, L.B. Shron // The priorities of the world science: experiments and scientific debate. Proceedings of the XII International scientific conference 16-17 November 2016. – North Charleston, SC, USA: Create Space, 2016. – PP.23-26.
6. Богуцкий В.Б. Сравнительный анализ возможности двух CAD сред INVENTOR и Компас 3D./ В.Б. Богуцкий, С.М. Братан, Б.В. Богуцкий // «Механики XXI века». № 15. – Братск: «БрГУ», 2016. – С. 151-155.
7. Piankovskay M.V. Evaluation assembly precision UPF/ M.V Piankovskay, V. B. Bogutsky //Journal of Advanced Research in Technical Science. – North Charleston, USA: SRC MS, Create Space. – 2016. – Iss. 3. – PP.28-31.
8. Богуцкий В.Б. Структура автоматизированной системы проектирования технологической оснастки/ В.Б. Богуцкий // Теория. Практика. Инновации. №12 (36) <http://www.tpinauka.ru/2018/12/Bogutsky.pdf>.

УДК 51–72; 51–74; 621.039

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

Звядинцева С.Ю., магистр,
Александрова А.В., магистр,
Каплев Д.А., магистр,
ФГБОУ ВО Братский государственный университет,
ул. Макаренко 40, г. Братск, Российская Федерация, 665709
e-mail: slapopov@gmail.com

Аннотация: В статье рассмотрен новый подход к компьютерному моделированию инструментов инженерного анализа в области моделирования поверхностных слоев на атомном уровне. Реализация данного подхода особенно эффективна в научных исследованиях, что является актуальным, поскольку реализация его на практике приводит к повышению качества машиностроительной продукции. Целью статьи является рассмотрение новой возможности наблюдения за процессами, возникающими при шлифовании на атомном уровне. Ее можно реализовать среди инструментов инженерного анализа при помощи современных компьютерных технологий. Для анализа контактного взаимодействия в динамическом режиме, были созданы атомистические модели алмазного зерна марки АС6 с режущей поверхности алмазного шлифовального круга на металлической связке и быстрорежущей

щей стали Р6М5. При молекулярно-динамическом моделировании поверхности быстрорежущей стали учитывалось наличие в ее составе шести фаз, а у алмазного зерна принималось во внимание наличие поверхностных и внутренних дефектов кристаллической решетки. В итоге была получена модель визуализации тепловой энергии при шлифовании. В качестве инструмента инженерного анализа это позволило реализовать наблюдения за признаками, свидетельствующими о разрушении связей между контактирующими частицами. Дальнейшее развитие имитационного моделирования путем совершенствования инструментов инженерного анализа позволит предсказать поведение состояния моделируемой системы, а также каждого из ее элементов в отдельности, в любой временной последовательности.

Ключевые слова: шлифование, алмазное зерно, молекулярная динамика, атомистическое моделирование, визуализация

COMPUTER MODELING OF TOOLS OF ENGINEERING ANALYSIS

Zvyadintseva S.Y., Master of Engineering sciences BSU,

Aleksandrova A.V., Master of Engineering sciences BSU,

Kaplev D.A., Master of Engineering sciences BSU,

(Bratsk State University, st. Makarenko, 40, Bratsk, Russia, 665709)

Abstract: The article describes a new approach to computer modeling of engineering analysis tools in the field of surface layer modeling at the atomic level. The implementation of this approach is particularly effective in scientific research, which is relevant because its implementation in practice leads to an increase in the quality of engineering products. The purpose of the article is to consider the new possibility of observing the processes that occur during grinding at the atomic level. It can be implemented among engineering analysis tools using modern computer technology. To analyze the contact interaction in the dynamic mode, atomistic models of diamond grain of mark AS6 were created from the cutting surface of the diamond grinding wheel on the metal bond and high-speed steel M5. In the molecular-dynamic modeling of the surface of high-speed steel, the presence of six phases in its composition was taken into account, and the presence of surface and internal lattice defects in the diamond grain was taken into account. As a result, a model of thermal energy visualization during grinding was obtained. As a tool for engineering analysis, this made it possible to implement observations of signs indicating the breakdown of bonds between contacting particles. Further development of simulation modeling through the improvement of engineering analysis tools will make it possible to predict the behavior of the state of the simulated system, as well as each of its elements separately, in any temporal sequence.

Keywords: grinding, diamond grain, molecular dynamics, atomistic modeling, computer visualization

Введение. Вряд ли какое-либо современное исследование в наше время может обойтись без методов математического моделирования поверхностных слоев деталей машин с целью повышения их качества, точности и долговечности. Ученые приобрели достаточный опыт в реализации различных подходов к визуализации результатов своих исследований [1]. Например, методы молекулярной динамики или квантово-механические расчеты [2–4], которые обладают высокой чувствительностью и универсальностью, глубоко проникли в машино-

строение. Для визуализации результатов исследований на атомной структуре металлов и сплавов используется комбинированное сочетание различных подходов, которые дают наглядное представление о процессах, возникающих при шлифовании на атомном уровне [5].

Из материалов, опубликованных в последние годы в научной прессе, видно, что как существующие, так и новые компьютерные технологии постоянно развиваются. Конкурентное и качественное преимущество этих технологий заключается в их уникальном сочетании с инженерными техно-

логиями, поскольку в инженерном деле всегда используется весь спектр современных методов и подходов для изучения взаимосвязей моделей в процессе изготовления машин.

Целью исследования является изучение возможности для наблюдения за моделью температурных изменений, которые возникают в результате разрыва атомных связей между атомами кластеров углерода и железа в любой (и из любой) точке обеих моделей, как углерода, так и железа.

Методика исследования. Потенциал современных информационных технологий сегодня не ограничен. Как показано в отечественной практике моделирования [6, 7], пакеты программного обеспечения с открытым исходным кодом могут быть запрограммированы для любой функции инженерного анализа. В нашей разработке мы использовали бесплатный проект с открытым исходным кодом – Blender [8]. Это программный продукт для 3D-анимации, моделирования, рендеринга и композитинга. Мы частично автоматизировали функциональность пакета Blender, что позволило в значительной степени настроить параметры (а их около тридцати) двух моделей:

- кластеров углерода, где в качестве режущего инструмента были выбраны алмазные зерна (АЗ) марки АС6 шлифовального круга на металлической связке;

- кластеров железа, где в качестве обрабатываемой поверхности выбрана быстрорежущая сталь Р6М5 (БРС) [9, 10].

Эти параметры включают в себя: тип кристаллической решетки; атомный и ионный радиусы; модуль сдвига; предел прочности; модуль сжимаемости; время жизни частиц (т.е. моделей атомов), которое изме-

ряется в кадрах; исчезновение частиц; эмульсия типа физики, которая воздействует на данную систему частиц; вес частиц по их плотности; гашение энергии; количество связей, создаваемых между частицами; сила трения между связанными частицами, сила для разрыва связи; вероятность создания новых связей после разрыва старых; процент разорванных связей, которые смогут создавать новые связи и некоторые другие параметры.

Создаваемая в программе Blender кристаллическая решетка является набором закономерных координат частиц (моделей атомов) в трехмерном пространстве. Широкие возможности программы позволяют задать этой модели любые размеры и формы, объемы и ориентацию. Модели кристаллических решеток АЗ и БРС называются суперячейками и создаются в Blender с помощью специально разработанного нами дополнения BLC [8, 9], инструмента, автоматически создающего суперячейки элементов.

На создание модельного кластера с большим количеством частиц требуется определенное время, поэтому в программу заложен алгоритм, показывающий прогресс работы программы в процентах на системном указателе. Когда прогресс на указателе достигнет 100 %, то в месте, где установлен 3D курсор на сцене, появится новый меш-объект, состоящий из вершин. Если перед этим активирована функция «Particle system» то к этому созданному объекту-источнику автоматически добавится система частиц, в которой количество вершин, состоящей из частиц равняется количеству вершин объекта, а радиус частиц равняется ковалентному радиусу атома химического элемента из файла библиотеки параметров.

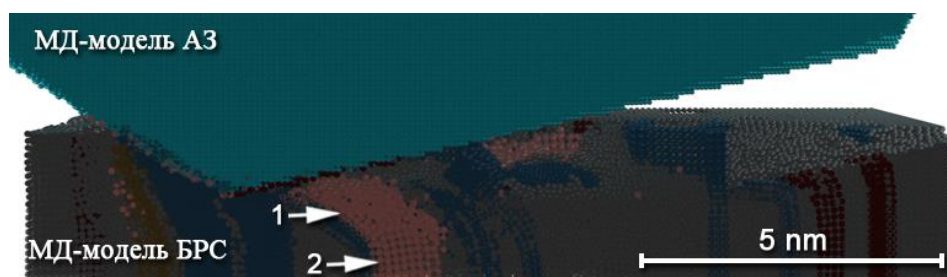


Рис. 1. Результаты независимого моделирующего виртуального эксперимента.

Вид на алмазное резание в продольном сечении, где 1 и 2 – следы «пластической деформации» модельных кластеров БРС

Результаты и обсуждение. Итогом разработки стала компьютерная визуализация динамического взаимодействия моделей углерода и железа, с визуализацией возможности наблюдения процессов, которые возникают при резании на атомном уровне и невозможны для наблюдения никакими иными способами (рис. 1). Преимуществом такой динамической модели считаем возможность изучения контактно-

го взаимодействия в режиме реального времени. Применение к динамической сцене инструмента «Температура», как показано на рис. 2, дает возможность для наблюдения за моделью температурных изменений, которые возникают в результате разрыва атомных связей между атомами кластеров углерода и железа в любой (и из любой) точке обеих моделей, как углерода, так и железа.

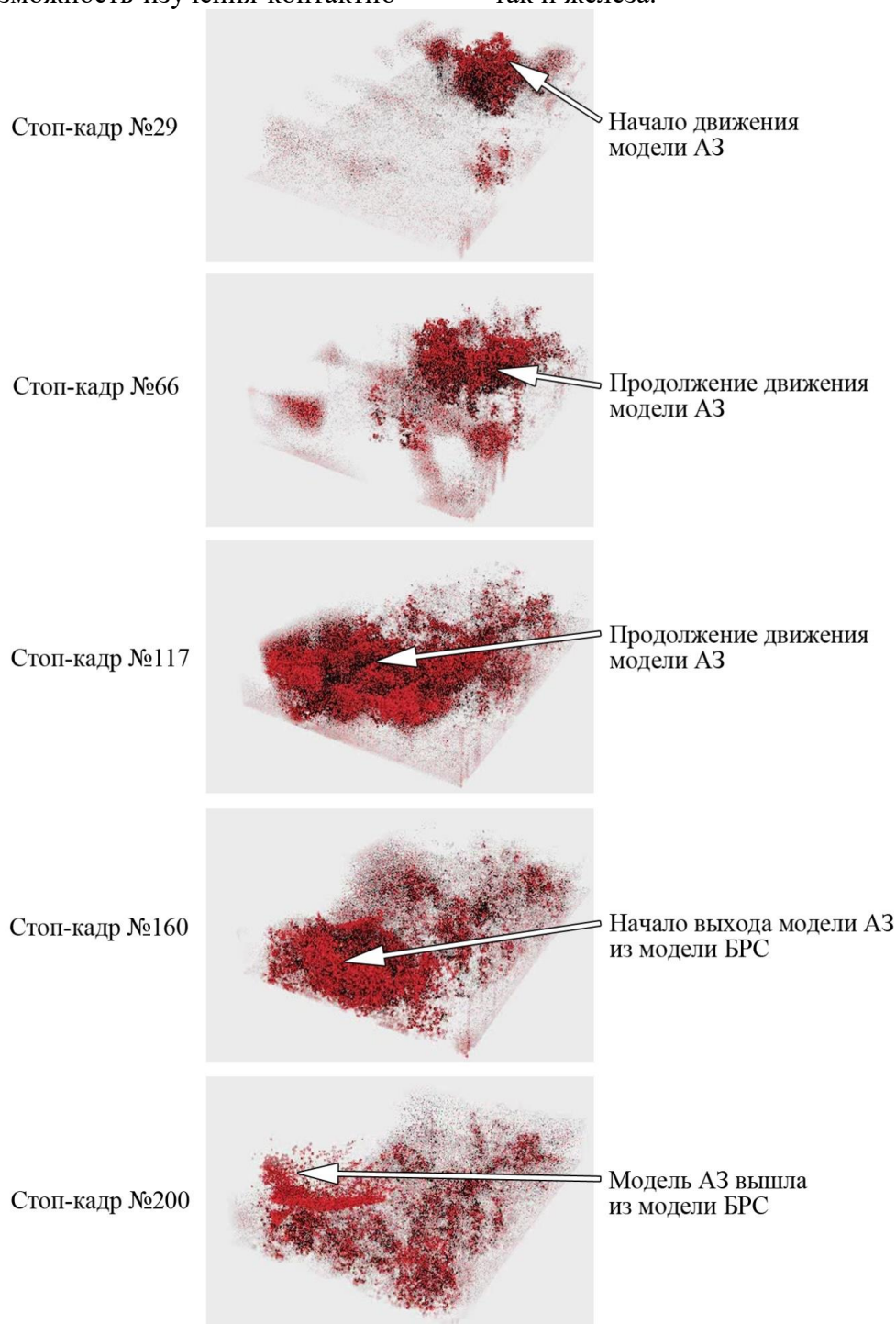


Рис. 2. Раскадровка результата взаимодействия динамической модели с визуализацией только следов температурных изменений в моделях.
Внешний вид спереди

Выводы. Визуализация тепловой энергии при шлифовании дает возможность реализовать наблюдения за признаками, свидетельствующими о разрушении связей между контактирующими частицами. Развитие имитационного моделирова-

ния путем совершенствования инструментов инженерного анализа в дальнейшем позволит предсказать поведение состояния моделируемой системы, а также каждого из ее элементов в отдельности, в любой временной последовательности

Список литературы:

1. Kholmurodov K., Ebisuzaki T., Puzynin I., Smith W., Yasuoka K. MD simulation of cluster-surface impacts for metallic phases: soft landing, droplet spreading and implantation // Computer Physics Communications. 2001. Vol. 141. № 1. P. 1–16.
2. Kabaldin Y.G. Quantum model of nanostructure assembly // Russian Engineering Research. 2014. Vol. 34. № 12. P. 751–755.
3. Кабалдин Ю.Г., Серый С.В., Уткин А.А. Моделирование процессов трения и смазывания при резании на основе квантово-механических расчетов // Вестник машиностроения. 2012. № 2. С. 46–52.
4. Заводинский В.Г., Каминский О.И. Квантово-механическое исследование трения в наноконтактах // Механика композиционных материалов и конструкций. 2017. Т. 23. № 3. С. 310–321.
5. Попов В.Ю., Хлыстов А.Н., Бондин А.В. Атомная визуализация алмазного резания // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т.8. №1. С. 161–172.
6. Матюшкин И.В. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур / М.: Техносфера, 2011. – 168 с.
7. Заводинский В.Г. Компьютерное моделирование наночастиц и наносистем [Электронный ресурс] / М.: Физматлит, 2013. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113977.html>.
8. Хлыстов А.Н. Адаптивность алгоритмов моделирования кристаллических решеток // Механика XXI века. 2017. № 16. С. 120–125.
9. Хлыстов А.Н. Автоматизация молекулярно-динамического моделирования // Механика XXI века. 2016. № 15. С. 255–258.
10. Popov V.Y., Yanyushkin A.S., Zamashchikov Y.I. Diffusion Phenomena in the Combined Electric Diamond Grinding // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 799–800. pp. 291–298.

УДК 621.914

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ВЫБОРУ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТОНКИМ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

М.В. Пянковская, аспирант,

Ю.К. Новосёлов, д-р техн. наук,

В.Б. Богуцкий, канд. техн. наук,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: manynya425@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается формирование основных требований для выбора режущего инструмента при обработке деталей тонким фрезерованием. Тонкое фрезерование является торцовой обработкой поверхностей фрезами, при большой скорости резания. Оно наиболее применимо для обработки гладких плоскостей. Для достижения оптимальных режимов резания, качества детали и стойкости инструмента необходимо правильно выбрать оборудование, режущий инструмент и материал заготовки. Выбор инструмента в значительной степени определяет режимы обработки, получаемые параметры шероховатости и плоскостности обрабатываемой поверхности. Чтобы правильно подобрать необ-

ходимый режущий инструмент, нужно выделить определённые требования выбора инструмента. Сформированы основные требования к выбору режущего инструмента при тонком фрезеровании, такие как: 1) определение группы обрабатываемого материала; 2) выбор типа применяемой фрезы (тип фрезы определяется конструкцией обрабатываемой поверхности и видом оборудования); 3) выбор параметров фрезы (диаметр фрезы, число зубьев фрезы и подбор режущей пластины). Также определены режимы резания при тонком фрезеровании (скорость резания, м/мин; подача, мм/зуб). Таким образом, если инструмент подобран правильно, то механическая обработка детали минимизирует величину отклонений от значений, заданных чертежом изделия.

Ключевые слова: тонкое фрезерование, диаметр, инструмент, шероховатость, материал, требования, оборудование, поверхность, параметры фрезы, стойкость инструмента.

FORMATION OF REQUIREMENTS TO THE CHOICE OF CUTTING TOOL FOR MACHINING A FINE MILLING

M.V. Piankovskaya, postgraduate,
Y.K. Novoselov, dr. techn. sciences,
V.B. Bogutsky, kand. tech. sciences,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The article deals with the formation of the basic requirements for the selection of cutting tools in the processing of parts by thin milling. Thin milling is the face treatment of the surface of the cutter, at high cutting speed. It is most applicable for processing smooth planes. To achieve optimal cutting conditions, part quality and tool life, it is necessary to choose the right equipment, cutting tool and workpiece material. The choice of the tool largely determines the processing modes, the resulting parameters of the roughness and flatness of the treated surface. To choose the right cutting tool, you need to select certain requirements of the tool selection. The basic requirements for the choice of cutting tools for thin milling, such as: 1) the definition of the group of processed material ; 2) the choice of the type of cutter used (the type of cutter is determined by the design of the treated surface and the type of equipment); 3) the choice of cutter parameters (cutter diameter, the number of cutter teeth and the selection of the cutting plate). Also defined cutting conditions for thin milling (cutting speed, m/min; feed, mm/tooth). Thus, if the tool is selected correctly, the machining of the part minimizes the value of deviations from the values specified by the drawing of the product.

Keywords: fine milling, diameter, tool, roughness, material, requirements, equipment, surface, milling parameters, tool life.

Одной из основных технологических операций финишной обработки плоских деталей является операция тонкого фрезерования [1, 2].

Под тонким фрезерованием обычно понимается торцовая обработка поверхностей фрезами (рис.1), оснащёнными твёрдым сплавом, при малом сечении стружки и большой скорости резания [2-4].

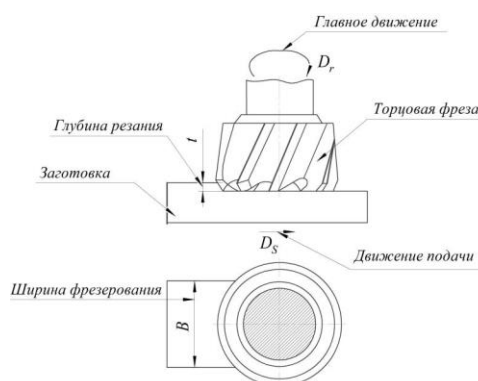


Рис.1. Схема торцевого фрезерования
Тонкое фрезерование наиболее применимо
для обработки гладких плоскостей

Для достижения оптимальных режимов резания, качества детали и стойкости инструмента необходимо правильно выбрать оборудование, режущий инструмент и материал заготовки.

Чтобы правильно подобрать необходимый режущий инструмент, нужно выделить определённые требования выбора инструмента.

Требования к выбору инструмента при тонком фрезеровании:

1. Определить группу обрабатываемого материала. К какой группе ISO относится заданный материал заготовки. Стандарт ISO разделяет все обрабатываемые материалы на четыре основные группы P/M/K/N: ISO P (сталь); ISO M (нержаве-

ющая сталь); ISO K (чугун); ISO N (алюминий, цветные металлы).

2. Выбрать тип применяемой фрезы. Тип фрезы определяется конструкцией обрабатываемой поверхности и видом оборудования. Геометрия зубьев торцевых фрез для тонкого фрезерования приведена в таблице 1 [5].

3. Выбрать параметры фрезы. Размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой поверхности глубиной срезаемого слоя:

- Диаметр фрезы D_c – выбирают по возможности наибольшим для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала [3].
- Число зубьев фрезы – Z связано с понятием шага.

Таблица 1. Геометрия зубьев торцевых фрез.

Обрабатываемый материал	Углы в градусах			Ширина, мм	
	Задний угол	Передний угол	Вспомогательный угол	Переходной кромки	Заглаживающей фаски
Сталь, твёрдость $HB < 200$	16-16	» 0 » -5	5-10	1	-
Сталь, твёрдость $HB > 200$	14-16	» -5 » 10	5-10	1	-
Чугун серый	10-12	» 0 » 5	5-10	1	-
Бронза	10-12	» 0 » 5	0-5	-	1-1,5
Алюминиевые сплавы	14-16	» 0 » 10	0-5	-	1-1,5

При обработке алюминиевых сплавов наибольшую чистоту поверхности дают однозубые, так называемые «летучие», фрезы (рис. 2.) и двухзубые ступенчатые (рис. 3.), у которых зуб 1 на несколько десятых долей миллиметра выше зачистного зуба 2 и незначительно отличается от него формой режущей грани.

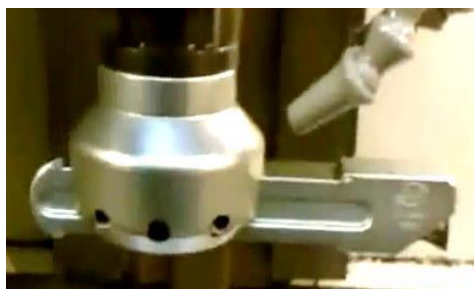


Рис. 2. Однозубая «летучая» фреза

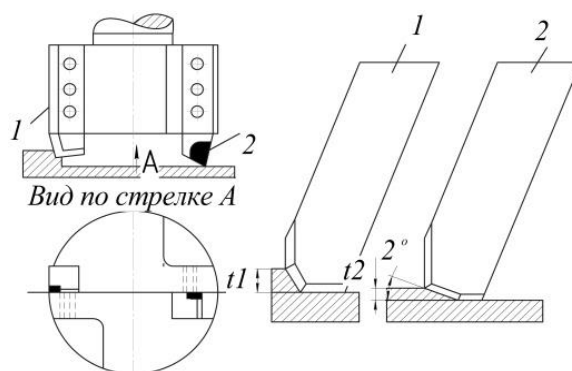


Рис.3. Двухзубая ступенчатая фреза

Зубья торцевых фрез изготавливаются из твёрдых сплавов: Т15К6 - для обработки сталей; ВК8 - для чугуна, Т15К6 или ВК8 - для алюминиевых сплавов [3].

- Подобрать режущую пластину.

1) Выбор геометрии передней поверхности пластин условно упрощён до трёх возможных геометрий, различающихся характером резания: лёгкая геометрия - L , средняя геометрия - M и тяжёлая геометрия - H .

Лёгкая геометрия - L имеет острую режущую кромку и предназначена для выполнения фрезерования с небольшими нагрузками. Применяется для обработки нежестких заготовок и для чистового фрезерования. Характеризуется малыми подачами и низкой потребляемой мощностью.

2) Выбор материала режущей пластины производится в зависимости от обрабатываемого материала.

3) Выбрать тип крепления.

4) Определить элементы режима резания:

Режимы тонкого фрезерования приведены в таблице 2 [3, 5].

Для тонкого фрезерования используются быстроходные мощные горизонтальные и вертикальные фрезерные станки [4, 5].

Таблица 2. Режимы резания при тонком фрезеровании.

Обрабатываемый материал	Скорость резания V , м/мин	Подача S_z , мм/зуб
Сталь углеродистая, твёрдость $HB < 200$	180-240	0,05-0,20
Сталь углеродистая, твёрдость $HB < 300$	150-180	0,05-0,12
Сталь углеродистая, твёрдость $HB < 400$	110-150	0,05-0,10
Чугун серый	90-180	0,05-0,40
Алюминиевые сплавы, бронза	1500-5000	0,05-0,25

Список литературы:

1. Multi toothuneven cutting behavior of high speed milling cut terandcrite-rionformilled surface topography / Jiang Bin, Yao Guisheng, Zhang Shuai and Xu Tong //The Open Mechanical Engineering Journal. –2015. –No9. –P.395–401
2. Novoselov Yu. Decomposition of milling operation./Yu. Novoselov, V. Bogutsky, M. Pionkovskaya // MATEC Web of Conferences 224, 01136 (2018) ICMTMTE 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822401136>.
3. Последовательность выбора инструмента при фрезеровании [Электронный ресурс] URL<https://megapredmet.ru/1-45785.html> – Дата обращения 15.01.19
4. Тонкое фрезерование [Электронный ресурс], - URL<http://bs111.ru/frezerovanie/579-tonkoe-frezerovanie.html>– Дата обращения 25.01.19.
5. Modern machining technology. A practical guide. Edited by J. Paulo Davim. Woodhead Publishing, 2011. – 412 p.

УДК 621.762:621.791

О ПРИМЕНЕНИИ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКИ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЛМАЗНЫХ ГОЛОВОК НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕДНЫХ СВЯЗКАХ

И.С. Голышов, студент,
В.М. Смирнов, канд. физ.-мат. наук,
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, Российская Федерация
e-mail: ivan.golyushov.97@mail.ru

Аннотация: При изготовлении алмазных шлифовальных головок на металлических связках с использованием традиционных способов соединения алмазоносной части со стальным корпусом в виде хвостовика требуется применение быстрорежущих марок сталей в качестве корпуса. Методы диффузионной сварки или пайки, которые обычно используются для прочного соединения алмазоносной рабочей части инструмента с корпусом, осуществляются путем объемного длительного нагрева при 600...650 °C. Поэтому применение других, менее теплостойких сталей в качестве корпуса алмазной шлифовальной головки на металлических связках приводит к разупрочнению хвостовика, что впоследствии не обеспечивает необходимой точности при шлифовании из-за отгиба хвостовика. В целях замены дорогостоящих быстрорежущих сталей на более дешевые углеродистые инструментальные стали, нами проведены исследования возможности применения конденсаторной сварки для соединения стального термоупрочненного цилиндрического хвостовика из стали У8 с алмазоносной частью шлифовальной головки на наноструктурированных медных связках. Применение метода конденсаторной сварки, благодаря краткости импульса и минимальным размерам зоны термического влияния, не приводит к разупрочнению стального термообработанного хвостовика. Методом конденсаторной сварки показано, что наиболее прочное соединение хвостовика из термоупрочненной стали У8 с алмазоносной частью шлифовальной головки достигается при использовании промежуточного корпуса из низкоуглеродистой стали, который закладывается в пресс-форму вместе с шихтой при изготовлении алмазоносной части. Приведены предварительные режимы конденсаторной сварки.

Ключевые слова: Конденсаторная сварка, алмазная шлифовальная головка, алмазоносная часть, наноструктурированная медная связка, сварное соединение, хвостовик, промежуточный корпус, прочность.

ON THE APPLICATION OF THE CONDENSER WELDING IN THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING OF DIAMOND HEADS ON NANO-STRUCTURED COPPER BOND

I.S. Golyushov, student,
V.M. Smirnov, cand. phys&math,
FSAEI HE Chuvash state university, Cheboksary, Russian Federation

Abstract: In the manufacture of diamond grinding heads on metal bonds using traditional methods of connecting the diamond-bearing part with a steel body in the form of a shank, the use of high-speed steels as a body is required. The methods of diffusion welding or soldering, which are usually used to firmly connect the diamond-bearing working part of the tool with the body, are carried out by volumetric long-term heating at 600 ... 650 ° C. Therefore, the use of other, less heat-resistant steels as the body of the diamond grinding head on metal bonds leads to the weakening of the shank, which subsequently does not provide the necessary precision when grinding due to the bend of the shank. In order to replace expensive high-speed steels with cheaper carbon tool steels, we conducted studies on the possibility of using capacitor welding to join steel heat-strengthened cylindrical shank made of steel U8 with the diamond-bearing part of the grinding head on

nanostructured copper bonds. The use of the capacitor welding method, due to the brevity of the pulse and the minimum size of the heat-affected zone, does not lead to the softening of the heat-treated steel shank. The method of capacitor welding has shown that the strongest connection of the shank of heat-treated steel U8 with the diamond-bearing part of the grinding head is achieved by using an intermediate body of low-carbon steel, which is laid in the mold together with the charge in the manufacture of the diamond-bearing part. The preliminary modes of capacitor welding are given.

Keywords: Capacitor welding, diamond grinding head, diamond-bearing part, nanostructured copper bond, welded joint, shank, intermediate body, strength.

Алмазные шлифовальные головки на наноструктурированных медных связках, как показали лабораторные испытания при шлифовании пластин из твердого сплава, обладают более высоким ресурсом и меньшим удельным расходом алмаза по сравнению со связкой М2-01 [1-3]. При этом алмазные головки на наноструктурированных медных связках за счет значительного снижения содержания олова по сравнению со связкой М2-01 имеют меньшую себестоимость изготовления. Дальнейшее снижение себестоимости шлифовальных головок возможно путем оптимизации технологии их изготовления и использования современных технологических процессов и более дешевого материала корпуса.

Конструктивно алмазная шлифовальная головка состоит из двух составных частей - это алмазоносная рабочая часть и корпус в виде цилиндрического хвостовика (рис.1). Выбор материала корпуса зависит от связки, механических нагрузок при эксплуатации и теплового режима при изготовлении и эксплуатации инструмента [4]. В соответствии с ГОСТ 17122-85 корпуса алмазных шлифовальных головок на металлических связках рекомендуются изготавливать из быстрорежущих сталей марок Р9, Р18 и Р6М5. В то же время корпуса для алмазных головок на органических связках рекомендуются изготавливать из сталей У7А, У8А, У9А, У10А, У12А с обеспечением последующей термообработкой твердости до 63 HRC.

Такие разные требования к материалу корпуса в случае разных связок обусловлены тепловыми режимами технологических процессов изготовления алмазонос-

ных рабочих частей инструмента и методов соединения их с корпусом.

Алмазные инструменты изготавливаются методами порошковой металлургии путем холодного прессования (брикетирования) смеси алмазного порошка и связки с последующим спеканием и/или горячим прессованием. Традиционно, с целью обеспечения высокой прочности соединения рабочей части с корпусом инструмента, корпус на стадии брикетирования укладывают в пресс-форму, после чего засыпают туда же формовочную алмазоносную смесь и уплотняют её холодным прессованием. В случае металлической связки часть стального корпуса, которая контактирует с алмазоносной рабочей смесью, предварительно подвергается омеднению или лужению.

В случае органической связки, прочное соединение корпуса с рабочей алмазоносной частью обеспечивается при горячем прессовании при температуре, не превышающей 200 °С, за счет полимеризации связки [5].

Прочное соединение алмазоносного слоя на металлической связке со стальным корпусом обеспечивается при спекании и горячем прессовании в пресс-форме при температурах 600...800 °С за счет диффузионных процессов. Поэтому данный метод называют диффузионным припеканием или диффузионной сваркой (рис.1а) [5, 6].

Так как спекание и горячее прессование алмазоносной части происходит при нагреве всего инструмента с корпусом, то использование простых углеродистых сталей в качестве корпуса шлифовальных алмазных головок на металлических связках требует дополнительной термообработки для упрочнения корпуса инструмента, что не всегда допустимо и эффективно.

Поэтому в настоящей работе рассматривается возможность применения метода конденсаторной точечной сварки для соединения алмазонасной головки с цилиндрическим стальным термоупрочненным хвостовиком. Данный метод соединения отдельно изготовленных алмазонасной части и корпуса в виде цилиндрического хвостовика был предложен нами [7] в качестве альтернативы методу диффузионной сварки и методу соединения пайкой. Использование конденсаторной сварки упрощает технологию изготовления алмазонасной рабочей части, уменьшает материальные затраты и время на изготовление одного инструмента. Также появляется возможность использования в качестве материала хвостовиков более дешевые, например, углеродистые инструментальные стали марки У7А, У8А и др. с твердостью до 60 HRC вместо дорогостоящих быстрорежущих марок сталей.

Для определения возможности применения конденсаторной сварки были изготовлены алмазные шлифовальные головки типа АW на наноструктурированных связках с тремя разными способами соединения стального цилиндрического хвостовика длиной 50...60 мм и диаметром 6 мм с алмазонасной частью диаметром 12 мм (рис.1). Первый способ соединения был традиционный (рис.1а), без применения конденсаторной сварки. Соединение хвостовика с алмазонасной частью обеспечивалось при спекании и горячей допрессовке алмазной головки в пресс-форме. При втором способе в пресс-форме получали отдельно алмазонасные цилиндрические головки.

Затем к ним непосредственно приваривали стальные термически упрочненные хвостовики конденсаторной сваркой (рис. 1б). Третий способ отличается тем, что стальные упрочненные хвостовики приваривали к стальному переходному корпусу, который закладывается внутрь пресс-формы при брикетировании алмазонасной части (рис. 1в). В качестве связки для изготовления алмазонасной части инструмента использовали смесь порошка олова и гранул меди, полученных реакционным механическим легированием порошка ме-

ди алюминием и углеродом [2]. Температура спекания составляла 720 °С. После спекания алмазонасная часть подвергалась горячей допрессовке.

Хвостовики диаметром $6 \pm 0,1$ мм изготавливали из углеродистой инструментальной стали У8А, Твердость хвостовика после термического упрочнения (закалка в воду с 800 °С и отпуск при 450 °С) составляла 40 ± 1 HRC.

Для соединения алмазонасной части и стального хвостовика был собран аппарат конденсаторной сварки с емкостью конденсаторной батареи 100000 мкФ и с регулируемым диапазоном напряжения до 200 В. Емкость конденсаторов была выбрана, исходя из диаметра хвостовика, который в нашем случае составлял 6 мм. Ёмкость взята с запасом для обеспечения возможности приварки хвостовиков большего диаметра, до 10 мм.

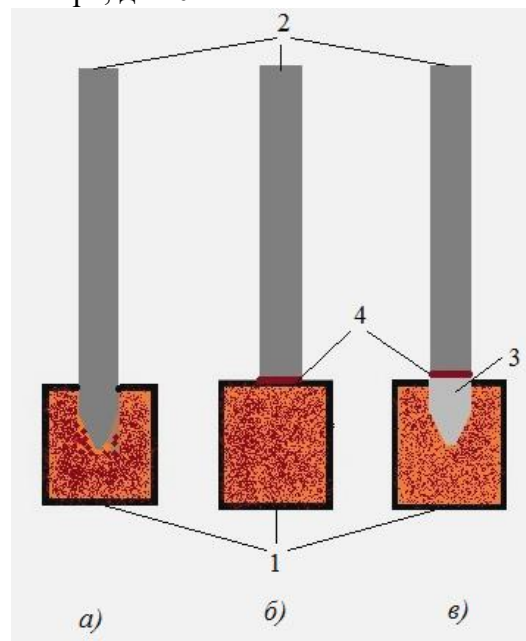


Рис. 1. Конструкции алмазной шлифовальной головки с разными способами соединения алмазонасной части (1) со стальным корпусом (цилиндрическим хвостовиком – (2)):
а) диффузионная сварка;
б) непосредственная конденсаторная сварка;
в) конденсаторная сварка с использованием стального промежуточного корпуса (3).
4 – сварной шов

Конденсаторная сварка происходит благодаря разряду батареи конденсаторов.

По технологическим приёмам разделяют точечную, шовную и стыковую конденсаторную сварку [8]. Стыковая сварка широко используют для конденсаторной приварки шпилек к листовым корпусным деталям [9]. При конденсаторной приварке шпилек разряд конденсатора возникает за счёт повышенного напряжения до непосредственного контакта свариваемых деталей, оплавляет их торцы, а само соединение происходит при осадке момент контакта свариваемых торцов деталей. Конденсаторная сварка оплавлением обладает рядом преимуществ [8], среди которых: минимальная зона термического влияния; возможность сварки разнородных металлов и сплавов; высокая производительность и др.

В настоящей работе для соединения цилиндрического хвостовика с алмазозонной головкой был использован способ стыковой конденсаторной сварки с оплавлением [10]. Для этого способа сварки обязательным условием является наличие в основании цилиндрического хвостовика осевого выступа, в виде цилиндра с диаметром от 0,6 до 0,8 мм и высотой от 0,5 до 1,0 мм. Это служит двум целям:

- позволяет точно, по предварительному центрному отверстию (глубиной не более 0,2 мм), определить место приварки хвостовика на поверхности привариваемой части;
- обеспечивает розжиг и устойчивое горение сварочной дуги по всей поверхности привариваемого элемента при осуществлении разряда конденсатора.

Для приваривания хвостовика использовали стандартный пистолет, который оснащен пружинным механизмом для осаживания по мере оплавления поверхностей соединяемых деталей. Для обеспечения соосности при приварке хвостовика к алмазозонной рабочей части использовали специальную насадку на пистолет [7].

Прочность соединения стального хвостовика с рабочей частью инструмента определяли методом испытания на растяжение (рис.2) на разрывной машине У-1958 с измерителем силы до 100 кН и 10 кН, с электромеханическим приводом,

программным управлением и компьютерной обработкой данных. Предел допускаемой погрешности при измерении нагрузки составлял $\pm 1\%$.

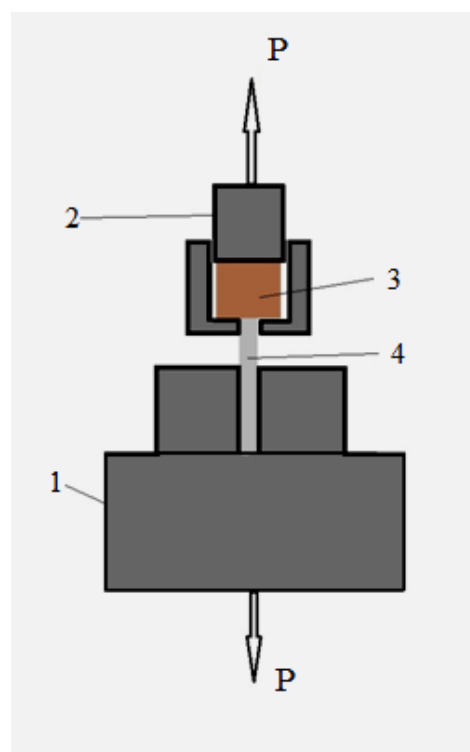


Рис. 2. Схема испытания на прочность соединения хвостовика (4) с алмазозонной частью (3) методом растяжения.

1 – нижний захват, 2 – верхний захват.

Первоначально проводили испытание на прочность соединения хвостовика с алмазозонной частью на алмазных головках, изготовленных в лаборатории первым методом (рис.1а.), с использованием диффузионной сварки. Также испытывали на прочность соединения хвостовика с алмазозонной частью промышленно изготовленных алмазных головок типа АW диаметром 12 мм, которые имели такую же конструкцию. Разрушение на всех головках происходило на месте соединения хвостовика с алмазозонной рабочей частью. Предел прочности соединений хвостовика с алмазозонной частью, выполненные диффузионной сваркой, составил 238 ± 15 МПа для промышленных и 245 ± 20 МПа для лабораторных алмазных шлифовальных головок.

Наименьшую прочность имеет соединение, полученное вторым способом

(рис.1б.), методом конденсаторной приварки стального хвостовика напрямую к рабочей алмазонасной части. Прочность соединения полученного этим методом составляет всего 40 ± 10 МПа. Отрыв происходит по сварному соединению со стороны алмазонасной части. Хотя для обеспечения большей прочности сварного соединения, при изготовлении алмазонасной части инструмента был создан в том месте промежуточный подслои толщиной 0,5 мм без алмаза. Однако, проблема заключается в том, что порошковые материалы, каковым относятся металлические связки, в том числе связка на основе наноструктурированной меди, имеют значительную пористость и поэтому обладают низкой прочностью на растяжение. Для увеличения прочности требуется значительное увеличение давления уплотнения брикетов, что недопустимо при изготовлении алмазных инструментов.

С целью обеспечения прочного сварного соединения хвостовика с алмазонасной рабочей частью, не уступающего по прочности первому традиционному способу соединения, было предложено использовать в конструкции инструмента стальной промежуточный корпус в виде цилиндра с конусом, размещаемый в теле алмазонасной головки (рис.1в.). В последующем к этому промежуточному корпусу можно будет приварить цилиндрический хвостовик из термо-упрочненной стали методом конденсаторной сварки.

Данный переходной корпус предварительно омедняется и устанавливается в пресс-форму в процессе холодного прессования алмазонасной части. Исходя из необходимости обеспечения удовлетворительной свариваемости хвостовика из углеродистой инструментальной стали промежуточным корпусом, последний изготавливался из низкоуглеродистой стали Ст.3. В этом месте не требуется высокой прочности, так как при эксплуатации шлифовальной головки максимальные напряжения возникают в месте закрепления хвостовика в патроне или цанговом зажиме шлифовального станка. Поэтому сам хвостовик должен обладать более вы-

сокой прочностью, а именно высоким пределом текучести и упругости, чем промежуточный корпус.

Оптимальное качество сварки для комбинации материалов «сталь-сталь» при диаметре шпильки 6 мм обеспечивается, например, на аппаратах конденсаторной сварки «Faradei» 1400 при мощности разряда 650 Дж [10], что достигается на этих аппаратах при напряжении 140В. По этим данным, используя формулу расчета энергии разряда конденсатора

$$W = C \cdot U^2 \quad W = \frac{C \cdot U^2}{2}, \quad (1)$$

(где C – емкость конденсаторов, мкФ и U – напряжение на обкладках конденсатора, В) можно оценить напряжение зарядки конденсатора для аппарата с другой емкостью конденсаторов. Так как емкость конденсаторов используемого нами аппарата составляет 100000 мкФ, то ожидаемый оптимальный режим сварки «сталь – сталь» на данном аппарате, в соответствии с формулой (1), обеспечивается при напряжении ~115 В. В данном случае материал хвостовика изготавливается из термически упрочненной стали У8 с высоким содержанием углерода, поэтому режимы её конденсаторной сварки могут отличаться от режимов сварки низко и среднеуглеродистых сталей.

С целью исследования свариваемости термически упрочненной стали У8 со сталью Ст.3 были изготовлены модельные образцы путем конденсаторной приварки цилиндрического хвостовика диаметром 6 мм из стали У8 к торцевой поверхности цилиндра диаметром 12 мм и высотой 10..12 мм из стали Ст.3 при разных напряжениях разрядки конденсаторов (табл.1). Диаметр переходника изготавливали специально такого размера, чтобы можно было проводить испытания на растяжение с использованием приведенного выше приспособления (рис. 2). На привариваемом торце хвостовика при его изготовлении был сделаносевой цилиндрический выступ высотой 0,6мм и диаметром 0.6 мм который служит для розжига и устойчивого горения сварочной дуги по всей поверхно-

сти привариваемого элемента при осуществлении разряда конденсатора.

Результаты испытаний на прочность соединения хвостовика с промежуточным корпусом представлены в табл. 1.

Таблица 1. Зависимость прочности сварного соединения хвостовика с промежуточным корпусом от напряжения разряда конденсатора

Напряжение U , В	110	115	120	125
Предел прочности σ_b , МПа	205±20	251±14	279±12	241±15

Используя данный режим сварки были изготовлены алмазные части шлифовальных головок с промежуточным корпусом из стали Ст.3, к которому конденсаторной сваркой приваривали термообработанный цилиндрический хвостовик из стали У8 с твердостью 40 HRC. Испытание на прочность соединения хвостовика с алмазной частью при растяжении по вышеприведенной схеме (Рис.2.) показало, что разрушение в основном происходит по месту соединения промежуточного корпу-

Максимальная прочность сварного соединения «термически упрочненная углеродистая сталь У8 – Ст.3» составляет 279±12 МПа. Такая прочность обеспечивается при напряжении разрядки конденсаторов 120 В (табл.1).

са с алмазной частью при напряжении 240 ±10 МПа.

Таким образом, показана возможность применения конденсаторной сварки для соединения стального термически упрочненного хвостовика из углеродистой инструментальной стали У8А с алмазной частью шлифовальной головки, не уступающего по прочности традиционной технологии соединения методом диффузионной сварки или пайки.

Список литературы:

1. Смирнов В.М. Дисперсно-упрочненная связка на основе порошковой меди для алмазного инструмента / В.М. Смирнов, Д.А. Тимофеев, Е.П. Шалунов // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: матер. 2-ой междунар. науч.- практ. конф., Чебоксары, 11-14 окт. 2016 г. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2016. – С.317-320
2. Смирнов В.М. Высокоэффективная связка «оловянная бронза – механолегированные гранулы» для изготовления алмазных инструментов / В.М. Смирнов, И.С. Голюшов, В.С. Григорьев // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: матер. III междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 4-6 декабря 2017 г. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2017. – С.358-365.
3. В.М. Смирнов, Е.П. Шалунов, Д.А. Тимофеев; Связка на основе меди для изготовления алмазного инструмента // Патент России № 2 644 225. 08.02.2018/ Бюл. № 4.
4. Янюшкин А.С. Повышение эффективности алмазного инструмента на металлической связке при шлифовании высокопрочных материалов / А.С. Янюшкин, Д.В. Лобанов, В.Ю. Скиба, В.А. Гартфельдер, Л.С. Секлетина // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2017. – № 3 (76). – С.17-27
5. Бакуль В.Н. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента, В.Н. Бакуль, Ю.И. Никитин, Е.Б. Верник, В.Ф. Селех. – М.: Машиностроение, 1975. – 296 с.
6. Люшинский А.В. Диффузионная сварка разнородных материалов / А. В. Люшинский. – М.: Академия, 2006. – 208 с.

7. Голушов И.С. О возможности применения конденсаторной сварки для соединения стального хвостовика с алмазной головкой на наноструктурированных медных связках/ И.С. Голушов, В.М. Смирнов, В.Н. Цай // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: матер. IV междунар. науч.- практ. конф. (Чебоксары, 18-19 декабря 2018 г.) – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2018. – С.475-481

8. Моравский В.Э. Технология и оборудование для точечной и рельефной конденсаторной сварки / В.Э. Моравский, Д.С.Ворона. – Киев: Наук. думка, 1985. – 272 с.

9. Райский, В.В. Технология и оборудование для приварки крепежных изделий / В.В. Райский // Сварочное производство. – 2003. – №4 (76). - С.53-59.

10. <http://studwelding.ru/articles/217649> (дата обращения 03.02.2019).Настройка аппарата конденсаторной сварки faraday.

УДК 621.454

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Дзюбаба Р.Н., аспирант,

Новоселов Ю.К., д-р техн. наук,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г.Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: romanenkorn94@mail.ru

Аннотация: Методы чистовой обработки поверхностей деталей узлов машин для получения необходимой шероховатости поверхности приобретают в наше время важнейшее значение в связи с высокими требованиями к качеству продукции машиностроительной отрасли. Самым эффективным методом для решения этой задачи является шлифование. С целью получения максимального эффекта от применяемого метода обработки поверхностей деталей, необходим строгий и точный расчет всех параметров процесса, с учетом сопутствующих факторов влияющих на него. В данной статье рассмотрены вопросы прогнозирования наружного врезного и параметров шероховатости для осциллирующего шлифования. В работе приводятся результаты экспериментальной проверки данных, которые были показаны в соответствии с расчётными данными шероховатости поверхности деталей узлов машин в реальном процессе. Предлагаемая методика, которая описывается в данной статье, может быть использована на стадии проектирования технологических процессов. Методы шлифования поверхности деталей узлов машин, рассмотренные в представленной статье являются наиболее распространёнными, а предлагаемые в ней методики и их последовательность легко обобщаются и могут быть применимы при анализе других процессов обработки деталей абразивными инструментами.

Ключевые слова: наружное врезное шлифование, абразивные зёрна, зона контакта, подача, прогнозирование, стабилизация, осциллирующее шлифование.

FORECASTING OF STABILIZATION OF PARAMETERS OF SURFACE ROUGHNESS IN GRINDING

Dzyubaba R.N., postgraduate,

Novoselov Y.K., dr. sc. tech,

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,

Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: *Methods of finishing the surfaces of machine parts to obtain the necessary surface roughness are becoming increasingly important in our time due to the high quality requirements of the machine buildings industry. The most effective method to solve this problem is grinding. In order to obtain the maximum effect from the applied method of surface treatment of parts, a strict and accurate calculation of all process parameters is required, taking into account the associated factors affecting it. This article deals with the prediction of external, mortise, and roughness parameters for oscillating grinding. The paper presents the results of experimental data verification, which were shown in accordance with the calculated data of the surface roughness of machine parts in the real process. The proposed technique, which is described in this article, can be used at the design stage of technological processes. Methods of grinding the surface of machine parts, considered in this article are the most common, and the proposed methods and their sequence are easily generalized and can be used in the analysis of other processes of machining with abrasive tools.*

Keywords: *external mortise grinding, abrasive grains, contact area, feed, stabilization, oscillating grinding.*

Микронеровности поверхностей оказывают существенное влияние на их эксплуатационные свойства. Исходя из этого фактора, обеспечение параметров шероховатости поверхности деталей предусматривается при обработке всех поверхностей деталей. На данный момент критериев шероховатости имеется большое количество:

- наибольшая высота неровностей профиля R_{max} ;
- высота неровностей профиля по десяти точкам R_z ;
- среднее арифметическое отклонение профиля R_a ;
- а также, параметры кривой опорной поверхности.

При разработке операций механической обработки возникает актуальная задача прогнозирования стабилизации параметров шероховатости поверхности деталей, что в свою очередь обеспечивает наиболее обоснованный выбор режимов резания, режущего инструмента, а также других условий её выполнения. Данная задача особенно актуальна при проектировании операций обработки поверхности деталей абразивными режущими инструментами, которые в большинстве случаев являются конечными в технологическом процессе [2, 7]. Проблематичность этой задачи является в том факторе, что данный процесс работы заготовки и абразивного режущего инструмента стохастичен и требует особенного подхода при изучении и анализе. Не смотря на это, на данный момент существуют разработанные, базиру-

ющиеся на основе теоретико-вероятностного подхода, системных принципах анализа, имеющие достаточно высокую адекватность модели, которые позволяют учитывать на этапе проектирования значительное количество различных технологических факторов [6, 3, 4]. Эти технологические факторы имеют фундаментальное значение при создании различного рода алгоритмов, методик, программ, могут быть включены в современные и передовые, системы автоматизированного проектирования.

Цель данной статьи – это обоснование метода прогнозирования стабилизации параметров шероховатости поверхности деталей для наружного врезного и осциллирующего шлифования.

Формирование микрорельефа при обработке поверхностей абразивными режущими инструментами напрямую связано с закономерностью удаления материала в зоне контакта. Материал заготовки в зоне контакта удаляется единичными абразивными зёрнами, таким образом процесс удаления материала с заготовки является дискретным. Не смотря на это, число единичных срезов имеет достаточно большое количество, что даёт возможность рассматривать данный процесс как непрерывный, а также применять в описании основные положения статистической физики. Под данный тип моделирования было внедрено понятие о вероятности удаления материала заготовки, заключающегося в вероятности события, что данный материал заготовки в

точке удалён, и понятие события противоположного - вероятности не удаления материала [4, 5].

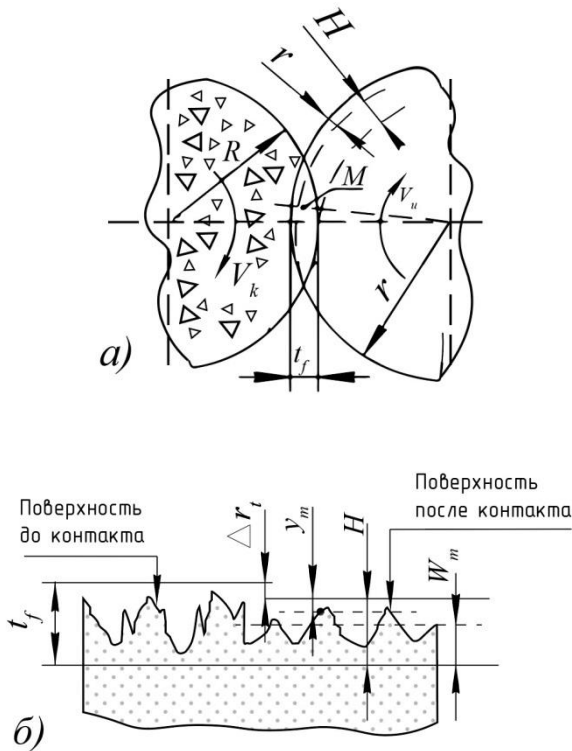


Рис.1. а) - схема процесса;
б) - поверхность до и после контакта

Основываясь на содержательном описании можно сделать следующий вывод, что точка M , рисунок 1, а, сечения заготовки, которое находится в зоне контакта заготовки с режущим инструментом, вероятность удаления материала намного больше, чем до входа сечения в зону, и далее увеличивается при прохождении сечением зоны контакта заготовки с инструментом. При выходе из зоны, радиус-вектор участка поверхности заготовки уменьшаются при круглом наружном шлифовании на величину радиального съема материала Δr , на поверхности остается слой шероховатости H , их сумма равна глубине микро реза t_f . Все эти три параметра связаны между собой, они определяются при помощи наиболее распространенных режимов резания, состояния рабочей поверхности инструмента. Расчёт глубины микро реза производится основываясь на решении уравнения баланса перемещений в ТС. Для процесса круглого наружного шлифо-

вания поверхности деталей это уравнение имеет следующий вид [3]

$$\Delta A_{sj} = \Delta t_{fj} + \Delta R_j + \Delta r_{j-1} + \sum_{k=1}^n \Delta y_{yjk} + \sum_{k=1}^m \Delta y_{qjk}, (1)$$

где: ΔA_{sj} , Δy_{yjk} , Δy_{qjk} – изменения межцентрового расстояния вследствие наличия подачи, температурных, а также упругих деформаций за период от совмещения радиус-вектора рассматриваемого участка поверхности с плоскостью, проходящей через центра вращения круга и основной плоскости (заготовки) при $j-1$ -м и j -м контактах; Δr_{j-1} – радиальный съём материала; ΔR_j – радиальный износ инструмента; Δt_{fj} – изменение в глубине микро реза при j -м контакте; $\sum_{k=1}^n \Delta y_{yjk}$ и $\sum_{k=1}^m \Delta y_{qjk}$ – суммы приращений упругих и температурных деформаций элементов ТС. Знак «+» присваивается, если приращение уменьшает глубину реза и знак «-», если увеличивают.

Анализ уравнения (1) доказывает, для прогнозирования пространственного положения элементов ТС требуется наличие информации о параметрах качества обрабатываемого материала, исходного профиля инструмента, аналитические модели, определяющие связь глубины микро реза, радиального съема обрабатываемого материала, износа абразивного круга, сил реза, температурных, упругих деформаций с технологическими факторами.

Для установившегося процесса приращения упругих, температурных деформаций Δt_{fj} будет равно нулю, в связи с этим уравнение (1) упрощается

$$\Delta A_{sj} = \Delta R_j + \Delta r_{j-1}. (2)$$

При известном значении Δr глубина реза Δt_f вычитывается [5]

$$t_f = 0,739 \Delta r + \sqrt{0,546 (\Delta r)^2 + \frac{13,66 V_u \Delta r}{K_s (V_k \pm V_u) n_g \sqrt{D_e \rho_g}}}; (3)$$

где K_s – коэффициент стружкообразования для типовых операций приведен в [3, 1, 7]; V_k, V_u – скорость круга и скорость заготовки; n_g – число абразивных зерен на единице рабочей поверхности круга; $D_e = Dd/(D+d)$; ρ_g – радиус закругления при вершине зерна, D_e – эквивалентный диаметр [1].

Для данного расчета параметров шероховатости поверхности детали будет рассмотрена поверхность до и после j -го контакта (рисунок 1, б). При известной глубине микрорезания вычисление величины слоя шероховатости будет производиться по данному уравнению:

$$H = t_f - \Delta r. \quad (4)$$

Определяем положение средней линии профиля после контакта, обозначив расстояние до неё от нижней границы слоя шероховатости через W_m , а координату точки профиля относительно средней линии через y_m . Среднее арифметическое отклонение профиля при этом вычисляют [8]

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y_m| dx, \quad (5)$$

где: L – это длина базового участка микрорельефа поверхности заготовки.

Интеграл в (5) уравнении определяет сумму площадей выступов и впадин. Они могут быть определены также при интегрировании по переменной y_m .

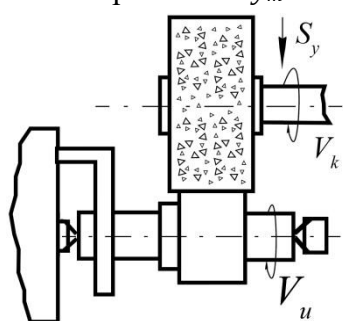


Рис. 2. Схема круглого наружного врезного шлифования

Выполним анализ геометрии процесса круглого наружного врезного шлифования, рисунок 2. Шлифовальному кругу, установленному на шпинделе станка вместе с планшайбой, сообщают вращательное движение с окружной скоростью равной $V_k = 35\text{--}50$ м/с. Заготовка устанавливается в центра задней и передней бабок станка и приводят во вращение с данной скоростью $V_u = 0,4\text{--}1,2$ м/с. После включения вращения абразивного круга и заготовки, шлифовальной бабке сообщают поперечную подачу S_y . При сближении шлифовального абразивного круга изаготовки, вследствие упругих отжатий в ТС возникает радиальное давление инструмента на

заготовку, что влечёт за собой появление упругопластического контакта. Во время действия сил происходит внедрение абразивных зёрен круга обрабатываемый материал, до того момента, пока суммарная нормальная реакция не уравнивает упругие силы ТС [3]. Размер сил которые действуют определяет максимально допустимую глубину микрорезания единичными абразивными зёрнами и геометрические параметры зоны контакта.

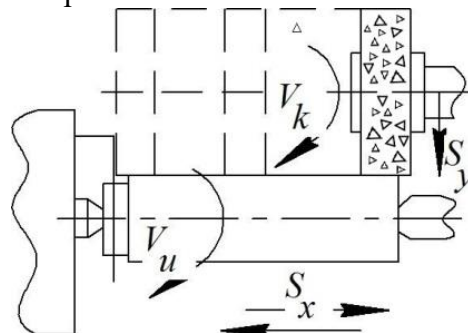


Рис. 3. Круглое наружное осциллирующее шлифование с продольной подачей

На рисунке 3 изображена схема круглого наружного осциллирующего шлифования с продольной подачей, скорость вращательного движения круга V_k , заготовки V_u обеспечивают скорость резания. Обрабатываемую заготовку устанавливают в центре передней и задней бабок станка и приводят во вращение со скоростью $V_u = 0,4\text{--}1,2$ м/с. На рисунке 3 представлен вариант возможного шлифования уступами, шлифование уступами является вариантом синергии методов шлифования с продольной подачей совместно с врезным шлифованием. Этот процесс шлифования состоит из нескольких этапов. 1-й: шлифование врезанием с подачей S_y , этот этап предполагает, что стол периодически передвигается на ширину круга (на рис. 3 обозначено штриховой линией) $0,8\text{--}0,9$. 2-й: производится пара ходов с продольной подачей S_x , этот этап предполагает снижение волнистости и шероховатости поверхности с выключенной подачей S_y .

При осциллирующем шлифовании подача S_y может задаваться непрерывной, периодической в конце каждого, а также двойного хода. Значение подачи легко

определяется по непрерывной по данному уравнению

$$A_s = S_y \cdot \tau_1, \quad (6)$$

где τ_1 - это время одного прохода с учётом времени, необходимого для реверсирования τ_r , вычисляются

$$\Delta r = \frac{PdS_y \cdot \tau_1}{V_n \tau_2 (1 + K_R)} = \frac{PdL \cdot S_y}{V_n BK_B (1 + K_R)}, \quad (7)$$

где L - это длина рабочего хода; S_x - продольная подача.

Задавая периодическую поперечную подачу уравнения (1) и (2) не пользуют.

$$\tau_2 = \frac{K_B \cdot B}{S_x}, \quad (8)$$

где K_B - это коэффициент, учитывающий что при очелурующем шлифовании круг контактирует с заготовкой не всей своей шириной, по данным литературы $K_B = 0,5 - 0,6$.

Для того чтобы произвести прогнозирование шероховатости поверхности необходимо произвести расчёт радиального съёма материала при одном контакте заготовки с режущим инструментом. Определим для этого число контактов.

Для этого производится расчёт частоты ν_u

$$\nu_u = \frac{V_n}{Pd}, \quad (9)$$

а затем определяется число контактов

$$n = \nu_u \cdot \tau_2 = \frac{V_n \cdot \tau_2}{Pd}, \quad (10)$$

где ν_u - частота, Pd - d - диаметр заготовки, τ_2 - время прохождения сечения заготовки под кругом.

Объединим зависимости $\tau_1, \tau_2, \nu_u, A_s, n$, и окончательно получим.

$$\Delta r = \frac{A_{s1}}{(1 + K_R)} = \frac{A_s}{\nu_u \tau_2 (1 + K_R)} = \frac{S_y \cdot \tau_1}{\nu_u \tau_2 (1 + K_R)}, \quad (11)$$

Как следует из уравне-

$$\text{ния} \quad \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{L / S_x}{K_B \cdot (B / S_x)} = \frac{L}{K_B \cdot B},$$

На основе полученного соотношения

$$\Delta r = \frac{PdS_y \cdot \tau_1}{V_n \tau_2 (1 + K_R)} = \frac{PdL \cdot S_y}{V_n BK_B (1 + K_R)}, \quad (12)$$

Приведён пример последовательного расчёта Δr , который отражает особенности кинематики осцилирующего шлифования:

$$\tau_1 = \frac{250}{8,3} = 30,1 \text{ с}, \quad (13)$$

$$A_s = 0,5333 \cdot 30,1 = 16 \text{ мкм} \quad (14)$$

$$\tau_2 = \frac{20}{8,3} = 2,4 \text{ с}, \quad (15)$$

$$\nu_u = \frac{0,33}{0,157} = 2,1 \text{ 1/с}, \quad (16)$$

$$n = 2,1 \cdot 2,4 = \frac{0,33 \cdot 2,4}{0,157}, \quad (17)$$

$$\Delta r = \frac{0,157 \cdot 0,5333 \cdot 30,1}{0,33 \cdot 2,4(1 + 0,009)} = \frac{0,157 \cdot 250 \cdot 0,5333}{0,33 \cdot 40 \cdot 0,5(1 + 0,009)} = 3,1 \text{ мкм}, \quad (18)$$

$$\begin{aligned} t_f &= 0,739 \cdot 3,1 \cdot 10^{-6} + \\ &+ \sqrt{0,546(3,1 \cdot 10^{-6})^2 + \frac{13,66 \cdot 0,33 \cdot 3,1 \cdot 10^{-6}}{0,9 \cdot 35,33 \cdot 5,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,000948683}} + \\ &+ \sqrt{5,24 \cdot 10^{-12} + \frac{13,97}{0,157 \cdot 10^{-3}}} = 2,29 \cdot 10^{-6} + 9,7 = 11,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}, \\ R_a &= \frac{1,414 \cdot 0,33 \cdot 4,9 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{11,9 \cdot 10^{-6}}}{0,9 \cdot 9,86 \cdot 35,33 \cdot 5,2 \cdot 10^{-6} [4,45 \cdot 10^{-9} + 4,9 \cdot 10^{-9} + 1,48 \cdot 10^{-9}] 0,95 \cdot 10^{-3}} \\ &= \frac{19,1}{16,77 \cdot 10^3} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м} \end{aligned}$$

Экспериментальная проверка показала о соответствии расчётных данных шероховатости реальном процессе, для рассмотренного процесса замеренная шероховатость составляет $R_a = 1,2 \cdot 10^{-6}$, отклонение расчётных данных от экспериментальных не превышает 15%. Таким образом, предлагаемая методика может быть использована на стадии проектирования технологических процессов.

Для дальнейшего повышения точности необходимы более точные данные по входным параметрам.

Список литературы:

1. Абразивная и алмазная обработка материалов: справочник / под ред. А.Н. Резникова. М.: Машиностроение, 1977. 391 с.
2. Братан С.М. Обеспечение качества и повышение стабильности обработки при чистовом и тонком шлифовании // Резание и инструмент в технологических системах: междунар. науч.-техн. сб. Вып. 68. Харьков: Изд-во: НТУ «ХПИ», 2005. С. 34 – 39.
3. Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
4. Королев А.В., Новоселов Ю.К. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки: в 2 ч. Ч. 1. Состояние рабочей поверхности абразивного инструмента. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1987. 158 с.
5. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. М.: «LAP LAMBERT Academic Publishing», 2017. 317 с.
6. Новоселов Ю.К., Красный А.М. Вычисление некоторых параметров шероховатости шлифованных поверхностей // Технология и автоматизация машиностроения. 1977. Вып. 20. С. 54 – 59.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.3. М.: Центральное бюро нормативов по труду, 1978. 360 с.
8. ГОСТ 25142-82 (СТ СЭВ 1156-78) Шероховатость поверхности. Термины и определения (с Изменением N 1); Введ. 1983-01-01. - М.: Изд-во стандартов, [1987].-22 с.

УДК 621.923.6

**ПРОБЛЕМЫ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКЕ
ВЫСОКОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

А.С. Никифоров, магистрант

О.С. Рафанова, ассистент,

Н.В. Мулюхин, ст. препод. ,

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,

Московский пр, д. 15, г. Чебоксары, Российская федерация, 428015

e-mail: lobanovdv@list.ru

Аннотация: В работе представлена проблема, связанная с формообразованием изделий из высокопрочных, наноструктурированных, труднообрабатываемых материалов, на примере обработки твердого сплава, широко используемого в инструментальной промышленности. Рассмотрены и проанализированы причины трещинообразования в инструменте оснащенном твердым сплавом, установлено, что механизм появления трещин в данном материале имеет в своей основе механическую, термическую и термодиффузионную составляющие. Механическая составляющая трещинообразования изучена недостаточно и зависит от режимов и условий резания, термическая и термодиффузионная составляющие образования трещин напрямую связаны со структурой и топографией поверхности шлифовального круга, где во внимание принимаются такие факторы как количество абразивных зерен, непосредственно участвующих в процессе резания, хаотичная геометрия абразивных зерен, приводящая либо к процессу резания, либо к созданию деформации обрабатываемого материала, динамика образования засаженного слоя на поверхности круга в процессе резания и другие факторы. Рассмотрены вероятные пути решения проблемы, в виде применения комбинированных методов электроалмазной обработки, которые снижают негативное влияние термических, термодиффузионных и механических составляющих трещинообразование. Сделаны выводы по проведенному анализу и намечен план дальнейших исследований.

Ключевые слова: шлифование, твердый сплав, качество, трещинообразование, комбинированные методы электроалмазной обработки, металлорежущий инструмент, высокопрочные материалы

PROBLEMS OF CRACKING FOR FINISHING HIGH-STRENGTH MATERIALS

A.S. Nikiforov, master student,

O.S. Rafanova, assistant,

N.V. Muliukhin, Senior Lecturer,

(FSBE HE The Chuvash State University named after I. N. Ulyanov
Moskovsky pr, d. 15, Cheboksary, Russian Federation, 428015)

Abstract: The paper presents the problem associated with the shaping of products from high-strength, nanostructured, difficult-to-work materials, for example, the treatment of cemented carbide, which is widely used in the tool industry. Considered and analyzed the causes of cracking in the tool equipped with a solid alloy, found that the mechanism of the appearance of cracks in this material is based on mechanical, thermal and thermal diffusion components. The mechanical component of crack formation has not been studied enough and depends on the cutting conditions and conditions, the thermal and thermal diffusion components of the formation of cracks are directly related to the surface structure and topography of the grinding wheel, where factors such as the number of abrasive grains directly involved in the cutting process are taken into account the chaotic geometry of the abrasive grains, leading either to the cutting process or to the creation of a deformation of the material being processed, the dynamics of the formation of greasy layer on the surface of the circle in the process of cutting and other factors. Probable ways to solve the problem are considered, in the form of using combined methods of electro-diamond treatment, which reduce the negative impact of thermal, thermal diffusion and mechanical components of cracking. The conclusions of the analysis and the plan for further research.

Keywords: grinding, carbide, quality, cracking, combined methods of electro-diamond processing, metal-cutting tools, high-strength materials

В современном машиностроении все более широкое распространение получают изделия из высокопрочных, твердых, труднообрабатываемых материалов, которые требуют механической обработки [1, 2]. Например, в металлообработке широкое распространение получили инструменты, оснащенные высокопрочными режущими элементами, зачастую твердыми сплавами различных марок, доля таких материалов в инструментальной промышленности всё еще высока [3, 4]. Но изготовление качественного лезвия металлорежущего инструмента из твердого сплава связано с некоторыми трудностями [5-7]. Например, процесс получения качественной режущей кромки из твердых сплавов традиционными методами достаточно долгий и трудоемкий, т.к. сначала производится черновое шлифование кругами из карбида кремния зеленого, далее производится чистовая обработка с выхаживанием

алмазными кругами на органической связке. Заточивание режущего лезвия сопровождается экстремально большими механическими и термическими нагрузками из-за того, что не все абразивные зерна обладают необходимой геометрической формой для осуществления резания, происходит интенсивное трение зерен с резко отрицательной геометрией и связки абразивного инструмента об обрабатываемый материал. Все это приводит к возникновению дефектов в виде сколов различной формы и размеров, прижогов, микро- и макротрещин, а также происходят структурные фазовые превращения в обрабатываемом материале [8-12]. Наиболее критичными дефектами являются трещины (как внутренние, так и внешние), так как они существенно снижают ресурс твердосплавного инструмента. Появление трещин при заточивании инструмента имеет следующие

составляющие: механическую, термическую, термодиффузионную.

Рассмотрим причины трещинообразования подробнее. В работе [13] авторами описана схема образования трещин в зависимости от механической составляющей процесса резания (столкновения зерна и обрабатываемого материала) при затачивании твердосплавного инструмента. Трещина в твердом сплаве формируется из-за кинетической энергии, которая сообщается обрабатываемому материалу в результате удара абразивного зерна. Зарождается и растет трещина в кобальтовой связке и распространяется преимущественно по границе раздела двух твердых фаз. Можно предположить, что такой механизм трещинообразования характерен для высокоскоростных процессов обработки, например, скоростного шлифования. Однако, методика, приведенная в работе [13], не дает однозначного определения причин и условий зарождения трещин, т.к. не учитывает влияния массово-инерционных характеристик круга на определение кинетической энергии алмазного зерна, кроме того, не учтено разделение всей кинетической энергии на стружкообразование, выделение тепла при резании и трении и т.д.

Другой причиной появления трещин могут являться термические нагрузки во время шлифования, которые возникают в процессе резания, а также из-за засаливания шлифовального круга [14-18]. Например, для твердых сплавов типа ВК (WC-Co), коэффициент теплового расширения при 20°C для карбида вольфрама (WC) составляет $3,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а для кобальта эта величина равна $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, их отношение составляет 3,07. С увеличением температуры в зоне резания такое отношение увеличивается до 3,4 раза. Это означает, что с увеличением температуры при затачивании в обрабатываемой заготовке резко увеличиваются внутренние напряжения, стремящиеся разорвать связи между карбидом вольфрама и кобальтом по границе раздела двух твердых фаз. Также немаловажен интенсивность процесса охлаждения обработанного изделия после (во время) обработ-

ки. Скорость охлаждения определяется с помощью закона Ньютона:

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha A (T_s - T),$$

где Q – количество теплоты, t – время охлаждения, A – площадь поверхности тела, через которую передается тепло, T – температура тела, T_s – температура окружающей среды, α – коэффициент теплопередачи. Т.к. $Q = C \cdot T$, где C – теплоемкость тела.

С учетом преобразований решение данного дифференциального уравнения принимает следующий вид:

$$T(t) = T_s + (T_0 - T_s) e^{-k}$$

где T_0 – начальная температура тела, $k = \frac{\alpha \cdot A}{C}$. Как видно, параметр k будет

определять скорость охлаждения карбида вольфрама и кобальта. Теплоемкость карбида вольфрама 184 Дж/кг °С, а у кобальта 415 Дж/кг °С. Так как максимальное процентное содержание кобальта в твердом сплаве составляет до 20%, то площадь поверхности карбидов в сплаве больше площади поверхности связки, следовательно, скорость охлаждения карбида вольфрама выше, чем у связки. Это дополнительно повышает напряжения в связке. Так же усугубляет процесс трещинообразования величина зерен карбида вольфрама (0,1...4 мкм) и форма зерна, где вершины зерен будут являться начальными «зародышами» образования трещины.

Еще одной причиной возникновения трещины является термодиффузионная составляющая. В своей работе [19] авторы доказывают, что в верхних слоях твердого сплава наблюдается переконцентрация углерода, в результате чего происходит рост карбидных зерен. Углерод поступает в верхние слои из низлежащих и извне (алмазный шлифовальный круг). При комнатной температуре скорость роста тета-фазы карбида вольфрама пренебрежимо мала. Но с увеличением температуры в зоне резания скорость роста зерна возрастает. Скорость роста зерна возможно определить на основе первого закона Фика, который описывает поток вещества J :

$$J = -D \frac{dC}{dx},$$

где D – коэффициент диффузии, $D = R \cdot T \cdot u$, R – газовая постоянная, T – температура тела, u – подвижность вещества, dC/dx – градиент концентрации вещества. Из формулы видно, что поток вещества прямо пропорционален температуре процесса. Таким образом, возрастание температуры приведет к увеличению размеров зерна карбида вольфрама, что, дополнительно, увеличивает поля напряженности в связке, как было описано ранее, что способствует трещинообразованию.

Рассмотрев и проанализировав причины трещинообразования, сделали следующие выводы:

- механизмы образования трещин весьма сложные и разнообразные, зависят от режимов резания, способов охлаждения количества абразивных зерен, непосредственно участвующих в процессе резания, геометрии абразивных зерен и т.д.;

- причины трещинообразования во время обработки взаимно влияют друг на друга, что значительно усложняет исследование проблемы;

- требуются технологии обработки высокопрочных композиционных материалов, позволяющие снизить тепловые и механические нагрузки на обрабатываемый материал. Опираясь на исследования [20-26], можно предположить, что комбинированные методы электроалмазной обработки в определенных условиях реализации позволяют избежать негативное влияние температуры и механических нагрузок на обрабатываемое изделие. В дальнейших исследованиях планируется более детально изучить механизмы трещинообразования, определить степень влияния каждой из причин на возникновение трещин, предложить рекомендации по режимам и условиям обработки твердосплавных материалов с заданным качеством.

Список литературы:

1. Владимирова Ю.О. Разработка жаро- и износостойких порошковых нанокomпозиционных материалов для поршней машин литья под давлением / Ю.О. Владимирова, Е.П. Шалунов, Н.В. Мулюхин, И.Е. Илларионов // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: материалы I-ой Международной научно-практической конф. (Чебоксары, 22-24 октября 2015 г). – Чебоксары, 2015. – С. 153-160. Скрипняк Е.Г. Керамические нанокomпозиты на основе диборида циркония / Е.Г.Скрипняк, Д.В.Лобанов, В.В.Скрипняк, А.С.Янюшкин, В.А.Скрипняк, Д.А.Рычков // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 2 (10). С. 95-98.
2. Кузнецов А.М.Рационализация процесса фрезерования труднообрабатываемых композиционных материалов твёрдосплавным инструментом / А.М.Кузнецов, А.С.Янюшкин, Д.В.Лобанов, Е.А.Слепенко, Д.А.Рычков // Механики XXI века. 2008. № 7. С. 196-200.
3. Реченко Д.С.Создание твердосплавного металлорежущего инструмента для финишной обработки труднообрабатываемых материалов / Д.С.Реченко, А.Ю.Попов, Д.Ю.Белан, А.А.Кузнецов // СТИН. 2016. № 8. С. 16-18.
4. Янюшкин А.С. Потеря режущей способности алмазных кругов на металлической связке при шлифовании композиционных материалов / А.С.Янюшкин, Д.В.Лобанов, П.В.Архипов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева.–2013. № 1 (47). С. 178-183.
5. Салов П.М.Определение относительной абразивной способности кругов при безалмазной непрерывной правке / П.М.Салов, В.Н.Цай, С.С.Сайкин, Ю.И.Воронцов, Н.В.Мулюхин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016 –№4. – С. 57.-59.
6. Кузнецов А.М.Расчет напряжений, возникающих при затачивании твёрдосплавного инструмента с малым углом заострения / А.М.Кузнецов, С.А.Якимов, Д.В.Лобанов, А.С.Янюшкин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. № 2 (22). С. 25-30.

7. Лобанов Д.В. Методика прогнозирования поврежденности твердого сплава при затачивании инструмента для обработки неметаллических композитов / Д.В. Лобанов, Н.В. Мулюхин // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2018 – Т. 5, №1-2. – С. 78.-84.
8. Салова Д.П. Расчет гибкого вала, используемого для непрерывной правки шлифовальных кругов / Д.П. Салова, Е.Н. Петряшин, В.С. Григорьев, Н.В. Мулюхин, В.В. Плотников, С.С. Сорокин // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии: материалы II-ой Республиканской научно-практической конференции (Чебоксары, 22 апреля 2016 г.). – Чебоксары, 2016. – С. 118-121.
9. Братан С.М. Моделирование процесса стохастического взаимодействия инструмента и заготовки на операциях шлифования / С.М. Братан, В.Б. Богущий, Ю.К. Новоселов, С.И. Рощупкин // Научно-технические технологии в машиностроении. 2017. № 5 (71). С. 9-18.
10. Реченко Д.С. Влияние скорости резания на качество затачивания твердосплавного инструмента / Системы. Методы. Технологии. 2014. № 2 (22). С. 47-49.
11. Янюшкин А.С. Качественные показатели поверхностей и состояние режущей кромки твердосплавного дереворежущего инструмента, заточенного различными методами электроалмазной обработки / А.С. Янюшкин, Д.В. Лобанов, А.М. Кузнецов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2005. Т. 2. С. 153-156.
12. Реченко Д.С. Повышение эффективности твердосплавного финишного лезвийного инструмента путем сверхскоростного затачивания и разработки комплекса условий его эксплуатации: автореф. дис. доктора техн. наук. – Томск, 2018. – 37. с.
13. Салова Д.П. Анализ тепловой ситуации при внутреннем шлифовании с продольной подачей / Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, В.А. Аврелькин, П.М. Салов, М.А. Борисов, Н.Ф. Тихонов // Деп. в ВИНТИ. – 25.10.2013 – № 298-В2013 – 20 с.
14. Борисов М.А. Установка для автоматического управления температурой / М.А. Борисов, В.А. Мишин, И.В. Тойдерякова // патент на полезную модель RUS 107877 05.05.2011
15. Штриков Б.Л. Обработка результатов при измерении импульсных температур / Б.Л. Штриков, Д.П. Салова, Н.Б. Новикова, Е.А. Терентьев, П.М. Салов, М.А. Борисов, Р.А. Верфель // депонированная рукопись № 504-В2006 17.04.2006
16. Аверков К.В. Тепловые процессы при высокоскоростном шлифовании / К.В. Аверков, Д.С. Реченко, А.М. Ласица // Омский научный вестник. 2011. № 3 (103). С. 83-87.
17. Борисов М.А. Установка для моделирования систем автоматического управления температурой / М.А. Борисов, В.А. Мишин, Н.И. Скворцов, И.В. Тойдерякова // патент на полезную модель RUS 106019 16.02.2011
18. Yanyushkin A. Contact processes in grinding / A. Yanyushkin, D. Lobanov, P. Arkhipov, V. Ivancivsky // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 788. С. 17-21.
19. Popov V.Yu. Combined electro-diamond grinding of high speed steels / Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. // International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91-102.
20. Кисель А.Г. Оценка технологической эффективности смазочно-охлаждающих жидкостей при лезвийной обработке / А.Г. Кисель, Д.С. Реченко // В сборнике: Механика XXI века XII Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием. Братский государственный университет. 2013. С. 160-161.
21. Григорьев В.С. Заточка инструмента при малых усилиях / В.С. Григорьев, Б.П. Медведев, Н.В. Мулюхин, П.М. Салов, М.В. Купцов // В сборнике: Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение Материалы III-ей Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Е. Илларионов. – Чебоксары, 2017. – С. 261-264.
22. Янюшкин А.С. Абразивный круг для электрохимического шлифования с перпендикулярным расположением токопроводящих вставок / А.С. Янюшкин, Д.А. Рычков,

Д.В.Лобанов, В.Ю.Попов, А.А.Сурьев, П.В.Архипов, А.М.Кузнецов, О.И.Медведева // патент на полезную модель RUS 144707 14.02.2014

23. Bratan S. Application of combined taps for increasing the shaping accuracy of the internal threads in aluminium alloys / S. Bratan, P. Novikov, S. Roshchupkin // В сборнике: Procedia Engineering 2. Сер. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016" 2016. С. 802-808.

24. Борисов М.А. Способ электроабразивной обработки труднодоступных поверхностей / М.А. Борисов, Д.А. Дементьев, В.А. Мишин // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2017. № 4. С. 15-16.

26. Bratan S. Identification of removal parameters at combined grinding of conductive ceramic materials / S. Bratan, S. Roshchupkin, A. Kolesov, B. Bogutsky // В сборнике: MATEC Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 2017. С. 01079.

УДК 538.446

ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ИЗМЕНЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ

А.А. Седых, студент,
П.А. Новиков, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: Alakeyz@icloud.com

Аннотация: В статье дана краткая историческая справка об этапах и технологиях обработки внутренней резьбы и инструмента ее изготовления. Первые упоминания о винтовых поверхностях присутствуют в работах Аристотеля и других греческих естествоиспытателей. Однако, винтовая поверхность для соединения отдельных объектов стала применяться только в средневековье, причем в большей степени использовались только болты и шпильки с внешней резьбовой поверхностью, которую изготавливали вручную с помощью простейших инструментов. Широкое использование внутренней резьбы стало возможным лишь после появления специализированных инструментов – метчиков. В свою очередь, метчики появились в результате изобретения токарного станка, создатель которого Генри Модсли приложил руку и к конструкциям первых метчиков. Бурная промышленная революция дала производству множество конструкций метчиков, схем обработки и вспомогательного оборудования. Однако несмотря на всю огромную номенклатуру предложенных конструкций, применению новых технологий внедренных в металлообработку – лазерная обработка, технологии быстрого прототипирования, высокоскоростного резания – конструкция современных метчиков и технология образования внутренней резьбы за более чем полтора века не претерпели значительных изменений, перехода на другой физический принцип формообразования.

Ключевые слова: винт, резьба, метчик, инструмент, станок, качество, точность, технология, изобретение, конструкция.

HISTORICAL STAGES OF CHANGES IN THE DESIGN OF THE TOOL FOR INTERNAL THREADING

A.A. Syedykh, student,
P.A. Novikov, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universi tetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The article provides a brief historical background on the stages and technologies of processing internal threads and tools for their manufacture. The first mention of the screw surfaces are present in the works of Aristotle and other Greek natural scientists. However, the screw surface for connecting individual objects became used only in the Middle Ages, and to a greater extent only bolts and studs with an external threaded surface, which was made by hand with the help of simple tools, were used. Extensive use of internal threading became possible only after the appearance of specialized tools - taps. In turn, the taps appeared as a result of the invention of the lathe, the creator of which Henry Maudsley had a hand in the designs of the first taps. The industrial revolution gave a lot of tap designs, machining schemes and auxiliary equipment. However, despite the huge range of proposed designs, the use of new technologies implemented in metalworking - laser processing, rapid prototyping technologies, high-speed cutting - the design of modern taps and the technology of internal threading for more than a century and a half have not undergone significant changes; another physical shaping principle.

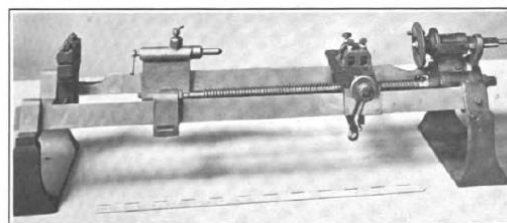
Keywords: screw, thread, tap, tool, machine, quality, accuracy, technology, invention, design.

Считается, что первым винт изобрел философ, математик и механик Архит Тарентский (IV-V в.в. до н. э.). Архимед (III-II в.в. до н.э.) применил винт для перемещения жидкостей и сыпучих тел.

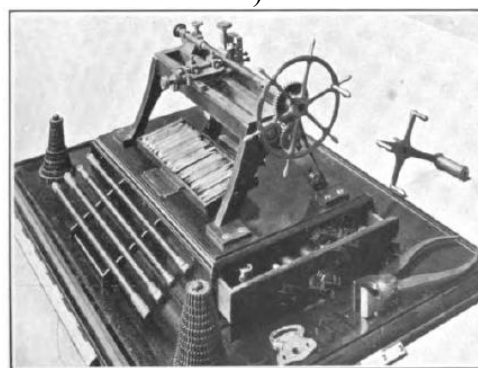
Но современная история резьбы начинается только в 19-м веке. Британский изобретатель Генри Модсли (1771-1831) считается одним из создателей токарно-винторезного станка, с помощью которого стало возможным нарезание точной резьбы. Ходовой винт и гайку для своего первого станка он изготовил вручную. Затем он выточил на станке винт и гайку более высокой точности. Заменив первый винт и гайку новыми, более точными, он выточил еще более точные детали. Так продолжалось до тех пор, пока точность резьбы не перестала увеличиваться.[1]:

В 1800 году Модсли разработал первый промышленный металлорежущий станок, позволяющий стандартизировать размеры резьбы. Это позволило внедрить концепцию взаимозаменяемости, чтобы применять на практике гайки и болты. До него резьбу, как правило, набивали квалифицированные работники очень примитивным способом — размечали на заготовке болта канавку, а потом прорезали её, используя [зубило](#), [напильник](#) и различные другие инструменты. Соответственно — гайки и болты получались нестандартной формы и размера, и такой болт подходил исключительно к гайке, которую для него изготовили. Гайки применялись редко, металлические винты применялись, в основном, при работах по дереву, для соединения отдельных блоков. Металлические

болты, проходящие через обрамление древесины, для крепежа с другой стороны заклинивались, или на край болта надевалась металлическая шайба, и конец болта развальцовывался. Модсли для использования в своей мастерской стандартизировал процесс изготовления резьбы и выпустил наборы [метчиков](#) и [плашек](#), таким образом, любой болт соответствующего размера подходил к любой гайке того же размера. Это было большим шагом вперёд в техническом прогрессе и производстве оборудования.



а)



б)

Рис. 1. Один из известных токарно-винторезных станков Модсли, создан примерно между 1797 и 1800 годом.

Модификации станка (а) и (б)

А так же Модсли впервые изобрёл микрометр с точностью измерения до одной десяти тысячной доли дюйма (0.0001 в ≈ 3 мкм). Он назвал его «лордом-канцлером», поскольку им пользовались, чтобы уладить любые вопросы относительно точности измерения деталей в его мастерских [2].

Изобретения Модсли дали мощный импульс развития промышленного оборудования и оснастки. К сожалению, не удалось найти изображения метчиков предложенных самим Модсли, однако были обнаружены метчики, разработанные его современниками.

В лондонском Музее науки представлены конструкции метчиков разработанные Р. Бодмером. Изготовление метчиков датировано 1857 г. Общий вид станда и метчики представлены на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Демонстрационный стенд истории обработки резьб лондонского Музея науки.

а) Общий вид, б) метчики Р. Бодмера 1857 г.

В середине 19-го века Джозеф Витворт (Уитуорт) (Whitworth) (1803-1887) - британский инженер-механик и изобретатель предложил профиль винтовой канавки.

Интенсивное развитие техники требовало всё больше крепежа, появились новые стандарты, изменился угол и профиль резьбовых соединений, но метчики для резьбы Витворта широко распространены в мире до сих пор. Дюймовый крепеж в нашей стране используется только при ремонте импортных машин или в быту (например, в компьютерах). Дюймовые метчики ВА используются преимущественно в часовых механизмах. В новых конструкциях крепежная дюймовая резьба запрещена, а стандарт на нее ликвидирован без замены.

В 1920 г. Richard Glimpel основывает компанию “Prazisionswerk - zeugfabrik Richard Glimpel, Lauf a. d. Pegnitz” по производству и продаже инструмента для изготовления резьбы, используемой в конструкции паровозов того времени, в Баварии. Чуть позже, после прихода в компанию Otto Moschkau, который занял пост коммерческого директора, компания была переименована. Новое название компании EMUGE образовалось от первых букв фамилий “Moschkau und Glimpel” (**MundG**).

В этом же, 1920 году, Richard Glimpel инвестировал средства в разработку однопроходного метчика с винтовой подточкой на заборной части. Этот инструмент стал нарезать полный профиль резьбы в три раза быстрее, чем используемый до этого набор ручных метчиков, делая, таким образом, возможной и серийной операцию нарезания резьбы на станках.

В 1927 г. компания первой начала производство шлифованных метчиков, при изготовлении которых стала возможной дополнительная оптимизация геометрии режущих кромок [3].

Для царской России и Советского Союза метчики явились заимствованным инструментом и технологией.

Однако, советские исследователи внесли огромный вклад в изучение природы процесса внутренней резьбообработки и оптимизации конструкций инструмента. Вопросам исследования закономерностей процесса образования внутренних резьбовых поверхностей посвящены работы ведущих ученых В.В. Матвеева, В.И. Шагу-

на, А.А. Грудова, Ю.Л. Фрумина, О.С. Андрейчикова, А.Е. Стешкова, В.М. Меньшкова, Г.П. Урлапова, В.С. Середы, А.Н. Резникова, А.И. Бояруноса, В.М. Эпштейна, В.Г.Якухина.

На рис. 3 представлен метчик одного из мировых лидеров производства резьбообразующего инструмента – компании Guhring [4].



Рис. 3. Метчик фирмы Guhring.

Сравнение современных метчиков (рис. 3) и метчиков изготовленных 1857г. (рис. 2, (б)) не обнаруживает значительных отличий. Конструкция метчиков и сама технология формирования внутренних резьб за более чем полтора века не претерпела значительных изменений. Это говорит о том, что проблемы, связанные с низкой надежностью резьбонарезания, недостаточной точностью, трудностями контроля резьб в достаточной степени не решены до сих пор, а задача их решения актуальной.

На мировом рынке на актуальное время первое место по поставке метчиков и качеству производимых им инструментов занимает Итальянская компания Vergnano (Вергнано).

На протяжении более чем 60 лет большая часть усилий итальянской компании Vergnano (Вергнано) была направлена на то, чтобы достичь гарантированного

качества выпускаемых ей продуктов. Огромный завод, на котором осуществляется производство, расположен в Кьери (Турин, Италия), а поставки инструмента реализуются по всему миру с помощью обширной сети партнеров-дистрибьюторов.

Производитель представляет твердосплавный режущий инструмент Vergnano как идеальный результат сплетения мировых традиций и собственных инноваций, успешное сочетание которых развивалось все эти годы. Благодаря постоянным инвестициям, непрекращающимся исследованиям и поискам новых технологических решений, тщательному контролю над процессом и качеством производства, компания смогла укрепить свои позиции на рынке Италии и выйти на международный уровень.

Инструмент Vergnano используется в различных направлениях промышленности и отличается надежностью, точностью и высоким уровнем производительности, занимая особое место на рынке металлорежущей продукции.

Непревзойденное качество и износостойкость, которыми славится инструмент Вергнано, достигаются за счет неустанного контроля над каждым этапом процесса производства, а также благодаря использованию специальной системы измерений (данная система способна предвидеть результат любого действия еще на стадии проектирования, что позволяет достигать цели независимо от сложности поставленной задачи)[5]

Список литературы:

1. История создания винта// начало современной истории [Электронный ресурс] URL: <https://torodinsson.livejournal.com/10010.html>.
2. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Модсли,_Генри.
3. История компании EMUGE-Franken [Электронный ресурс] URL: <http://www.emuge-franken.ru/1kompani/aboutus/history.html>.
4. Каталогинструмента:Guhring. Threading power. Printed in Germany, – 2017, 863с.
5. Компания Vergnano (Вергнано) <http://tverdysplav.ru/vergnano-instrument-vergnano/>

УДК 621.9

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ПРИ РЕЗАНИИ АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.С. Горбань, студент
Д.А. Рычков, доц., канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»,
ул. Макаренко 40, г. Братск, Российская Федерация, 665709
e-mail: dielektrik84@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются проблемы резания анизотропных материалов. Обработка резанием композиционных материалов, обладающих неоднородностью структуры и свойств в микромасштабе, сопровождается интенсивным износом режущего инструмента и низким качеством обработанной поверхности. Для этих материалов мало изучены контактные процессы, происходящие в зоне резания, что вызывает сложности при назначении режимов обработки. С целью углубленного изучения этих процессов проведено компьютерное моделирование процесса механической обработки в программе КОМПАС 3D и изучение напряженного состояния обрабатываемой поверхности с применением библиотеки APMFEM. Прочностной анализ анизотропного материала в процессе резания показывает, что наиболее деформированной является область, расположенная сразу за режущим лезвием. Перемещения обрабатываемого материала наблюдаются в обоих слоях и преобладают в стеклоткани. Стеклоткань оказывает значительное сопротивление резанию в сравнении со связкой. Это приводит к неравномерному износу режущего инструмента, формированию на кромке волнистой поверхности и, как следствие, ухудшению качества обработанной поверхности. Установлено, что наибольшее напряжение и сопротивление резанию испытывает слой упрочнителя, в то время как связующий компонент в большей степени подвержен деформациям. Результаты исследования позволяют дать теоретическую оценку напряженно-деформированного состояния анизотропных композиционных материалов при свободном цилиндрическом фрезеровании.

Ключевые слова: моделирование, анизотропный материал, стеклотекстолит, фрезерование, силы резания, прочностной анализ, КОМПАС 3DAPMFEM

COMPUTER SIMULATION OF POWER DISTRIBUTION SCHEME FOR CUTTING ANISOTROPIC MATERIALS

I.S. Gorban, student
D.A. Rychkov, cand. sc. tech,
(Bratsk State University, st. Makarenko, 40, Bratsk, Russian Federation, 665709)

Abstract: This article deals with the problems of cutting anisotropic materials. The machining of composite materials with a heterogeneous structure and properties at the microscale is accompanied by intense wear of the cutting tool and low quality of the machined surface. For these materials, the contact processes occurring in the cutting zone are little studied, which causes difficulties in the assignment of processing modes. In order to study these processes in depth, computer simulation of the mechanical processing process was carried out in the KOMPAS 3D program and the stress state of the surface being processed using the APM FEM library. The strength analysis of anisotropic material during the cutting process shows that the area most immediately deformed is located just behind the cutting blade. The movements of the processed material are observed in both layers and prevail in the glass-cloth. Fiberglass has a significant resistance to cutting compared with a bunch. This leads to uneven wear of the cutting tool, the formation of a wavy surface on the edge and, as a result, deterioration of the quality of the machined surface. Research has shown that the layer of the hardener experiences the greatest stress and resistance to re-formation, while the binder component is more susceptible to deformations. The results of the study allow to

give a theoretical assessment of the stress-strain state of anisotropic composite materials with free cylindrical milling.

Keywords: modeling, anisotropic material, fiberglass laminate, milling, cutting forces, strength analysis, KOMPAS 3D APM FEM

Введение. Обработка резанием композиционных материалов, обладающих неоднородностью структуры и свойств в микромасштабе, сопровождается интенсивным износом режущего инструмента и низким качеством обработанной поверхности [1 – 6]. Преимущества анизотропных материалов состоят главным образом в том, что они позволяют проектировать изделия в соответствии со схемой нагружения. Так, для волокнистых композитов вдоль волокон наблюдается наибольшая прочность, а поперек – наименьшая [7 – 8]. Детали из таких материалов простой формы ответственного назначения обычно получают прессованием, прокаткой или другими способами и не требуют дополнительной обработки. Формообразование поверхностей сложной формы непременно связано с обработкой резанием на различных операциях. В то же время для анизотропных композитов мало изучены контактные процессы, происходящие в зоне резания, что вызывает сложности при назначении режимов обработки.

Целью исследования является изучение поведения обрабатываемого анизотропного материала под воздействием сил резания при механической обработке. В задачи исследования входит компьютерное моделирование процесса механической обработки в программе КОМПАС 3D и изучение напряженного состояния обрабатываемой поверхности с применением библиотеки APMFEM.

Методика исследования. Исследование напряженного состояния обрабатываемой поверхности проведем на примере процесса свободного цилиндрического фрезерования. Выделим момент времени, когда ширина срезаемого слоя будет максимальной и обозначим силы резания, руководствуясь положениями теории резания и предварительных исследований, проведенных нами (рис. 1) [3, 9, 10]. Силы реза-

ния P_z и P_x образуют результирующую силу $P_{рез}$.

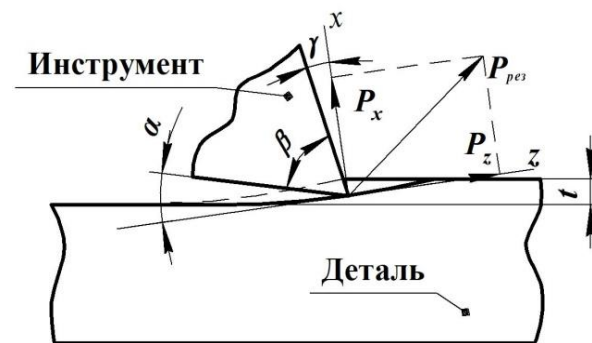


Рис. 1. Схема фрезерования

В качестве обрабатываемого материала исследуется стеклотекстолит, имеющий слоистую структуру с чередованием стеклоткани и связующего (фенолформальдегидной смолы). Для трехмерного моделирования представим структуру материала в упрощенном виде. Слои стеклоткани представлены в виде 3D моделей пластин толщиной 0,2 мм, а слои связки – толщиной 0,25 мм. Размеры взяты приблизительно по результатам макросъемки поверхностей стеклотекстолита [9]. Модель режущего элемента фрезы построена с углом заострения $\beta = 60^\circ$ согласно рекомендациям [3]. После этого создавалась сборка, где режущий элемент располагался с передним γ и задним α углами резания. Для настоящего исследования достаточно представить заготовку в виде двух сопряженных слоев: стеклоткани и связки. Добавляем режущий элемент, расположив его так, как показано на рис. 1, т.е. в положении, когда ширина срезаемого слоя будет максимальной. На основе расположения всех элементов создается эскиз, по которому вырезается уже удаленная часть материала. Для идеализированного представления модели контактного взаимодействия эта часть материала в расчет не включена (рис. 2). Далее режущий элемент из сборки исключается.

Для выполнения прочностного расчета запускаем библиотеку «APMFEM: расчет и

построение» и первым этапом строим сетку конечных элементов с автоматическим определением сопрягаемых поверхностей. Предварительно задаются закрепления и усилия. В качестве нагрузки задается распределенная сила: по оси Z – 608 Н, по оси X – 248 Н согласно расчетам, представленным в [9] при глубине резания $t = 1,0$ мм и подаче $S_z = 0,25$ мм/зуб. В качестве параметров разбиения указаны 4-х узловые тетраэдры с максимальной длиной 0,2 мм (толщина слоя).

Далее производится статический расчет. Для его выполнения необходимо отредактировать свойства материалов слоев. Материал первого слоя – стеклоткань Т-10-ТО ТУ 381-71, материал второго слоя – феноло-формальдегидная смола. Для каждого материала указаны свойства, требуемые для статического расчета: предел текучести, модуль упругости нормальный, коэффициент Пуассона, плотность, температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность, предел прочности при сжатии, предел выносливости при растяжении, предел выносливости при кручении. Данные взяты из источников [7, 8, 11].

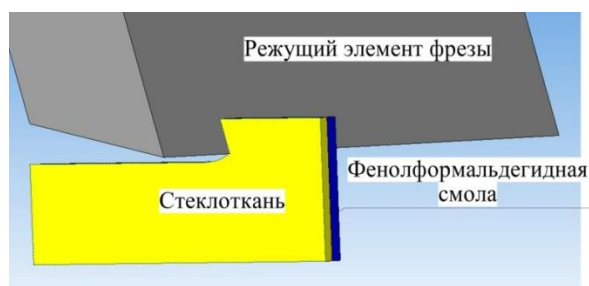


Рис. 2. Трехмерная модель контактного взаимодействия

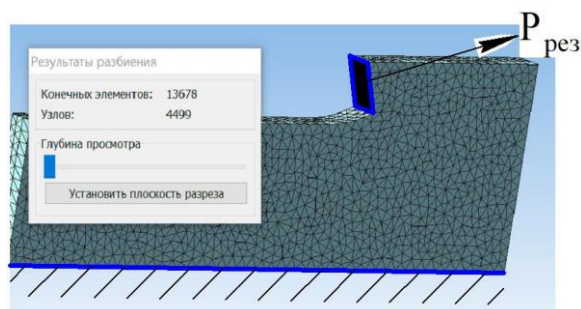


Рис. 3. Разбиение детали методом конечных элементов

Результаты и обсуждение. Результаты статического расчета представлены на рис. 4.

Прочностной анализ анизотропного материала в процессе резания показывает, что наиболее деформированной является область, расположенная сразу за режущим лезвием (рис. 4, а). Это можно объяснить относительно высокими упругими свойствами композиционного материала. Кроме того, ряд исследователей полагает, что именно упругие свойства полимерной связки и упрочнителя оказывают влияние на характер износа режущего инструмента по задней поверхности [12 – 14]. Т.е. в процессе обработки упругое воздействие обработанной поверхности на заднюю поверхность режущего инструмента вызывает дополнительное трение и увеличивает интенсивность износа.

Перемещения обрабатываемого материала (рис. 4, б) наблюдаются в обоих слоях и преобладают в стеклоткани. При этом происходит искажение исходной структуры конечных элементов и край срезаемого материала перемещается в направлении действующей силы и вверх. Разность в перемещениях двух слоев может объяснить вероятность получения неудовлетворительного качества обработанной поверхности. В этом случае происходит расслоение материала и образование дефектов, на обработанной поверхности появляются сколы, микротрещины и микрократеры от разрушения связки.

Согласно карте результатов перемещения величиной 0,1...0,11 мм наблюдаются и по всей длине срезаемого слоя (глубине резания), а по мере углубления в тело обрабатываемого материала постепенно уменьшаются.

В рамках настоящего исследования также проведен анализ напряжений, возникающих в зоне резания анизотропного материала (рис. 4, в).

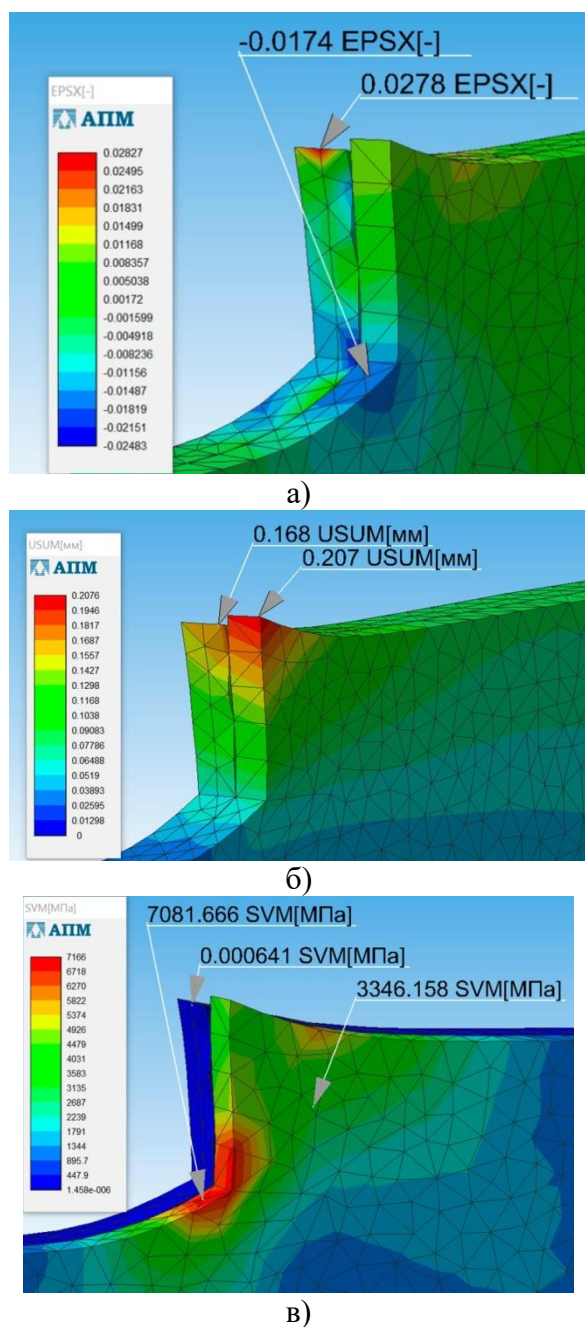


Рис. 4. Результаты статического расчета (спереди слой стеклоткани, сзади – слой связки):

а – деформации; б – перемещения;
в – напряжения

Список литературы:

1. Рычков Д.А. Определение периода стойкости режущего инструмента при фрезеровании стеклотекстолита // Потенциал современной науки. – 2014. – № 2. – С. 48-52.
2. Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Лобанов Д.В. Качество поверхности композиционного материала стеклотекстолит после фрезерования // Инновационные технологии и экономика в машиностроении. – 2014. – С. 343-347.
3. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С. Технология инструментального обеспечения производства изделий из композиционных неметаллических материалов // Старый Оскол, 2012. – 296 с.

Он показывает, что максимальные напряжения реализуются в области контакта режущей кромки со стеклотканью, в то время как полимерная связка практически не имеет напряжения. Это свидетельствует о том, что стеклоткань оказывает значительное сопротивление резанию в сравнении со связкой. Это приводит к неравномерному износу режущего инструмента, формированию на кромке волнистой поверхности и, как следствие, ухудшается качество обработанной поверхности.

Выводы. Результаты исследования по представленной методике позволяют дать теоретическую оценку напряженно-деформированного состояния анизотропных композиционных материалов при свободном цилиндрическом фрезеровании. Установлено, что наибольшее напряжение и сопротивление резанию испытывает слой упрочнителя, в то время как связующий компонент в большей степени подвержен деформациям. Дальнейшее направление исследований лежит в области изучения влияния режимов обработки на напряженно-деформированное состояние поверхностей обрабатываемого материала, а также в области изучения процесса изнашивания режущего инструмента.

4. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А. Повышение производительности фрезерования на основе автоматизации проектирования сборного инструмента // Системы. Методы. Технологии. – 2011. – № 2 (10). – С. 91-94.
5. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Петров Н.П., Рычков Д.А. Повышение эффективности обработки высокопрочных композиционных материалов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные инженерные науки. – 2013. – Т. 1. – С. 146-149.
6. Yanyushkin A.S., Rychkov D.A., Lobanov D.V. Surface quality of the fiberglass composite material after milling // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Т. 682. – Р. 183 – 187.
7. Братухин А.Г., Боголюбов В.С., Сироткин О.С. Технология производства изделий и интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении. М.: Готика, 2003. – 516 с.
8. Мэттьюс Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. – 408 с.
9. Рычков Д.А. Технология механической обработки композиционных материалов: монография / Д.А. Рычков, А.С. Янюшкин. Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 232 с.
10. Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Лобанов Д.В., Ткаченко Е.В., Ткаченко Н.А. Особенности фрезерования полимерных композиционных материалов // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 2. – С. 88 – 90.
11. Энциклопедия полимеров / под общ. ред. В.А. Каргина. Т.1. М.: Советская энциклопедия, 1972. – 1224 с.
12. Баранчиков В.И., Тарапанов А.С., Харламов Г.А. Обработка специальных материалов в машиностроении: Справочник. Библиотека технолога. М.: Машиностроение, 2002. – 264 с.
13. Марков А.М. Технологические особенности механической обработки деталей из композиционных материалов // Научные технологии в машиностроении. – 2014. – № 7 (37). – С. 3–8.
14. Марков А.М., Черданцев П.О., Гайст С.В., Катаева С.А. Экспериментальные исследования фрезерования композиционных материалов // Инновации в машиностроении. Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2015. – С. 99–104.

УДК 621.9.06

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИБРИДНОЙ КИНЕМАТИКИ СТАНКОВ С МЕХАНИЗМАМИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Р.Э. Исмаилов, студент,
А.О. Харченко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Российская Федерация
e-mail: greiini7777@gmail.ru

Аннотация: В данной статье проводится анализ конструктивных особенностей кинематики станков с механизмами параллельной структуры (МПС). Среди современных станков с МПС выделяются две основных группы: пространственные механизмы с телескопическими штангами управляемо-переменной длины и механизмы со штангами постоянной длины, шарнирно связанными с подвижными каретками, расположенными на направляющих станины. В практике станкостроения при создании новых станков существует традиционный, нетрадиционный и гибридный компоновочные подходы. Преимущества оборудования можно усилить, если в станках с гибридной кинематикой использовать открытые и закрытые кинематические цепи. Для реализации новой концепции гибридных компоновок на примере точных многоцелевых станков разработан комплекс методов, которые позволяют перейти

от традиционной схемы металлообрабатывающего оборудования к ряду новых компоновок многофункциональных и многоцелевых токарных станков с МПС. Описаны принципы классификации, требования при проектировании, даны схемы компоновок, в том числе концепция и этапы проектирования гибридных МПС при встраивании в структуру многооперационного станка. Рассмотренная новая концепция гибридных компоновок станков с МПС, наглядно представленная в сравнительных и структурных схемах для станков токарной и сверлильно-фрезерной групп, может быть использована при создании другого технологического оборудования с МПС.

Ключевые слова: механизм параллельной структуры (МПС), штанги управляемой переменной длины, штанги постоянной длины, гибридная кинематика МПС, многооперационный станок.

ANALYSIS OF DESIGN FEATURES OF HYBRID KINEMATICS OF MACHINES WITH PARALLEL STRUCTURE MECHANISMS

R.E. Ismailov, student,
A.O. Kharchenko, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: This article analyzes the design features of the kinematics of machines with mechanisms of parallel structure (MPS). Among the modern machines with MPS, there are two main groups: spatial mechanisms with telescopic rods of controllable variable length and mechanisms with rods of constant length pivotally connected with moving carriages located on the bed guides. In the practice of machine tool construction when creating new machines, there are traditional, non-traditional and hybrid layout approaches. The advantages of the equipment can be enhanced by using open and closed kinematic chains in machines with hybrid kinematics. For the implementation of a new concept of hybrid layouts using the example of turning multi-purpose machines, a set of methods has been developed that allow you to move from the traditional scheme of metal-processing equipment to a number of new layouts of multifunctional and multi-purpose turning machines with MPS. The principles of classification, requirements for design are described, layout schemes are given, including the concept and design stages of hybrid MPS when embedded in the structure of a multi-operation machine. Considered a new concept of hybrid arrangements of machines with MPS, clearly presented in the comparative and structural schemes for lathes and drilling and milling groups, can be used to create other technological equipment with MPS.

Keywords: mechanism of parallel structure (MPS), controllable-variable-length rods, constant-length rods, hybrid MTS kinematics, multioperational machine.

Среди современных станков с механизмами параллельной структуры (МПС), предлагаемых в настоящее время различными производителями, можно выделить две основных группы:

1) пространственные механизмы с телескопическими штангами управляемой переменной длины (бипод, трипод, линапод, пентапод, гексапод) (рис. 1, а);

2) механизмы со штангами (стержнями) постоянной длины шарнирно связанными с подвижными каретками, расположенными на направляющих станины (биглайд, триаглайд, гексаглайд) (рис. 1, б).

В станках второй группы механизмы приводов и двигатели расположены на станине, а основные нагрузки воспринимают направляющие станка. Эта особенность позволяет уменьшить подвижные массы стержней, обеспечить высокие скорости перемещений и повысить точность обработки.

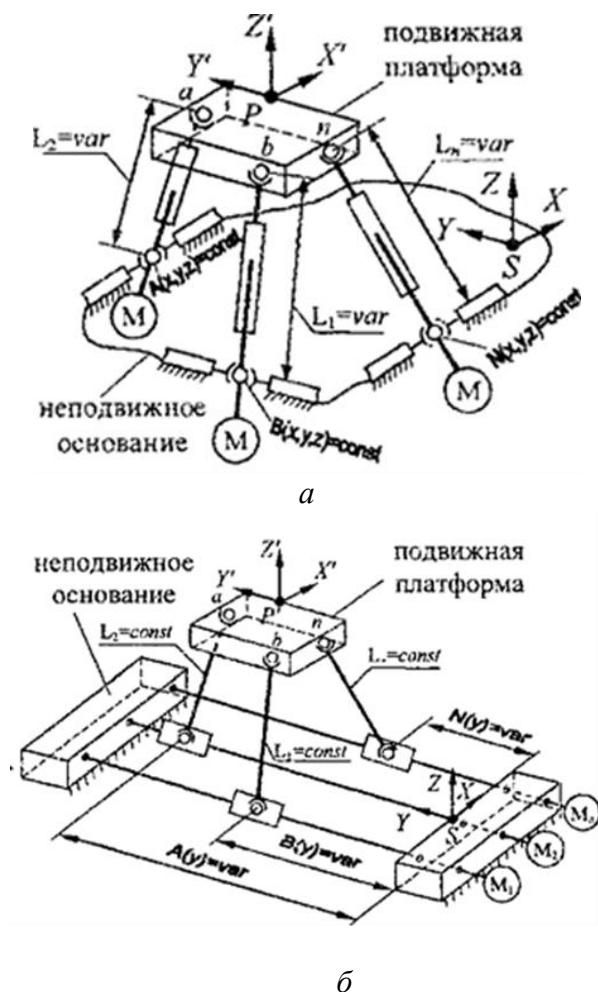


Рис. 1. Структура МПС со штангами управляемо-переменной (а) и постоянной (б) длины

Для развития МПС в станкостроении, расширения и углубления сферы их использования выдвигаются следующие требования:

- обеспечение высокой точности обработки и позиционирования инструмента и детали;
- повышенная жесткость подвижных звеньев;
- многофункциональность станков нового поколения;
- обеспечение необходимой степени свободы исполнительного органа (ИО) для выполнения многофункциональных задач;
- увеличение размеров рабочего пространства ИО станка;
- обеспечение высокопроизводительной обработки;

▪ свободный доступ для установки и снятия деталей, обслуживания, установки инструмента и оснастки.

В практике станкостроения при создании новых станков существует три компоновочных подхода:

- традиционный – последовательное соединение блоков, механизмов и кинематических звеньев;
- нетрадиционный – параллельное соединение блоков, механизмов и кинематических звеньев за счет применения МПС;
- гибридный – сочетание первого и второго подходов на агрегатно-модульном принципе построения компоновок с отдельными компонентами станков с МПС.

Преимущества такого оборудования можно усилить, если в станках с комбинированной кинематикой использовать открытые и закрытые кинематические цепи. В результате при обработке короткие движения с высокой динамикой могут быть осуществлены с помощью параллельной структуры, объединенной с традиционной кинематикой.

На рис. 2 приведены примеры компоновок (традиционной, нетрадиционной, гибридной) и структурных схем токарных станков с ЧПУ, на рис. 3 – сверлильно-фрезерных станков с ЧПУ, которые наглядно показывают возможность применения гибридного подхода и другого технологического оборудования с МПС, например, многооперационных станков, ГПМ, станков для лазерной и других физико-технических методов обработки [1, 2]. Именно такие гибридные компоновки по количеству управляемых координат не уступают станкам с МПС типа гексапод.

Для реализации новой концепции гибридных компоновок на примере токарных многоцелевых станков и обеспечения вышеперечисленных требований разработан комплекс методов, которые позволяют перейти от традиционной схемы металлообрабатывающего оборудования (рис. 4, а) к ряду новых компоновок многофункциональных и многоцелевых токарных станков [3, 4] с МПС (рис. 4, б).

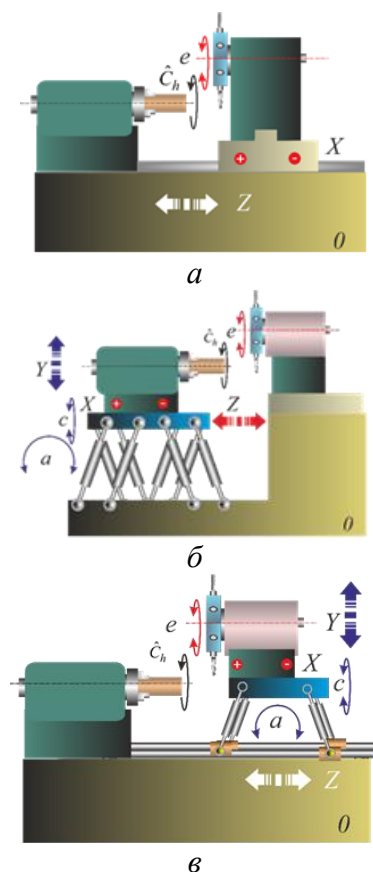


Рис. 2. Примеры компоновок и схем традиционной (а), нетрадиционной (стержневой типа гексапод) (б) и гибридной (со штангами постоянной длины) (в) токарных станков с ЧПУ

Предложенная концепция проектирования многоцелевых станков гибридных компоновок на основе МПС включает основные этапы:

- 1) определение заданной степени свободы ИО;
- 2) обеспечение многовариантности принятой схемы МПС;
- 3) сохранение жесткой на неподвижном основании шпиндельной бабки с зажимным патроном;
- 4) распределение технологических движений МПС между традиционной и параллельной структурами;
- 5) определение рабочего пространства МПС;
- 6) создание компоновки станка, согласованной с технологическими задачами и обусловленной геометрией детали;
- 7) оптимизация геометрических параметров МПС для принятой компоновки;
- 8) дополнение основной компоновки станка вспомогательными средствами, ко-

торые расширяют технологические возможности, например, подвижным контршпинделем, поворотным устройством инструментальной системы, работа двух и больше МПС в одной компоновке с пересечением рабочих зон;

9) создание робототехнических комплексов и станочных систем на базе станков и промышленных роботов с МПС.

Рассмотренная новая концепция гибридных компоновок станков с МПС, наглядно представленная в сравнительных и структурных схемах для станков токарной и сверлильно-фрезерной групп, может быть использована при создании другого технологического оборудования с МПС (многоцелевые станки, гибкие производственные модули, станки для лазерной обработки, сборки, текстильные машины, и т.п.).

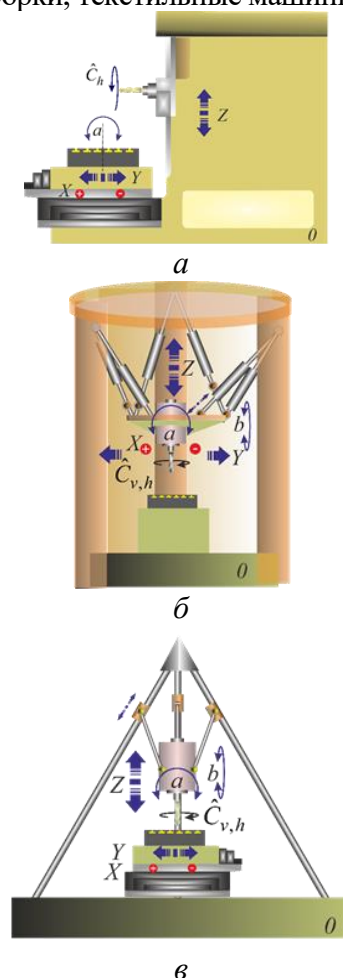


Рис. 3. Примеры компоновок и схем традиционной (а), нетрадиционной (стержневой типа гексапод) (б) и гибридной (со штангами постоянной длины) (в) сверлильно-фрезерных станков с ЧПУ

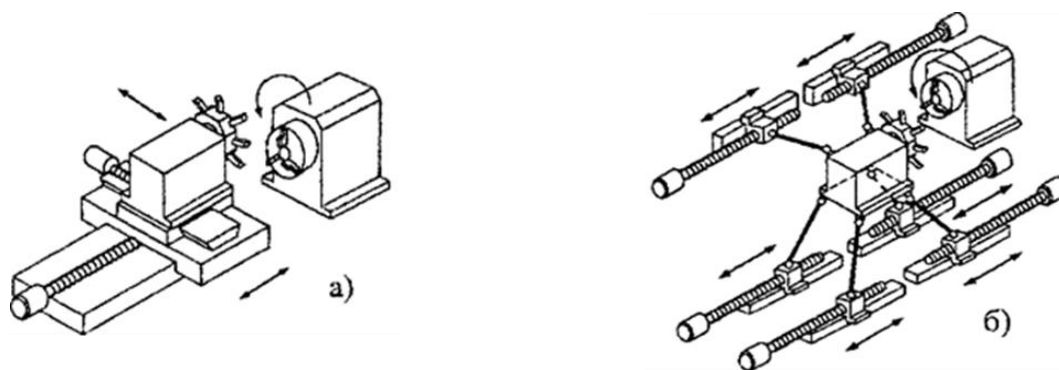


Рис. 4. Формообразующие движения при токарной обработке на станке, а – традиционной компоновки; б – на основе шарнирно стержневых систем с постоянной длиной штанг

Список литературы:

1. Кузнецов, Ю.Н. Компоновка станков с механизмами параллельной структуры: Монография / Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Дмитриев, Г.Е. Диневич. – Херсон: ЧП Вышемирский. – 2010. – 471 с.
2. Кузнецов, Ю.М. Технологічне обладнання с ЧПК: механізми і оснащення: навч. посібник / Ю.М. Кузнецов, О.Ф. Саленко, А.О. Харченко, В.Т. Щетинін. – Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014. – 500 с.
3. Харченко А.О. Анализ и синтез структур современных многооперационных станков: практикум / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая, С.И. Рощупкин. – М.: Центркаталог, 2018. – 144 с.
4. Харченко А.О. Патентоведение и изобретательство: практикум / А.О. Харченко, А.Г. Карлов, А.А. Харченко, К.Н. Осипов. – М.: Центркаталог, 2018. – 112 с.

УДК 621.923

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ М2...М6

А.В. Мерзлов, аспирант,
А.О. Харченко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Российская Федерация
e-mail: aleksei.merzlov@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается процесс формообразования мелкогазмерных внутренних резьб. Резьбы малых газаметров применяют в основном в приборостроении и электротехнической промышленности. Удельный вес трудогаемости нарезания внутренних резьб М2...М6 составляет 8...12% от общей трудогаемости технологических процессов механической обработки деталей. Особенно он велик при обработке корпусных деталей, дисков, цилиндров, фланцев. При нарезании резьб малых газаметров величина переднего угла и величина заднего угла определяютя толщиной срезаемого слоя. Это можно объяснить тем, что радиус округления режущей кромки соизмерим с толщиной стружки. Срезаемый слой претерпевает различную деформацию в верхней и нижней частях. Деформация в нижней части срезаемого слоя вследствие отрицательного значения переднего угла значительно больше, чем в верхней, при этом передний угол зуба не изменяется и имеет положительное значение. Описаны соотношения между применяемыми методами резьбообработки, а также физические особенности методов. Большое распространение и высокая трудогаемость обработки внутренних резьб малых газаметров, низкая производительность труда и

большой процент брака обуславливают необходимость автоматизации этого процесса, особенно в мелкосерийном и серийном многономенклатурном производствах на основе создаваемого для этих целей современного оборудования.

Ключевые слова: мелкоразмерная внутренняя резьба, метчик, срезаемый слой, заборный конус метчика, деформация срезаемого слоя.

ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE FORMATION OF INTERNAL THREADS M2 ... M6

A.V. Merzlov, graduate student,

A.O. Kharchenko, cand. sc. tech,

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,

Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: This article discusses the process of forming small-sized internal threads. Threads of small diameters are used mainly in the instrument-making and electrical engineering industry. The share of the labor intensity of cutting internal threads M2 ... M6 is 8 ... 12% of the total labor intensity of the technological processes of machining parts. It is especially great when machining body parts, discs, cylinders, flanges. When cutting threads of small diameters, the magnitude of the front angle and the magnitude of the back angle are determined by the thickness of the layer being cut. This can be explained by the fact that the radius of rounding of the cutting edge is commensurate with the thickness of the chip. The cut layer undergoes various deformations in the upper and lower parts. The deformation in the lower part of the layer being cut due to the negative value of the rake angle is much greater than at the top, while the rake angle of the tooth does not change and has a positive value. The relationships between the threading methods used are described, as well as the physical features of the methods. The high distribution and high laboriousness of processing internal threads of small diameters, low labor productivity and a high rejection rate make it necessary to automate this process, especially in small-scale and serial multi-product production based on modern equipment created for these purposes.

Keywords: small internal thread, tap, cut layer, tap inlet cone, cut layer deformation

Разнообразие профилей резьбы в деталях, различные требования к точности и шероховатости обработки, а также характер производств и оборудования определяют большое количество способов резьбообразования. Основное деление в технологии изготовления резьб производится по расположению резьбовой поверхности в детали: резьбы внутренние и наружные. По диаметру: резьбы малых диаметров (до 6 мм), средних диаметров (6...60 мм), больших диаметров (60...600 мм).

На рис.1. показано распределение деталей с наружной и внутренней резьбой. Число деталей с наружной резьбой превышает число деталей с внутренней резьбой, однако объясняется это в основном тем что для многих деталей с внутренними резьбами, например, для корпуса с большим числом резьбовых отверстий, требуется при сборке большое количество деталей с наружной резьбой. Внутренняя резь-

ба имеется практически в деталях всех типов. Главным образом она сосредоточена в крепежных деталях, однако значительная часть приходится также на детали типа корпусов и полых цилиндров. Эти детали являются более сложными, более трудоемкими и дорогими в обработке, так как часто требуют использования сложного и дорогостоящего оборудования.

Резьбы малых диаметров применяют в основном в приборостроении и электротехнической промышленности, резьбы средних диаметров – в автомобилестроении, станкостроении, авиастроении, сельскохозяйственном машиностроении, резьбы больших диаметров – в тяжелом машиностроении, нефтяной и газовой промышленности.

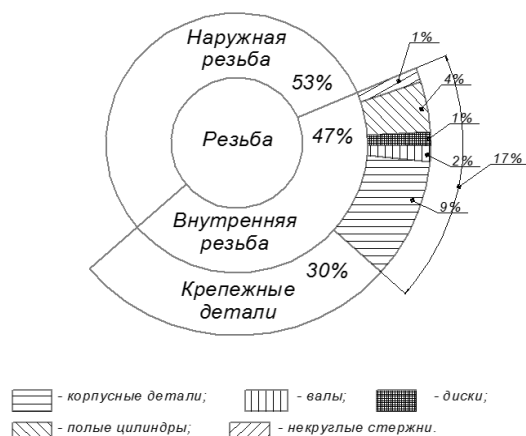


Рис. 1. Соотношение количества деталей с наружными и внутренними резьбами

Удельный вес трудоемкости нарезания внутренних резьб М2...М6 составляет 8...12% от общей трудоемкости технологических процессов механической обработки деталей. Особенно он велик при обработке корпусных деталей, дисков, цилиндров, фланцев, в которых число резьбовых отверстий может быть весьма значительным.

Анализ диаграммы, показанной на рис. 2, свидетельствует о том, что при обработке внутренних резьб малых диаметров во всех типах производства преобладает метод обработки резьб метчиками. Разнообразие метчиков и стремительное их совершенствование свидетельствуют об отсутствии приемлемых вариантов для работы в условиях автоматизированного производства с широкой номенклатурой деталей из черных, цветных металлов и различных труднообрабатываемых сплавов.

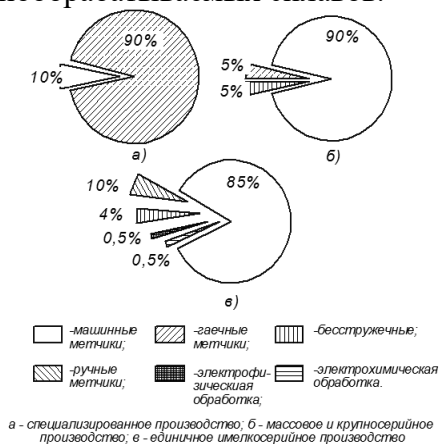


Рис. 2. Распределение различных методов обработки внутренних резьб малых диаметров

В связи с большим распространением и высокой трудоемкостью обработки внутренних резьб малых диаметров, большая часть которых образуется методом резания метчиками, низкой производительностью и большим процентом брака, проблема автоматизации этого процесса в мелкосерийном и серийном производствах очень важна.

В связи с этим синтез технологических модулей для автоматизации резьбообработки является актуальной задачей, для выполнения которой необходимо создать методику, позволяющую оптимизировать варианты структуры модулей, оценивать эффективность принимаемых решений на уровне новых требований, предъявляемых к проектированию с учетом опыта, накопленного исследователями и разработчиками в этой области.

При нарезании резьб малых диаметров величина переднего угла и величина заднего угла определяются толщиной срезаемого слоя. Это можно объяснить тем, что радиус округления режущей кромки соизмерим с толщиной стружки.

Величина радиуса округления режущих кромок зубьев равна 12...15 мкм. Толщина срезаемого слоя определяется конструктивными параметрами заборного участка метчика. На рис.3 показана зависимость толщины срезаемых слоев от угла заборного конуса для метчиков малых диаметров.

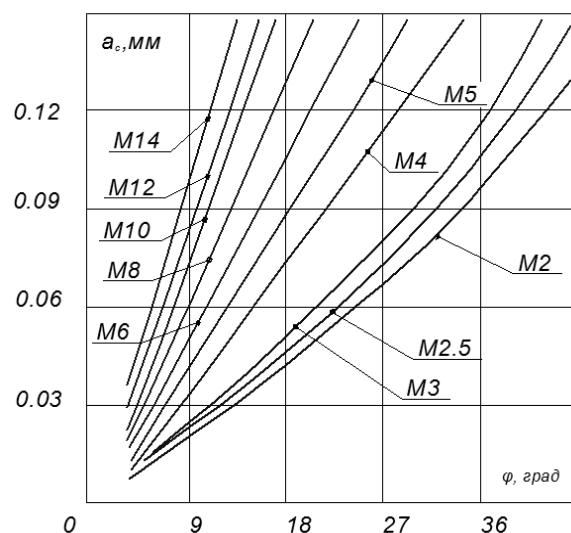


Рис. 3. Зависимость толщины срезаемых слоев от угла заборного конуса метчика

Значительное снижение глубины резания каждым зубом вносит существенные изменения в процессе резания и сопутствующие ему явления.

При резании тонких стружек скругленной режущей кромкой фактически получается отрицательный передний угол, абсолютная величина которого возрастает с уменьшением толщины срезаемого слоя (рис. 4).

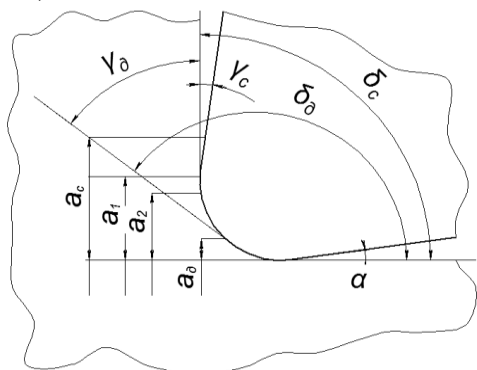


Рис. 4. Схема резания зубом метчика со скругленной режущей кромкой

Срезаемый слой претерпевает различную деформацию в верхней и нижней частях. Деформация в нижней части срезаемого слоя вследствие отрицательного значения переднего угла значительно больше, чем в верхней, при этом передний угол зуба не изменяется и имеет положительное значение.

Большое распространение и высокая трудоемкость обработки внутренних резьб малых диаметров, низкая производительность труда и большой процент брака обуславливают необходимость автоматизации этого процесса, особенно в мелкосерийном и серийном многономенклатурном производствах на основе создаваемого для этих целей современного оборудования, которое учитывало бы особенности формообразования резьб малых диаметров в условиях гибкого производства.

Список литературы:

1. Братан С.М. Повышение точности формообразования мелкогабаритных резьб метчиками в алюминиевых сплавах: монография / С.М. Братан, Ф.Н. Канареев, П.А. Новиков, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 164 с.
2. Матвеев В.В. Нарезание точных резьб / В.В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.
3. Фрумин Ю.Л. Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент / Ю.Л. Фрумин. – М.: Машиностроение, 1977. – 183 с.
4. Харченко А.О. Патентование и изобретательство: практикум / А.О. Харченко, А.Г. Карлов, А.А. Харченко, К.Н. Осипов. – М.: Центркаталог, 2018. – 112 с.

УДК 621.923

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУР СТАНОЧНЫХ МОДУЛЕЙ

А.В. Мерзлов, аспирант,
А.О. Харченко, канд. техн. наук,
А.А. Харченко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Российская Федерация
e-mail: aleksei.merzlov@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается процесс выработки критерия эффективности при решении задач синтеза структур станочных модулей. При решении задач синтеза структур на начальных этапах рекомендуется применять метод морфологического анализа, основанный на использовании морфологии объектов и позволяющий организовать и систематически анализировать пространство их изменений. Наряду с реально возможными комбинациями характеристик метод дает большое количество несовместимых вариантов,

объективная оценка эффективности каждого из которых затруднена. Для оценки предпочтительного варианта модуля при автоматизированном проектировании необходима выработка критерия оптимальности, учитывающего вероятности безотказной и беспереналадочной работы технологической системы. Определена частная целевая функция оптимизации, для оценки оптимальности решений при выборе из сопоставимых вариантов предложен интегральный критерий более высокого уровня, который в явном виде связывает суммарную годовую эффективность от эксплуатации оборудования при выполнении требований к качеству продукции с суммарными затратами на его создание и эксплуатацию. Описаны методика выбора технологических элементов оборудования и подход к оценке предпочтительного варианта модуля при автоматизированном проектировании. Отмечается необходимость автоматизации этого процесса, особенно в мелкосерийном и серийном многономенклатурном производствах.

Ключевые слова: синтез станочных модулей, интегральная оценочная функция, поток отказов, поток переналадки, рациональный вариант модуля.

DEVELOPMENT OF THE CRITERIA OF EFFICIENCY IN OPTIMIZING THE STRUCTURES OF MACHINE MODULES

A.V. Merzlov, graduate student,
A.O. Kharchenko, cand. sc. tech,
A.A. Kharchenko, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: This article discusses the process of developing an efficiency criterion for solving problems of synthesizing the structures of machine modules. When solving problems of the synthesis of structures at the initial stages, it is recommended to apply the method of morphological analysis based on the use of the morphology of objects and allowing to organize and systematically analyze the space of their changes. Along with the actually possible combinations of characteristics, the method gives a large number of incompatible options, an objective assessment of the effectiveness of each of which is difficult. In order to evaluate the preferred module option for automated design, it is necessary to develop an optimality criterion that takes into account the probabilities of trouble-free and commission-free operation of the technological system. A particular objective optimization function is determined, to evaluate the optimality of solutions when choosing from comparable options, an integral higher level criterion is proposed, which explicitly associates the total annual efficiency of equipment operation when meeting the requirements for product quality with total costs for its creation and operation. Describes the method of selection of technological elements of equipment and the approach to the evaluation of the preferred option module with computer-aided design. It is noted the need to automate this process, especially in small-scale and serial multi-product production.

Keywords: synthesis of machine modules, integral evaluation function, failure stream, conversion stream, rational module variant

Важным критерием, характеризующим правильность выполненных решений на этапе проектирования, является рациональная методика создания оборудования, основанная на принципах системного подхода конструктивной рабочей методологии анализа и синтеза. При системном проектировании модулей необходимо учесть две взаимные тенденции: разработка принци-

пиально новых методов и средств и интенсивная системная интерпретация известных методов [1].

Задача разработки систем должна решаться при осуществлении специализации подсистем различных уровней проектирования. Этот подход может быть использован при выработке методологии синтеза

станочных модулей, как подсистем гибкого автоматизированного производства.

В работе [2] на основе анализа различных видов производства при обработке детали выявлены значительные изменения по длительности обработки, доказано, что организационно все стадии изготовления могут не находиться на одном промышленном производстве. При этом нахождение критериев, позволяющих определить принципы построения структур оборудования, приобретают одно из первостепенных значений. Эти же задачи остаются нерешенными и при построении структур резьбонарезных модулей.

Методика проектирования оборудования для автоматических линий [2, 3] концентрирует опыт ручного проектирования и на новом качественном уровне позволяет применять оптимизационные методы решений с использованием вычислительной техники. Этот метод эффективен и при проектировании станочных модулей, но для этого необходимо разработать математическую модель, позволяющую оценивать каждую структуру с учетом стохастических процессов.

При решении задач синтеза структур на начальных этапах многими исследователями [3] успешно применяется метод морфологического анализа, основанный на использовании морфологии объектов и позволяющий организовать и систематически анализировать пространство их изменений. К недостаткам метода относится то, что наряду с реально возможными комбинациями характеристик встречается большое количество несовместимых вариантов, объективная оценка эффективности каждого из которых затруднена.

В работе [4] представлены критерии (общие и частные) оценки оптимальности решений при выборе автоматизированного оборудования. Общим критерием выступает интегральная оценочная функция оптимальности, минимизация которой является главной задачей при проектировании. Такой критерий, представляющий собой приведенные удельные затраты, может быть использован при оценке эффективности модулей резьбообработки, но в чистом

виде он не согласуется с частными критериями оценки производительности системы по параметрам отказов и переналадок.

Анализ оказал, что некоторые из методик проектирования и синтеза технических систем могут быть взяты за основу при создании модулей резьбообработки, однако ни одна из них не может быть применена в чистом виде, так как на последних этапах они не учитывают стохастические процессы из-за потоков отказов и переналадок в автоматизированном производстве.

Методика выбора технологических элементов оборудования должна разрабатываться с учетом современной стратегии автоматизированного проектирования. При конечном множестве возможных решений, каждое из которых принимает дискретное значение, наилучший вариант может быть определен также методом последовательного исследования множества значений. Сначала определяется множество значений решений, потенциально выполняющих требования поставленной задачи, проектирования и отвечающих системе ограничений. Окончательное решение принимают по оптимизирующим параметрам или критериям эффективности в определенной последовательности на каждом уровне проектирования. Критерии для оценки оптимального варианта располагают в последовательности уровней проектирования и их значимости.

Для оценки эффективности принятия решения выбора технологического элемента требуется модель, описывающая влияние потоков отказов (параметрических и функциональных), а также потоков переналадки на выходные показатели системы. Необходимо связать в единое целое параметры переналадки технологических элементов модуля с эксплуатационной и технологической надежностью, описать процесс формирования показателей как результат их взаимодействия в реальных условиях функционирования резьбонарезного оборудования.

Для оценки предпочтительного варианта модуля при автоматизированном проектировании необходима выработка критерия оптимальности, учитывающего ве-

роятности безотказной и беспереналадочной работы технологической системы модуля [5].

Для получения обобщающего критерия воспользуемся аппаратом алгебры логики, по которому независимо от формы исходного описания события его можно привести к дизъюнкции несовместных событий, называемой канонической формой.

Полагаем, что нужно определить вероятность работы в течение заданного времени технологической системы модуля, характеризующейся тремя независимыми состояниями с вероятностями P_0 , P_{00} , P'_{00} . Система находится в рабочем состоянии при условии нахождения ее в состоянии безотказного функционирования (вероятность P_0) и хотя бы одного из двух остальных состояний – беспорядочной работы (P_{00}) или работы без параметрических отказов (P^I_{00}).

Обозначим через X_i событие «система находится в i -м состоянии ($i=1,2,3$)», а через Y_i – событие «функционирует система». Исходное описание может быть представлено в виде структурной схемы (рис.1).

Технологическая система резьбонарезного модуля работает (событие Y), если только происходит первое событие (X_1). Это условие можно представить таблицей соответствия (табл. 1)

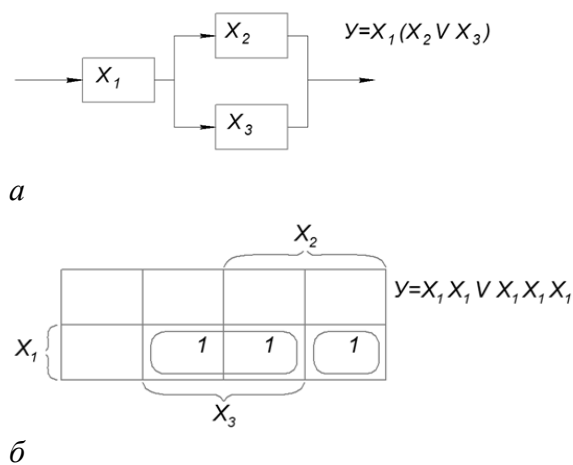


Рис. 1. Представление события безотказной и беспереналадочной работы модуля: а – структурная схема; б – карта Карно

Таблица 1. Условия соответствия работы модуля

X_1	X_2	X_3	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Из таблицы считываем совершенную дизъюнктивную нормальную формулу:

$$Y = X_1 \bar{X}_2 X_3 \vee X_1 X_2 \bar{X}_3 \vee X_1 X_2 X_3.$$

Переходя к вероятностям, получаем:

$$P = P_0 (1 - P_{00}) P^I_{00} + P_0 P_{00} (1 - P^I_{00}) + P_0 P_{00} P^I_{00} = P_0 (P_{00} + P^I_{00} - P_{00} P^I_{00}).$$

Если отобразить событие на карте Карно (рис. 1, б), то его можно выразить через перекрытие S – кубов:

$$Y = X_1 X_3 \vee X_1 X_2 \bar{X}_3$$

и, следовательно, также

$$P = P_0 P^I_{00} + P_0 P_{00} (1 - P^I_{00}) = P_0 (P_{00} + P^I_{00} - P_{00} P^I_{00}).$$

Таким образом зависимость обобщающего критерия P от вероятностей (P_0, P_{00}, P^I_{00}) безотказной и беспереналадочной работы модуля, т.е. частная целевая функция оптимизации определена, однако, для оценки оптимальности решений при выборе из сопоставимых вариантов необходим интегральный критерий более высокого уровня, который в явном виде связывал бы суммарную годовую эффективность

Q_{Σ} (годовую производительность, $шт/год$) от эксплуатации оборудования при выполнении требований к качеству продукции с суммарными затратами на создание и эксплуатацию оборудования. В качестве такого критерия целесообразно использовать функцию

$$I = Q_{\Sigma} / \beta_{\Sigma},$$

где $\beta_{\Sigma} = \beta_{\Sigma} + \varphi(t) \beta_{\Sigma}$ – годовые приведенные затраты на создание и эксплуатацию модуля, $руб/год$;

$З_{\Sigma}$ – суммарные годовые эксплуатационные затраты, руб;

$З_c$ – суммарные капитальные (единовременные) затраты на создание оборудования, руб;

$\varphi(t)$ – коэффициент дисконтирования, год⁻¹.

Этот коэффициент, определяется по формуле

$$\varphi(t) = E_H(1+E_H)^{t-1} / [(1+E_H)^t - 1]$$

и зависит от срока t службы модуля.

При $E_H = 0,15$ и $t=5;10;15$ лет $\varphi(t)=0,262;0,174;0,149$ год⁻¹.

Для модуля введем обозначение $Q_{\Sigma} = Q_{CP}$, где средняя годовая производительность при выпуске однотипных изделий $Q_{CP} = PT/\tau_{cp}$, P – обобщающий критерий, выведенный из предшествующих рассуждений; T – эффективный годовой фонд времени ч/год; τ_{cp} – средний такт выпуска изделий, ч.

Список литературы:

1. Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. Choice of the Optimal Structure of a Flexible Production Cell / Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. // Soviet engineering research, 1987. -7(2), P. 48-52.
2. Нахапетян Е.Г. Диагностирование оборудования гибкого автоматизированного производства /Е.Г. Нахапетян. – М.: Наука, 1985. – 224 с.
3. Харченко А.О. Анализ и синтез структур современных многооперационных станков: практикум / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая, С.И. Рощупкин. – М.: Центркаталог, 2018. – 144 с.
4. Пуш В.Э. Автоматические станочные системы / В.Э. Пуш, В.Л. Сосонкин. – М.: Машиностроение, 1982. – 319 с.
5. Долгин В.П. Надежность технических систем: учеб. пособие / В.П. Долгин, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2015. – 167 с.

УДК 538.446

МЕТОДЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА

А.А. Тимошенко, студент,
А.О. Харченко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Российская Федерация
e-mail: nastua_2018@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются особенности процесса сверления глубоких отверстий малого диаметра, методы и средства для его осуществления в производственных условиях. Проблемы при сверлении приводят к необходимости снижать режимы обработки, при этом падает производительность. Наиболее распространенными для операции глубокого сверления на сегодняшний день являются спиральные и ружейные сверла. Для со-

вершенствования процесса до настоящего времени проводится активный поиск рациональных вариантов решения, однако не все из разработок могут быть применены по причине недостаточной эффективности и целесообразности. Для повышения производительности сверления глубоких отверстий малого диаметра может быть использовано специальное устройство, содержащее силовую головку, несущую шпиндель со сверлом, связанный с приводом его вращения. Для сверления отверстий в деталях из труднообрабатываемых материалов устройство снабжено механизмом закручивания, выполненным в виде связанного с шарнирно-телескопическим валом лопастного поворотного гидродвигателя. Также могут быть эффективны методы получения глубоких отверстий малого диаметра с созданием условий сведения к минимуму влияния стружки на процесс обработки. При этом применение ружейных сверл экономически оправдано только при обработке отверстий диаметром более 5 мм. Приводится анализ некоторых прогрессивных конструкций устройств для обработки глубоких отверстий и для предохранения инструмента от поломок при сверлении.

Ключевые слова: сверление глубоких отверстий малого диаметра, спиральное сверло, ружейное сверло, устройство для сверления глубоких отверстий, устройство для предохранения инструмента от поломки.

METHODS AND DEVICES FOR DRILLING DEEP HOLES OF SMALL DIAMETER

A.A. Timoshenko, student,
A. O. Kharchenko, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: This article discusses the features of the drilling process of deep holes of small diameter, methods and means for its implementation in a production environment. Problems with drilling lead to the need to reduce processing conditions, while performance drops. The most common for deep drilling operations today are spiral and rifle drills. To improve the process, an active search for rational solutions has been carried out so far, however, not all of the developments can be applied due to insufficient efficiency and feasibility. To improve the performance of drilling deep holes of small diameter, a special device can be used, containing a power head carrying a spin-del with a drill, associated with a drive of its rotation. For drilling holes in parts of hard-to-machine materials, the device is equipped with a twisting mechanism, made in the form of a rotary vane hydraulic motor connected with a hinged-telescopic shaft. Methods of obtaining deep holes of small diameter can also be effective with the creation of conditions to minimize the influence of chips on the process. At the same time, the use of gun drills is economically justified only when machining holes with a diameter of more than 5 mm. An analysis of some advanced designs of devices for processing deep holes and to protect the tool from breakage during drilling is given.

Keywords: drilling of deep holes of small diameter, twist drill, gun drill, device for drilling deep holes, device for protecting the tool from breakage.

Термин «глубокое сверление» в большинстве случаев толкуется как отношение длины сверла к его диаметру [1, 2]. Для глубоких отверстий малого диаметра это отношение принято принимать равным от трех до десяти

$$l/d = 4 \dots 10).$$

Основными сложностями, возникающими при осуществлении данного процесса, являются:

- увод оси и искривление инструмента, что приводит к потере точности обработки и к отказам функционирования (поломкам) сверл;
- влияние физико-механических свойств материала на устойчивость процесса;

- сложности отвода стружки и подачи смазывающе-охлаждающего технологического средства (СОТС) в зону резания;
- значительное повышение температуры в зоне контакта инструмента и заготовки.

Все эти проблемы приводят к необходимости снижать режимы обработки, при этом падает производительность. Для решения этих задач до настоящего времени проводится активный поиск рациональных вариантов решения, однако не все из разработок могут быть применены по причине недостаточной эффективности и целесообразности.

Наиболее применимы для операции глубокого сверления на сегодняшний день спиральные и ружейные сверла.

Спиральные сверла с подачей СОТС по каналам, расположенным внутри перьев, приведены на рис. 1



Рис. 1. Спиральное сверло с канавками для подачи СОТС

Эти сверла изготавливаются из проката с винтовыми отверстиями, из заготовок, полученных ковкой, прокатом заготовок с применением твердых наполнителей, прокатом трубчатых заготовок, литьем. Наилучшие показатели производительности эти сверла показывают при сверлении отверстий на глубину, превышающую три диаметра инструмента [3]. Также могут применяться ружейные сверла различных конфигураций. Например, ружейные сверла с одной режущей и двумя направляющими вставными пластинами из твердого сплава (рис. 2) изготавливаются из сталей 40Х, 9ХС, 35ХГСА и могут быть трубчатыми со стружечной канавкой, образованной методом пластической деформации, сплошными или из специального проката с отверстием для подвода СОТС и со стружечной канавкой. Ружейные сверла с вставными пластинами из твердого сплава, припаянной к стальному корпусу, могут выполняться с хвостовиком. Твердосплавная рабочая часть изготавливается из спла-

вов группы ВК или ТК. Для подвода СОТС в зону резания твердосплавная рабочая часть имеет отверстия круглой или овальной формы. Трубчатый корпус с канавкой, полученной пластической деформацией, изготавливается из сталей марок 40Х или 35ХГСА. Внутри полость корпуса имеет форму серпа, так же образованную деформацией; используется она для подвода СОТС к рабочей части. Такие сверла имеют повышенный ресурс работы из-за большей длины по сравнению со спиральными сверлами, но и повышенным расходом твердого сплава.

Для повышения производительности процесса сверления глубоких отверстий малого диаметра может быть использовано специальное устройство (а.с. SU 1230752), содержащее силовую головку, несущую шпиндель со сверлом, связанный с приводом его вращения.

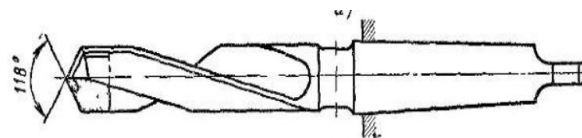


Рис. 2. Ружейное сверло

Особенностью данного устройства является связанная с приводом вращения кинематическая цепь, выполненная в виде совмещенного соосно шпинделю шарнирно-телескопического вала с втулкой и зубчатых колес, соединенных со шпинделем посредством введенных в устройство сферических роликов, установленных в канавках сверла с возможностью радиального перемещения, причем на втулке выполнена винтовая канавка с углом подъема, равным углу подъема винтовой канавки сверла. Для сверления отверстий в деталях из труднообрабатываемых материалов устройство снабжено механизмом закручивания, выполненным в виде связанного с шарнирно-телескопическим валом лопастного поворотного гидродвигателя.

Для повышения надежности и качества обработки при сверлении глубоких отверстий учеными СевГУ разработано устройство, между патроном и сверлом размещается дополнительный механизм, предохраняющий инструмент от поломок

путем устранения его раскручивания на угол θ по длине рабочей части l при различных заглублениях $h < L$ (L – длина рабочей части инструмента). Общий вид устройства приведен на рис.3 [4].

Устройство работает следующим образом. Сверло 3 предварительно устанавливается в цанговой части втулки 4 и в приводных элементах с помощью шариковых элементов качения 10, которые вводятся до контакта с задними поверхностями канавок сверла 3 посредством перемещения винтов 9. Сверло 3 устанавливается таким образом внутри гильзы 7, чтобы его вершина располагалась от плоскости размещения приводных элементов на расстоянии $2...3$ диаметров сверла (т.е. для сверла $\varnothing 8$ мм – это $L = 16...24$ мм). Затем цанговая часть втулки 4 со сверлом 3 зажимается в цанговом патроне 2 таким образом, чтобы пазы цанговых элементов втулки 4 и патрона 2 были в радиальном положении смещены относительно друг друга. После этого обрабатываемая деталь 15 устанавливается до совмещения оси сверла 3 с осью обрабатываемого отверстия. Режущие кромки сверла 3 контактируют с обрабатываемой деталью 15, в которой обрабатывается отверстие на требуемую глубину. При этом по мере осевого перемещения шпинделя 1 и сверла 3 со втулкой 4 и фланцем 5, гильза 7 вращается и перемещается на величину осевой подачи сверла по направлению к шпинделю 1, «навинчиваясь» благодаря винтовым канавкам и пальцам 6 на фланец 5. Пальцы 6 и винтовые канавки на гильзе 7 обеспечивают синхронное вращение поперечных сечений сверла в плоскости закрепления хвостовика и в плоскости размещения приводных элементов. При этом угол закручивания сверла существенно уменьшается, так как участок сверла, находящийся в промежутке между хвостовиком и плоскостью размещения приводных элементов, не подвергается крутящим нагрузкам

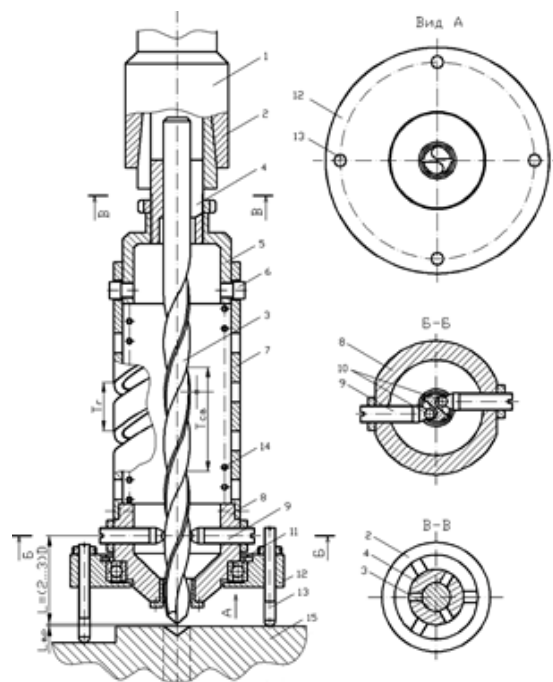


Рис.3. Общий вид устройства для предохранения инструмента от поломки при сверлении глубоких отверстий (патент 86839UA)

Также могут быть эффективны методы получения глубоких отверстий малого диаметра с созданием условий сведения к минимуму влияния стружки на процесс обработки. При этом применение ружейных сверл экономически оправдано только при обработке отверстий диаметром более 5 мм.

Другой подход заключается в оптимизации конструктивных параметров сверла с учетом особенностей глубокого сверления отверстий. Для станков с числовым программным управлением – это обработка отверстий без кондукторных втулок со сверлами повышенной точности, также особая заточка сверл, которая позволяет уменьшить смещение и улучшить центрирование сверла в начальный момент обработки.

Список литературы:

1. Харченко А.О. Патентоведение и изобретательство: практикум / А.О. Харченко, А.Г. Карлов, А.А. Харченко, К.Н. Осипов. – М.: Центркаталог, 2018. – 112 с.
2. Тараненко В.А. Управление процессом сверления глубоких отверстий малого диаметра / В.А. Тараненко, Левченко А.И. – Орел: Политехника Опольская, 2003. – 118 с.
3. Братан С. М. Процессы и операции формообразования поверхностей при механической обработке. Теоретические основы и лабораторный практикум: Учебное пособие /С.М.

Братан, Е.А. Владецкая, Е.А. Левченко, П.А. Новиков, С.И. Рощупкин, А.О. Харченко. – М.: Центркаталог, 2018. – 200с. – (Вузовский учебник)

4. Головин В.И. Надежность электроинструмента на примере сверлильных машин: Монография/ В.И. Головин, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2016. –146 с.

УДК 621.9

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕХАНИЗМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ (МПС) МНОГООПЕРАЦИОННОГО СТАНКА

А.С. Часовитина, студент,
А.О. Харченко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: nastya.chasovitina@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются перспективные для использования в современных станках механизмы параллельной структуры (МПС), которые по сравнению с традиционными механизмами имеют существенные преимущества. В качестве недостатка отмечается необходимость использования для МПС высокоинтеллектуального программного обеспечения, обусловленного операцией преобразования координат в такте интерполяции устройства управления соответствующей технологической машины. Приводится классификация МПС, применяемых в компоновках технологического оборудования. Показана зависимость между количеством кинематических звеньев соответствующего МПС и степенями свободы исполнительного органа технологического оборудования. Для поиска рациональных технических решений при синтезе новых технологических систем и компоновок использован метод морфологического анализа, на основе которого выполняется синтез структурных вариантов для создания новой системы. В качестве комплексного критерия выбран суммарный качественный показатель для каждой из возможных структур. На этапе структурно-компоновочного синтеза достаточно ограничиться применением вышеуказанного качественного критерия, который позволил выявить наиболее рациональный вариант – комбинированный МПС с возможностью одновременного изменения длины штанг и координат опорных шарниров. Приведено описание принципа работы полученного комбинированного МПС при встраивании его в структуру многооперационного станка. Проведенный анализ принципов создания нового технологического оборудования с МПС позволяет достичь многовариантности, низкой металлоемкости, гибридности компоновок. Использование комбинированных устройств на основе сочетания признаков и преимуществ от изменения длины штанг и координат опорных шарниров открывает возможности создания новых многооперационных станков для выполнения задач качественной обработки деталей и существенного расширения их технологических возможностей.

Ключевые слова: метод морфологического анализа, кинематическое звено, механизм параллельной структуры (МПС), исполнительный орган, синтез, комбинированный МПС, многооперационный станок.

COMBINED MECHANISM OF PARALLEL STRUCTURE (MPS) MULTIOPERATIONAL MACHINE

A.S. Chasovitina, student,
A.O. Kharchenko, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: This article explores mechanisms that can be promising for application in modern machines of parallel structure (MPS), which have significant advantages compared with traditional mechanisms. As a disadvantage, the need for the use of highly intelligent software for the MPS is noted, due to the operation of the transformation of coordinates in the time of interpolation of the control device of the corresponding technological machine.

The classification of MPS used in the layout of technological equipment is given. The dependence between the number of kinematic units of the corresponding MPS and the degrees of freedom of the actuator of technological equipment is shown.

The method of morphological analysis is used to find rational technical solutions in the synthesis of new technological systems and layouts; structural variants are synthesized to create a new system based on this method. The total qualitative indicator for each of the possible structures was chosen as a complex criterion. At the stage of structural-layout synthesis, it is sufficient to limit the use of the above-mentioned qualitative criterion, which allowed to identify the most rational option – a combined MPS with the possibility of simultaneous change in the length of the rods and the coordinates of the support hinges. The principle of operation a resulting combined MPS, when embedding it into the structure of multifunction machine, is given. The analysis of the principles of creation of new technological equipment with MPS allows achieving multivariance, low metal content, and hybridism of layout. The use of combined devices based on a combination of features and advantages of the change in the length of the rods and the coordinates of the support joints gives the possibility of creating new multi-machine tools to perform tasks of quality machining and a significant expansion of their technological capabilities.

Keywords: method of morphological analysis, kinematic link, mechanism of parallel structure (MPS), executive device, synthesis, combined MPS, multioperational machine.

На сегодняшний день стремительное развитие станкостроения в России требует модернизации средств и методов обработки, а также контроля геометрии поверхностей деталей сложной формы с помощью эффективного технологического оборудования. Одним из вариантов решения этой проблемы является применение механизмов параллельной структуры (МПС), которые обеспечивают высокую производительность при обработке материалов без снижения уровня качества.

МПС – это устройства, в которых исполнительное звено соединено с основанием посредством использования нескольких независимых кинематических цепей.

По сравнению с механизмами традиционной компоновки МПС имеют ряд следующих преимуществ [1]:

- применение кинематических звеньев в виде стержней, способных работать при отсутствии напряжений изгиба как на сжатие, так и на растяжение;
- расположение исполнительного органа (ИО) как на статических элементах, так и на перемещающихся с небольшой скоростью;
- незначительная масса подвижных элементов, расходующих минимальное количество энергии для перемещения ИО;

- формирование жесткой пространственной фермы за счет использования замкнутых стержневых систем;

- минимизация энергетических затрат и нагрузки на кинематические звенья и приводы вследствие рационализации распределения направлений и величин нагрузок;

- снижение числа соединений элементов и кинематических звеньев механизма, минимизирующее величину упругих деформаций, а также обеспечивающее высокую жесткость системы и высокоточное позиционирование ИО.

В то же время МПС обладают некоторыми недостатками, которые обусловлены использованием дорогостоящих информационных систем (ИС). Данные системы необходимы для получения информации о состоянии всех компонентов энергетической системы, устройств программного управления, в том числе для задания значений начальных импульсов отдельным приводам по координатным осям. Требуется осуществить перерасчет опорных точек траектории в рабочем пространстве с учетом изменения длины штанг или координат опорных шарниров относительно направляющих. Необходимость высокоинтеллектуального программного обеспечения

обусловлена операцией преобразования координат в такте интерполяции устройства управления соответствующей технологической машины.

Помимо этого, существует вероятность столкновения отдельных кинематических звеньев, независимо от фактического положения ИО. Поэтому особое внимание уделяется контролю такта интерполяции зоны возможного столкновения при преобразовании координат.

Рассматривая обобщенную структуру МПС, можно выделить выходное звено и основание, соединенные между собой заданным количеством кинематических цепей параллельно в смысле передачи движения и усилий. Каждая кинематическая цепь оснащается одним или несколькими приводами. Инструментальная или измерительная головка устанавливается на выходном звене. МПС обеспечивает до шести степеней свободы выходного звена.

Все МПС, применяемые для компоновок технологического оборудования, разделяют на две группы:

- полнопараллельные (механизмы, у которых число степеней свободы ИО эквивалентно числу кинематических цепей с индивидуальными приводами, за счет которых осуществляется перемещение ИО относительно осей координат);

- неполнопараллельные (механизмы, у которых число степеней свободы ИО превышает число кинематических цепей, каждая из которых имеет несколько индивидуальных приводов).

Из вышеуказанного следует, что существует зависимость между количеством кинематических звеньев соответствующего МПС и степенями свободы ИО технологического оборудования. Каждый МПС преобразует движение его входных звеньев в заданное движение ИО.

Традиционно существует четыре метода преобразования движения ИО:

- изменение координат опорных шарниров;
- изменение длины штанг;
- принудительное вращение шарнира, смонтированного на неподвижном элементе;
- изменение угла между элементами кинематической цепи.

Для поиска рациональных технических решений при синтезе новых техноло-

гических систем и компоновок используется метод морфологического анализа.

Метод морфологического анализа (МА) направлен на последовательный перебор всех возможных вариантов и является примером системного подхода к решению творческих задач.

Сущность метода МА состоит в том, что в совершенствуемой ТС выделяют несколько характерных для нее структурных морфологических признаков, по каждому из которых составляют список различных конкретных вариантов (альтернатив) технического выражения. Каждый признак может характеризовать какой-либо конструктивный узел системы, какую-то ее функцию, режим работы системы, форму взаимодействия узлов, т.е. параметры системы, от которых зависит решение проблемы. Признаки с их альтернативами можно располагать в форме таблицы, называемой морфологической матрицей, что позволяет лучше представить поисковое поле. Согласно принципам компоновки, многооперационный станок разделяется на взаимосвязанные подсистемы и элементы (табл. 1).

Таблица 1 – Морфологическая матрица системы станка с МПС

Название подсистемы	Вид/свойство
Модуль главного движения (X)	X1–Пневматический
	X2–Гидравлический
	X3–Электрический
	X4–Комбинированный
Модуль блока несущего элемента (Y)	Y1–Поворотный
	Y2–Стационарный
Модуль длины штанг (Z)	Z1–Изменяющаяся длина штанг
	Z2–Постоянная длина
Модуль изменения координат опорных шарниров (V)	V1–Есть
	V2–Отсутствует
Модуль направляющих (R)	R1–Есть
	R2–Отсутствует

Область применения метода – решение технических задач, относящихся к объекту в целом при наличии полной информации об объекте и заключающихся в усовершенствовании объекта. Наиболее целесообразная область применения метода МА – решение конструкторских задач общего плана (проектирование комплексов, станков, их узлов и механизмов, поиск технологических принципов, схем, способов формообразования и т.д.) [2].

После заполнения морфологической матрицы для системы станка с МПС выполняется синтез вариантов структуры станка. Методика поиска оптимальных решений состоит в выделении наиболее приемлемых модулей и их признаков (вид, свойство) для создания новой системы. Выделенные модули обеспечивают правильное функционирование системы, но имеют различные характеристики (надежность, стоимость, массу и габаритные показатели).

По формуле для определения комплексного критерия качества вычисляется суммарный качественный показатель для каждой из возможных структур.

В безразмерном виде комплексный критерий качества K для каждой из подсистем станка с МПС можно представить в виде [3]:

$$K = I - \sum_{i=1}^n (I - K_i) / n,$$

где K_i – качественные показатели, характеризующие возможность многооперационного станка адаптироваться к изменению номенклатуры деталей и к различным производственным ситуациям;

n – число качественных показателей.

На этапе структурно-компоновочного синтеза можно ограничиться применением вышеуказанного качественного критерия.

Наибольшее значение $K_c = 0,92$ принадлежит варианту станка:

$X3 \rightarrow Y2 \rightarrow Z1 \rightarrow V1 \rightarrow R1$.

За счет выявления наиболее рационального варианта был получен комбинированный МПС с возможностью одновременного изменения длины штанг и координат опорных шарниров – би-глайд-под (комбинация биглайда и бипода) (рис. 1).

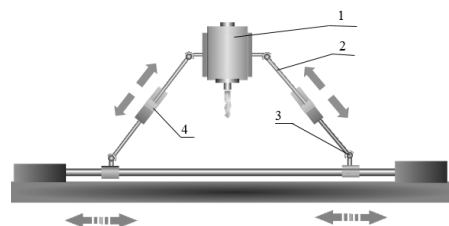


Рис.1. Комбинированный МПС

При изменении длин кинематических звеньев – штанг 2 и координат опорных шарниров 3 ИО 1 может занимать различные вертикальные и угловые положения. Каждое кинематическое звено механизма, выполненное в виде штанги переменной длины 2 имеет привод поступательного действия 4 (гидроцилиндр или электропривод).

При одновременном перемещении опорных шарниров на одинаковую величину ИО будет перемещаться относительно вертикальной оси. При одновременном изменении длин всех кинематических звеньев на различную величину ИО будет поворачиваться относительно соответствующей оси координат. Если левый шарнир затормозить, а правый перемещать вправо, при этом изменяя длины штанг, то ИО будет совершать сложное пространственное движение.

В зависимости от количества используемых кинематических звеньев и степени свободы исполнительного органа аналогичным образом для многооперационных станков могут быть использованы новые комбинированные МПС, например, такие, как: три-глайд-под, дельта-глайд-под, пента-глайд-под, гекса-глайд-под.

Проведенный анализ принципов создания нового технологического оборудования с МПС позволяет достичь многовариантности, низкой металлоемкости, гибридности компоновок [3, 4].

Использование комбинированных устройств на основе сочетания признаков и преимуществ «глайда» и «пода» открывает возможности создания новых многооперационных станков с МПС для выполнения задач качественной обработки деталей и существенного расширения их технологических возможностей.

Список литературы:

1. Кузнецов, Ю.Н. Компоновка станков с механизмами параллельной структуры: Монография / Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Дмитриев, Г.Е. Диневич. – Херсон: ЧП Вышемирский. – 2010. – 471 с.
2. Кузнецов, Ю.М. Технологічне обладнання с ЧПК: механізми і оснащення: навч. посібник / Ю.М. Кузнецов, О.Ф. Саленко, А.О. Харченко, В.Т. Щетинін. – Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014. – 500 с.
3. Харченко А.О. Анализ и синтез структур современных многооперационных станков: практикум / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая, С.И. Рощупкин. – М.: Центркаталог, 2018. – 144 с.
4. Харченко А.О. Патентование и изобретательство: практикум / А.О. Харченко, А.Г. Карлов, А.А. Харченко, К.Н. Осипов. – М.: Центркаталог, 2018. – 112 с.

УДК 621.91.02

**ЗАВИСИМОСТЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТОКАРНЫХ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ ОТ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СМЕННЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН
ИЗ ОДНОКАРБИДНЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ**

А.С. Штин, аспирант,
Е.В. Артамонов, д-р техн. наук,
А.М. Тверяков, канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
Тюмень, Российская федерация
e-mail: shtin_as@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию работоспособности токарных резцов оснащенных сменными режущими пластинами из твердых сплавов. Во время механической обработки труднообрабатываемых материалов изменяются электромагнитные свойства однокарбидных твердых сплавов под действием высоких температур характерных для процесса резания. В статье приводится литературный обзор степени изученности вопроса повышения работоспособности сборных режущих инструментов, оснащенных сменными режущими пластинами из инструментальных однокарбидных твердых сплавов. В доказательной части статьи приводятся исследования механики процесса резания, а именно износа по задней поверхности сменных режущих пластин при обработке деталей из жаропрочного сплава на никелевой основе. Материал широко применяется в энергетическом машиностроении для изготовления деталей турбиностроения, лопаток и дисков турбин, колец цельнокатаных различного назначения. По результатам исследований авторами сформулированы рекомендации по практическому применению, на основе сравнительного анализа полученных экспериментальных лабораторных и производственных испытаний. Доказательная часть построена на результатах стойкостных испытаний и основных положений механики процесса резания, а так же основных положений раздела электродинамики. Результаты исследований переданы для внедрения на предприятия энергетического машиностроения Тюменской области.

Ключевые слова: Работоспособность, твердые сплавы, сборные инструменты, обработка жаропрочных материалов, импортозамещение, механика процесса резания.

THE DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY OF TURNING TEAMS OF CUTTERS FROM THE ELECTROMAGNETIC PROPERTIES OF INDEXABLE CUTTING PLATES FROM HARD ALLOYS

A.S. Shtin, p.h.d. student,
E.V. Artamonov, dr. sc. tech,
A.M. Tveryakov, cand. sc. tech,
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

Abstract: This article is devoted to a research of operability of the turning cutters equipped with the replaceable cutting plates from solid alloys. During machining of the hardly processed materials electromagnetic properties of one-carbide solid alloys under the influence of high temperatures characteristic of cutting process change. The literary review of degree of study of an issue of increase in efficiency of the national teams of the cutting tools equipped with the replaceable cutting plates from tool one-carbide solid alloys is provided in article. Are brought a cutting process mechanics research, namely wear on a back surface of the replaceable cutting plates when processing details from heat resisting alloy on a nickel basis in an evidential part of article. Material is widely applied in power engineering to production of details of turbine construction, shovels and disks of turbines, rings seamless-rolled of different function. By results of researches authors formulated recommendations about practical application, on the basis of the comparative analysis of the received experimental laboratory and production researches. An evidential part is constructed on results the stability of tests and basic provisions of mechanics of process of cutting, and also basic provisions of the section of electrodynamics. Results of researches are transferred for introduction to the enterprises of power engineering of the Tyumen region.

Keywords: Efficiency, hard alloys, precast tools, heat-resistant materials processing, import substitution, mechanics of cutting process.

1. Введение. В настоящее время для обработки различных материалов используют, как правило, импортный металлорежущий инструмент, таких фирм как: Sandvik Coromant, Mitsubishi, Walter, Iscar и др. В современных условиях санкций и импортозамещения невозможно обеспечить промышленную деятельность страны без использования оборудования и инструментов отечественного производства. Кировградский завод твёрдых сплавов - лидер Российской твердосплавной промышленности.

Сегодня режимные условия для новых труднообрабатываемых материалов, применяемых в перспективных отраслях промышленности нашей страны, выбирают в соответствии с рекомендациями заводов изготовителей инструментальных материалов. Такие рекомендации довольно общие и не обеспечивают максимальной эффективности механической обработки этих материалов.

Данной проблеме посвятили свои работы ученые Верещак А.С.[1], Григорьев

С.Н.[2], Кушнер В.С.[3], Лоладзе Т.Н.[4], Макаров А.Д.[5], Полетика М.Ф.[6], Силин С.С.[7], Утешев М.Х.[8], Шаламов В.Г.[9], и др. [10], [11].

Для исследований был выбран современный инструментальный среднезернистый твердый сплав без покрытия В35, для чернового точения жаропрочных материалов, производства КЗТС.

Целью данного исследования является определение зависимости работоспособности токарных сборных резцов от электромагнитных свойств сменных режущих пластин из однокарбидных твердых сплавов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести литературный анализ с целью выявления определяющего фактора во всей взаимосвязи явлений при резании материалов;
2. Исследовать изменение электромагнитных свойств сменной режущей пластины из однокарбидного твердого сплава В35;

3. Провести исследование механики процесса резания при обработке жаропрочных материалов однокарбидными твердыми сплавами без покрытий.

Предметом данного исследования является режущая пластина из однокарбидного инструментального твердого сплава В35.

2. Актуальность. Литературный анализ показал, что определяющим во всей взаимосвязи явлений при резании материалов является температурно - силовой фактор в сочетании с физико-механическими характеристиками инструментальных и обрабатываемых материалов [12], [13].

Способность твердых сплавов сохранять достаточно высокую твердость и сопротивляться деформированию при высокой температуре в сочетании с удовлетворительной прочностью является важным преимуществом перед другими инструментальными материалами.

Работоспособность режущего инструмента – это такое его состояние при котором инструмент способен выполнять заданные им функции с износом рабочих поверхностей меньше критериального [1].

На сегодняшний день существует ряд методик определения температуры максимальной работоспособности режущих элементов из инструментальных твердых сплавов по физико-механическим характеристикам в лабораторных условиях [12].

Часть работ, посвященных определению температуры максимальной работоспособности, основываются на механических характеристиках инструментальных твердых сплавов, таких как зависимость коэффициента интенсивности напряжений K_{1C} и зависимость ударной вязкости KCV от температуры [13]. Механические характеристики очень хорошо реагируют на структурные изменения от температуры, что является несомненным достоинством этих методик. Главными недостатками данных методик были и остаются необходимость изготавливать специальные образцы для испытаний, сложность расчетов, что повышает вероятность погрешностей определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин.

3. Результаты и их обсуждение. Твердый сплав за счет своего химического состава обладает как электромагнитными свойствами [14]. Во время лабораторных исследований инструментальных твердых сплавов на изменение электромагнитных свойств от температуры, на специально разработанной установке, была замечена интересная особенность. Твердые сплавы исследуемой группы имеют одинаковый характер изменений, с единственным отличием смещением экстремума в сторону увеличения температуры в связи с уменьшением содержания кобальта.

Температуру максимальной работоспособности определяют по изменению значений электромагнитного поля вихревых токов наводимых в сменной режущей пластине из инструментального твердого сплава в температурном диапазоне характерном для обработки металлов резанием. Фиксация происходит косвенным методом по изменению значений ЭДС катушки автоколебательного контура с помещенной внутрь режущей твердосплавной пластиной, из инструментального твердого сплава представленной на рис. 1.

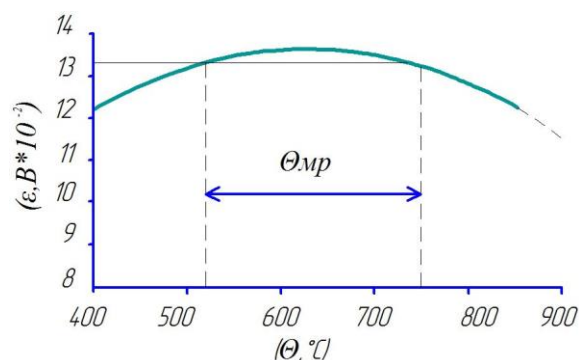


Рис. 1. Зависимость значений электромагнитных свойств от температуры инструментального твердого сплава В35.

Полученный температурный интервал для однокарбидного твердого сплава В35 без покрытия производства АО КЗТС 530°-750°C.

Для проверки адекватности полученных данных в лаборатории «Обработка материалов резанием» ТИУ были проведены исследования зависимости относительного

поверхностного износа от температуры резания.

Для исследований был выбран жаропрочный сплав ХН62МВТЮ-ВД по классификации материалов по группам он относится к группе S «Жаропрочные материалы», в качестве инструментального материала КЗТС рекомендует твердые сплавы без покрытий В20, В35, А30, нами использовался В35.

Во время процесса резания при различных скоростях замерялась температура в зоне резания, а после эксперимента на пластинках замерялась фаска износа, полученные данные были сведены в график зависимости температуры θ °С, относительного поверхностного износа $h_{\text{овз}}$ и скорости резания V .

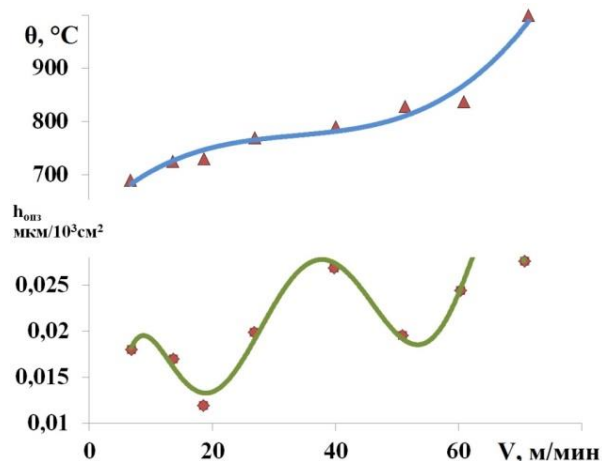


Рис. 2. Результаты исследования процесса механики резания при точении сплава ХН62МВТЮ-ВД токарным резцом, осна-

щенным сменной режущей пластиной из однокристаллического твердого сплава В35.

4. Выводы. По полученным зависимостям видно, характерный минимум значений относительного поверхностного износа в определенном температурном диапазоне (530°-750°С), который так же соответствует изменению электромагнитных свойств инструментальных твердых сплавов.

Таким образом, все выше перечисленное свидетельствует о том, что изменение электромагнитных свойств отражает состояние инструмента во время работы при обработке точением деталей из труднообрабатываемых материалов и подтверждает возможность определения условий максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов.

Список литературы:

1. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. / Верещака А.С. - М.: Машиностроение, 1993. — 336 с.: ил. — (Б-ка инструментальщика). — ISBN 5-217-01482-2.
2. Григорьев, С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов втузов [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2009. — 368 с.
3. Васин С.А. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: учебник для технических вузов. / С.А. Васин, А.С. Верещака, В.С. Кушнер — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.-448 с.
4. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. / Т.Н. Лоладзе - М.: Машиностроение, 1982. - 320 с.
5. Макаров, А.Д. Оптимизация процессов резания. / А.Д. Макаров, 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1976. — 278.

6. Полетика, М.Ф. Контактные нагрузки и температуры на изношенном инструменте. / М.Ф. Полетика, В.Н. Козлов // Прогрессивные технологические процессы в машиностроении: Сборник научных трудов. - Томск: ТПУ, 1997. - с.18-21.
7. Силин С.С. Метод подбора при резани металлов / С.С. Силин – М.: Машиностроение, 1979.- 152 с.
8. Zorev N.N. Untersuchung der Kintakt-spannungen auf den Arbeits-flachen des Werkzeugs miteiner Schneidenabrundung / Zorev N.N., Uteshev M.H. – Berichte der Internationalen Forschungsgemein-schaft fur mechanische produktionstechnik Vol. 20-1 Schweiz, 1971.
9. Shalamov V.G. Savel'ev D.A., Smetanin S.D. Producing powder by rotary grinding. Allerton Press, Inc. (New York) Volume 33, Issue 3, 2013, Pages 133-135 DOI: 10.3103/S1068798X13030167
10. Neugebauer, R., Hochmuth, C. Schmidt, G., Dix, M. Energy efficient process planning based on numerical simulations. Advanced Materials Research 2011, Volume 223, Pages 212-221, 17th CIRP Conference on Modelling of Machining Operations; Sintra; Portugal; 12 May 2011 до 13 May 2011. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.223.212.
11. Zhang, H., Fang, Z.Z., Lu, Q. Characterization of a bilayer WC-Co hardmetal using Hertzian indentation technique. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials Volume 27, Issue 2, March 2009, Pages 317-322. DOI: 10.1016/j.jrmhm.2008.07.014.
12. Артамонов Е.В., Прочность и работоспособность сменных твердосплавных пластин сборных режущих инструментов, Тюмень, Вектор Бук, 2003, 190. ISBN: 5-88465-416-2.
13. Vasilega, D.S., Shtin, A.S., Method for the determination of hard alloys' maximum performance temperature in the context of the metal-cutting tools' usage quality estimation technique.// Key Engineering Materials 737 М, с. 59-63, 2017.
14. Артамонов Е.В., Василега Д.С., Тверяков А.М., Определение температуры максимальной работоспособности твердосплавных режущих пластин на основе электрической проводимости. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Т. 80. № 9, 36-39.
15. Tveryakov, A.M., Shtin, A.S., Setup for determining the maximum temperature for increased performance longevity of replaceable cutting discs.// AIP Conference Proceedings, 1785,040088, 2016. DOI: 10.1063/1.4967145.
16. Патент РФ №172959 МПК В23В1/00. Установка для определения температуры максимальной работоспособности твердосплавных режущих пластин / Е.В. Артамонов, А.М. Тверяков, А.С. Штин - Заявка №2016130884 от 26.07.2016. Оpubл. 02.08.2017 Бюл.№22.
17. Петраков, Юрий Владимирович. Моделирование процессов резания [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 150400 - "Технологические машины и оборудование" / Ю. В. Петраков, О. И. Драчёв. - Старый Оскол : ТНТ, 2011. - 239 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-94178-274-1

УДК: 519.3:05.011.56:621.865.8

ЭНЕРГИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ОБЪЕКТА

Я.С. Стишковский, студент,

Ю.А. Чурсина, студентка,

А.И. Бохонский, проф., д-н техн. наук,

ФГАО ВО «Севастопольский государственный университет»

Ул. Университетская 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

E-mail: bohon.alex@mail.ru

Аннотация. Выполнено аналитическое конструирование одного нового типа кососимметричного оптимального управления перемещением объекта из исходного состояния покоя в конечное состояние абсолютного покоя. Сосредоточено внимание на двух характерных примерах оптимального управления движением объектов: при использовании традиционно-го критерия оптимальности в виде нормы мощности и нового критерия, который появля-

ется как результат синтеза управлений по заданному алгоритму. Путем сравнения известного оптимального управления [1] и конструируемого (с использованием реверсионного принципа оптимальности [3]) на численном примере показано, что найденное управление приводит к существенному снижению энергетических затрат на его реализацию. Найденное менее энергоемкое управление движением объектов является новым научным результатом исследований. Указаны области практического использования: в современном автоматизированном производстве; при использовании технологических процессов с участием объектов и систем конечной жесткости, например в случае монтажа нежестких крупногабаритных конструкций в состоянии невесомости [4]. Рассмотренное управление принадлежит к классу кососимметричных оптимальных, найденных и исследованных с использованием реверсионного принципа оптимальности. По сравнению с релейным управлением (типа разгон - торможение) данное управление приводит к существенной экономии энергии.

Ключевые слова: цель управления, ограничения, краевые условия, реверсионное конструирование, энергоемкость управления.

ENERGY OF OPTIMAL CONTROL OF OBJECT MOVEMENTS

Y.S. Stishkovsky, student,

Y.A. Chursina, student,

A.I. Bohonsky, Prof., Dr. Tech. sciences,

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,

Sevastopol, Russian Federation 299053

Annotation. An analytical design of a new type of skew-symmetric optimal control of moving an object from the initial state of rest to the final state of absolute rest was carried out. The focus is on two characteristic examples of optimal control of the movement of objects: using the traditional optimality criterion in the form of a power norm and a new criterion, which appears as a result of the synthesis of controls according to a given algorithm.

By comparing the known optimal control [1] and constructed (using the reverse principle of optimality [3]) using a numerical example, it was shown that the control found leads to a significant decrease in energy costs for its implementation. Found less energy-intensive control of the movement of objects is a new scientific result of research. Areas of practical use are indicated: in modern automated production; when using technological processes with the participation of objects and systems of finite rigidity, for example, in the case of installation of non-rigid large-sized structures in a state of weightlessness [4].

The considered control belongs to the class of skew-symmetric optimal ones, found and studied using the reversionary principle of optimality. Compared with relay control (such as acceleration - braking), this control leads to significant energy savings.

Keywords: control goal, restrictions, boundary conditions, reverse design, energy intensity of control.

Введение.

Достаточно простая задача оптимального управления перемещением объекта с управлением, доставляющим минимум квадратичному функционалу, решена ранее с использованием методов классического вариационного исчисления либо принципа максимума Л.С. Понтрягина [1].

Как известно, в случае уравнения движения $\frac{d^2 S_e}{dt^2} = U_e(t)$, критерия оптимальности

$J = \int_0^T U_e^2(t) dt$ и краевых условий $(S_e(0) = 0, \dot{S}_e(0) = 0, S_e(T) = L, \dot{S}_e(T) = 0)$, перемещение $S_e(t)$, скорость $V_e(t)$ и ускорение – управление $U_e(t)$ принимают вид (при $m = 1$ кг):

$$S_e := \frac{L t^2 \left(3 - \frac{2t}{T} \right)}{T^2}, \quad V_e := \frac{6 L t (T - t)}{T^3},$$

$$U_e := \frac{6 L (T - 2t)}{T^3}, \quad (1)$$

где L – максимальное перемещение; T – общее время движения. Для $L = 1$ м. и $T = 1$ с. графики $S_e(t)$, $V_e(t)$, $U_e(t)$ изображены на рис. 1.

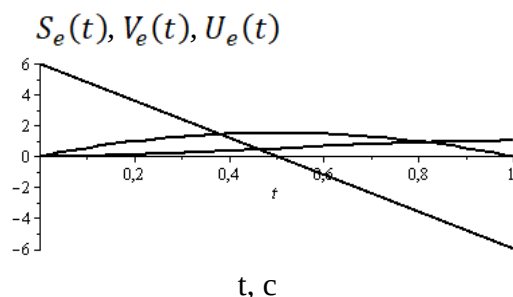


Рис. 1. Графики: перемещения, скорости и ускорения

При перемещении объекта за время T на расстояние L наступает покой. Естественно, что дальше управление необходимо отключить. Энергия, затраченная на реализацию управления (1), равна

$$W_T = 2 \int_0^{T/2} m U_e(t) V_e(t) dt = 2,25 \text{ Дж.}$$

В работах [2-4] предложен алгоритм непосредственного конструирования оптимальных управлений с использованием реверсного принципа оптимальности (РПО), т.е. по конструированной аналитической функции, отражающей проектируемые свойства оптимального движения, восстанавливается уравнение Эйлера и функционал как критерий оптимальности [3].

Целью исследований является конструирование оптимального кососимметричного управления перемещений объектов не только как абсолютно твердых тел, но и упругодеформируемых.

Аналитическое конструирование управления.

Алгоритм конструирования состоит в следующем: задание предполагаемого оптимального перемещения объекта в виде полинома; формулирование краевых условий и условий косой симметрии управления; определение констант полинома из соответствующей системы алгебраических уравнений; факторизация полинома; восстановление уравнения Эйлера как первой вариации функционала; восстановление по уравнению Эйлера функционала – критерия с оценкой его экстремума.

Предлагаемое оптимальное движение объекта задано в виде следующего полинома: $S_e(t) = \sum_{i=3}^5 C_i t^{i-1} + \sum_{i=6}^7 C_i t^i$, (2)

где C_3, C_4, C_5, C_6, C_7 – константы, которые находятся из системы алгебраических уравнений, возникающих при реализации краевых условий и условий косой симметрии управления. Принято:

$$S_e(0) = 0, \quad \dot{S}_e(0) = 0; \\ S_e(T) - L = 0; U_e(0) + U_e(T) = 0; (3)$$

$$\int_0^{T/2} U_e(t) dt + \int_{T/2}^T U_e(t) dt = 0,$$

$$U_e(T/2) = 0, \quad \frac{dU_e}{dt}(T/2) = 0.$$

Выбор степени полинома и условий косой симметрии обеспечивает существование решения системы линейных алгебраических уравнений для определения констант и приводит к корректности результата. После преобразований выражения для перемещения, скорости и ускорения в этом случае принимают вид:

$$S_e = \frac{1}{39} \frac{1}{T^7} (L t^2 (189 T^5 - 350 t T^4 + 280 t^2 T^3 - 112 t^4 T + 32 t^5))$$

$$V_e = \frac{14}{39} \frac{1}{T^7} (L t (27 T^5 - 75 t T^4 + 80 t^2 T^3 - 48 t^4 T + 16 t^5))$$

$$U_e = \frac{14}{13} \frac{1}{T} (L (9 T^2 + 4 T t - 4 t^2) (T - 2 t)^3)$$

(4)

Графики, отражающие оптимальное ($L = 1$ м., $T = 1$ с.), изображение на рис. 2.

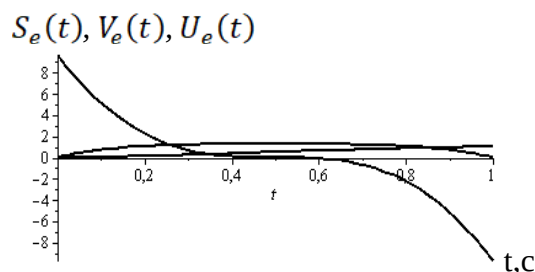


Рис. 2. Графики: перемещения, скорости и ускорения (управление).

В данном примере восстановленный функционал как критерий оптимальности

$$\int_0^T [\ddot{U}_e(t)]^2 dt = \int_0^T \left[\frac{d^4 S_e}{dt^4} \right]^2 dt = extr$$

для которого уравнение Эйлера

$$\frac{d^8 S_e}{dt^8} = 0.$$

Энергия вычисляется как:

$$W_2 = 2 \int_0^{T/2} m U_e(t) V_e(t) dt = 1,5786 \text{ Дж.}$$

Предоставляется возможность сравнить энергетические затраты на реализацию управлений

$$\Delta W^* = \frac{2,25 - 1,5786}{2,25} \cdot 100 = 29,84\%.$$

Таким образом, сконструированное управление позволяет существенно уменьшить энергию (по сравнению с традиционным управлением) при практической реализации оптимальных движений.

Оптимальное перемещение деформируемого объекта.

В абсолютном движении объекта (как абсолютно твердого тела) уравнение движения

$$m \vec{a} = \sum_{k=1}^n \vec{F}_k,$$

где $\vec{a}$ – абсолютное ускорение. В проекциях на ось неподвижной системы координат без учета сопротивления уравнение движения упругого объекта принимает вид:

$$m \left(\frac{d^2 S_e}{dt^2} + \frac{d^2 x_r}{dt^2} \right) = -c x_r,$$

где m – сосредоточенная масса (для упрощения принято $m = 1 \text{ кг}$); c – коэффициент жесткости упругой связи. Динамика относительного движения (колебания упругого объекта) в проекции на движущуюся поступательно ось описывается дифференциальным уравнением

$$\frac{d^2 x_r}{dt^2} = -k^2 x_r - U_e(t),$$

где $k^2 = c/m$. С учетом приведенных выше уравнений только переносное движение описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{d^2 S_e}{dt^2} = U_e(t),$$

где $U_e(t)$ – ускорение переносного движения. Время движения упругого объекта выбирается из числа общих корней моментных соотношений. Моментные соотношения, означающие состояние относительного покоя ($t = T$), $x_r(T) = 0$, $V_r(T) = 0$, представляют собой систему трансцендентных уравнений со множеством общих корней – значений параметра T . При известной частоте собственных колебаний объекта k из этого множества общих корней системы выбирается приемлемый, который, например, при заданном типе привода позволяет физически реализовать движение. Сочетание переносного и относительного покоя означает достижение абсолютного покоя.

Заключение.

Предложенное и исследованное управление может быть использовано в автоматизированном сборочном производстве с использованием упругих элементов конечной жесткости, в современных мехатронных модулях и манипуляторах, во многих других областях современной техники, в которых характерны управляемые движения типа «разгон-торможение». В работах [3-4] рассмотрен широкий круг задач оптимальных переносных движений сложных упругих систем с применением различных типов оптимальных управлений.

Список литературы:

1. Теория автоматического управления. ч. 2. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления. Под ред. А.А. Воронова. – М.: Высшая школа, 1997. – 288с.
2. Бохонский А.И. Энергоемкость управления перемещением объектов. Фундаментальные основы механики: Материалы междунар. научно-практ. конференции. – Новокузнец, НИЦ МС, 2017. – №2. – С. 38-41.
3. Бохонский А.И. Реверсионный принцип оптимальности/под общ. ред. А.И. Бохонского. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М., 2016. – 174с.
4. Bohonsky A/ Modeling and analysis of elastic system in motion/A.I/ Bokhonsky, SI Zolkiewski, Gliwice: Wydawnictwo politechniki, 2011. – 171p.

УДК 621.9.08

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

М.М. Никитин, аспирант,
А.В. Неменко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: valesan@list.ru

Аннотация. При выполнении работ на металлорежущих станках существует вероятность получения неустраняемых дефектов обрабатываемой заготовки, связанных со снятием материала, большим величины припуска. Такой исход обработки переводит заготовку в брак, что приводит к экономическим убыткам при серийном производстве. В статье рассмотрена задача оценки вероятностей благоприятного и неблагоприятного исходов обработки заготовки на металлорежущем станке по временным рядам её обобщённого показателя качества, полученным в процессе обработки. В качестве обобщенного показателя качества могут быть использованы характеристики поверхности заготовки, подлежащие непосредственному измерению, либо некоторые функции от них. Процесс изменения во времени обобщенного показателя качества представлен как случайное блуждание с двумя поглощающими уровнями. Для его количественного описания применяется аппарат марковских процессов дискретного времени с непрерывным фазовым пространством состояний. Результатом исследования являются практически применимые формулы, позволяющие оценить выход годных изделий для технологического процесса при условии задания характеризующих его функций распределения вероятностей. Применение полученных формул при многостадийной обработке резанием позволяет прервать процесс при его неблагоприятном течении и возобновить его с изменением режима, повышая, таким образом, выход годных изделий за счет снижения вероятности необратимо испортить заготовку вследствие снижения её толщины менее допустимой по технологическим условиям.

Ключевые слова: управление качеством, обработка металлов резанием, выход годных изделий, марковский процесс

PRODUCT QUALITY MANAGEMENT IN MACHINING OF METALS BY CUTTING

Michael M. Nikitin, post-graduate student
Alexandra V.Nemenko, Ph.D. in Tech. Science,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: When working on metal-cutting machines there is a probability of obtaining unrecoverable defects of the workpiece processed, the bound to material removal, larger allowance sizes. Such result of machining spoils the workpiece that leads to economic losses by mass production. The paper considers the problem of estimating the probabilities of favorable and unfavorable outcomes of processing a workpiece on a cutting machine according to the time series of its generalized quality indicator obtained during processing. As a generalized quality indicator, the surface characteristics of the workpiece, which can be directly measured, or some functions of them can be used. The process of change over time of the generalized quality indicator is presented as a random walk with two absorbing levels. For its quantitative description, an apparatus of Markov processes of discrete time with a continuous phase space of states is used. The result of the research is practically applicable formulas that allow one to estimate the yield of products for a technological process, provided that the probability distribution functions characterizing it are given. The application of the obtained formulas during multi-stage machining allows you to interrupt the process when it is unfavorable and resume it with a change in mode, thus increasing the yield of usable products by reduc-

ing the likelihood of irreversibly spoil the workpiece due to a reduction in its thickness less than acceptable by process conditions.

Keywords: quality management, metal cutting, yield of products, Markov process

При выполнении работ на металлорежущих станках существует вероятность получения неустраняемых дефектов обрабатываемой заготовки, связанных со снятием материала, большим величины припуска. Такой исход обработки переводит заготовку в брак, что приводит к экономическим убыткам при серийном производстве.

Для предотвращения явления при многостадийной обработке требуется дать оценку вероятностей благоприятного и неблагоприятного исходов обработки.

В процессе изготовления охарактеризуем заготовку обобщенным показателем качества, который является функцией фактических свойств материала, механического и термического режимов обработки и других факторов. Этот показатель определяет соответствие обрабатываемой заготовки параметрам готовой детали на текущей стадии технологического процесса и возможность превращения её в деталь при дальнейшем соблюдении процесса.

Поставим следующую задачу. В текущий момент времени известно значение показателя качества q . Известна зависимость во времени показателя качества от некоторого момента в прошлом до текущего момента. Заданы два значения, при которых обработка должна быть прекращена: верхнее (деталь считается изготовленной) и нижнее (заготовка испорчена). Требуется определить вероятности того, что технологический процесс закончится при пересечении функцией $q(t)$ каждого из этих значений.

Будем рассматривать равные отрезки изменения времени, расположенные последовательно. Каждому отрезку i сопоставим характерные значения показателя качества q : q_{ni} – значение на момент начала отрезка, q_{maxi} – максимальное значение показателя в пределах отрезка, q_{mini} – минимальное значение показателя. Обозначим разность верхнего предельного значения и начального значения для отрезка времени, с которого начинается прогнозирование через x , разность начального значения и нижнего пре-

дельного значения через y . Осуществим нормировку, вычитая q_{ni} из всех величин, относящихся к текущему интервалу. Рассмотрим полученные разности $q_{maxi} - q_{ni}$, $q_{mini} - q_{ni}$, $q_{ni+1} - q_{ni}$ как непрерывные случайные величины с распределениями $F(t) = P(q_{maxi} - q_{ni} < t)$, $G(t) = P(q_{ni} - q_{mini} < t)$, $V(t) = P(q_{ni} - q_{ni+1} < t)$. Считаем, что существуют конечные плотности

$$f(t) = dF(t)/dt, g(t) = dG(t)/dt, \\ v(t) = dV(t)/dt.$$

В пределах начального отрезка времени возможны следующие события: C_1 – показатель качества превысил верхний уровень (деталь изготовлена), C_2 – показатель качества оказался меньше нижнего уровня (заготовка испорчена), C_3 – показатель качества в течение всего отрезка находился между уровнями (процесс обработки не завершен и переносится на следующий отрезок времени). Обозначим события пересечения показателем качества верхнего и нижнего уровней через A и B соответственно. С учетом сделанных обозначений, их вероятности равны

$$P(A) = \int_x^\infty f(t) dt, \quad (1)$$

$$P(B) = \int_y^\infty g(t) dt. \quad (2)$$

Рассматривая произведение двух событий (прямого или обратного), при условии принадлежности прямых событий множеству $\{A, B\}$ получим четыре возможных сочетания $A \cdot B$, $A \cdot \bar{B}$, $\bar{A} \cdot B$, $\bar{A} \cdot \bar{B}$.

Запишем вероятности наступления событий, которыми может завершиться начальный отрезок времени:

$$P(C_1) = P(A \cdot \bar{B}) + P(t_A < t_B | A \cdot B), \quad (3)$$

$$P(C_2) = P(\bar{A} \cdot B) + P(t_A > t_B | A \cdot B), \quad (4)$$

$$P(C_3) = P(\bar{A} \cdot \bar{B}), \quad (5)$$

где t_A – время первого появления события A в пределах отрезка, с, t_B – то же для события B , с.

Считая события $A, B, \bar{A}, \bar{B}$ и $\bar{A}, \bar{B}$ попарно независимыми, получим формулы для вероятностей, входящих в правые части (3 – 5):

$$P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B) = \int_x^\infty f(t)dt \int_y^\infty g(t)dt, \quad (6)$$

$$P(A \cdot \bar{B}) = P(A) \cdot P(\bar{B}) = \int_x^\infty f(t)dt \int_0^y g(t)dt, \quad (7)$$

$$P(\bar{A} \cdot B) = P(\bar{A}) \cdot P(B) = \int_0^x f(t)dt \int_y^\infty g(t)dt, \quad (8)$$

$$P(\bar{A} \cdot \bar{B}) = P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B}) = \int_0^x f(t)dt \int_0^y g(t)dt. \quad (9)$$

Примем допущение, что вероятности первого контакта графика показателя качества с верхним или нижним уровнем при условии контакта с двумя из них относятся как вероятности контакта с каждым из них в отдельности:

$$\frac{P(t_A < t_B | A \cdot B)}{P(t_A > t_B | A \cdot B)} = \frac{P(A)}{P(B)}. \quad (10)$$

Учитывая, что

$$P(t_A > t_B | A \cdot B) + P(t_A < t_B | A \cdot B) = P(A) \cdot P(B), \quad (11)$$

получим формулы для каждой из этих вероятностей

$$P(t_A < t_B | A \cdot B) = \frac{P^2(A) \cdot P(B)}{P(A) + P(B)}, \quad (12)$$

$$P(t_A > t_B | A \cdot B) = \frac{P^2(B) \cdot P(A)}{P(A) + P(B)}, \quad (13)$$

Учитывая (3), (6), (7) и (12), получим вероятность контакта с верхним уровнем в течение начального отрезка времени

$$P(C_1) = P_{0x}(x, y) = \int_x^\infty f(t)dt \int_0^y g(t)dt + \frac{\left(\int_x^\infty f(t)dt \right)^2 \cdot \int_y^\infty g(t)dt}{\int_x^\infty f(t)dt + \int_y^\infty g(t)dt}. \quad (14)$$

Из формул (4), (6), (8) и (13) получим аналогичное выражение для вероятности контакта с нижним уровнем

$$P(C_2) = P_{0y}(x, y) = \int_0^x f(t)dt \int_y^\infty g(t)dt + \frac{\left(\int_0^x f(t)dt \right)^2 \cdot \int_y^\infty g(t)dt}{\int_0^x f(t)dt + \int_y^\infty g(t)dt}. \quad (15)$$

Вероятность переноса обработки на следующий временной отрезок получим с помощью соотношений (5) и (9):

$$P(C_3) = r_0(x, y) = \int_0^x f(t)dt \int_0^y g(t)dt. \quad (16)$$

Перейдя к следующему временному отрезку, примем во внимание, что сумма вероятностей всех возможных исходов для него должна совпасть с (16). Кроме того, добавляются ещё два возможных исхода: непосредственное попадание показателя качества за верхний или за нижний уровень в первый же момент времени нового отрезка. Применив формулу полной вероятности, запишем условие нормировки для вероятностей исходов при условии, что на первом временном отрезке не произошел контакт ни с одним из уровней:

$$P\{q_{n1} > x\} + \int_{-y}^x P_{0x}(x-a, y+a)dV(a) + P\{q_{n1} < -y\} + \int_{-y}^x P_{0y}(x-a, y+a)dV(a) + \quad (17)$$

$$\int_{-y}^x r_0(x-a, y+a)dV(a) = 1$$

Учитывая эти обстоятельства и руководствуясь соображениями, сходными с выводом (14 – 16), , получим

$$P_{1x}(x, y) = r_0(x, y) \cdot \left(\int_x^\infty v(t)dt + \int_{-y}^x v(a) \cdot P_{0x}(x-a, y+a)da \right), \quad (18)$$

$$P_{1y}(x, y) = r_0(x, y) \cdot \left(\int_{-y}^x v(t)dt + \int_{-y}^x v(a) \cdot P_{0y}(x-a, y+a)da \right), \quad (19)$$

$$r_1(x, y) = r_0(x, y) \cdot \int_{-y}^x v(a) \cdot r_0(x-a, y+a) da. \quad (20)$$

Для второго отрезка (нумерация от нуля) получим

$$P_{2x}(x, y) = r_1(x, y) \cdot \left(\int_x^\infty v(t) dt + \int_{-y}^x v(a) \cdot P_{1x}(x-a, y+a) da \right), \quad (21)$$

$$P_{2y}(x, y) = r_1(x, y) \cdot \left(\int_{-\infty}^{-y} v(t) dt + \int_{-y}^x v(a) \cdot P_{1y}(x-a, y+a) da \right), \quad (22)$$

$$r_2(x, y) = r_1(x, y) \cdot \int_{-y}^x v(a) \cdot r_0(x-a, y+a) da = \\ = r_0(x, y) \cdot \left(\int_{-y}^x v(a) \cdot r_0(x-a, y+a) da \right)^2. \quad (23)$$

Обобщая результаты, используя формулу суммы вероятностей и суммируя образующую прогрессию, получим искомые вероятности достижения каждого из уровней показателем качества за неограниченное количество временных отрезков

$$P_x(x, y) = P_{0x}(x, y) + r_0(x, y) \cdot \\ \cdot \left(\int_x^\infty v(t) dt + \int_{-y}^x v(a) \cdot P_{0x}(x-a, y+a) da \right) / \\ / \left(1 - \int_{-y}^x v(a) \cdot r_0(x-a, y+a) da \right) \quad (24)$$

$$P_y(x, y) = P_{0y}(x, y) + r_0(x, y) \cdot$$

$$\cdot \left(\int_{-\infty}^{-y} v(t) dt + \int_{-y}^x v(a) \cdot P_{0y}(x-a, y+a) da \right) / \\ / \left(1 - \int_{-y}^x v(a) \cdot r_0(x-a, y+a) da \right) \quad (25)$$

где $P_{0x}(x, y), P_{0y}(x, y), P_{1x}(x, y), r_0(x, y)$ определяются с помощью формул (14 – 16).

Выводы

В настоящей работе были получены формулы (24 – 25), позволяющие вычислить вероятность успешного и неудачного завершения процесса обработки заготовки на металлорежущем станке по критерию остаточных дефектов. Формулы (24 – 25) рассматривают дефекты с непрерывной количественной характеристикой (длина царапин, площадь поверхностных дефектов, суммарные характеристики геометрических отклонений). Применение формул при многостадийной обработке резанием позволяет прервать процесс при его неблагоприятном течении и возобновить его с изменением режима (например, уменьшение подачи резца, увеличение количества смазочно-охлаждающей жидкости), повышая таким образом выход годных изделий за счет снижения вероятности необратимо испортить заготовку вследствие снижения её толщины менее допустимой по технологическим условиям.

Список литературы:

1. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ.ред. А.А. Панова -М.: Машиностроение, 2004. -784 с.
2. Ren, H. Mechanics of Machining With Chamfered Tools/H. Ren, Y. Altintas//J. Manuf. Sci. Eng 122(4), (Dec 1999), p.650-659.
3. Altintas Y. Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design./Y. Altintas -CambridgeUniversityPress, 2012-364 p.
4. Неменко А.В. Оценка разрушения детали с усталостной трещиной/А.В. Неменко, М.М. Никитин// Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2016. № 3 (317). С. 34-39.
5. Неменко А.В. Предотвращение перегрева при обработке металлов резанием/А.В. неменко, М.М. Никитин// Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. № 4-1 (330). С. 52-57.
6. Grabski, F. Semi-Markov Processes: Applications in System Reliability and Maintenance /F. Grabski - Elsevier Science, Amsterdam, 2014 – 270 p .
7. Ширяев А.Н. Вероятность. 4-е изд., перераб. и доп. В 2-х т. Том 1. - М.: 2007. — 552 с. .

РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 519.6: 656.13

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕКРЕСТКА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Е.А. Тернова, студентка,
С.В. Огрызков,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: alenatrnv@gmail.com

ogrizkov@sevsu.ru

Аннотация: Рассмотрен метод адаптивного управления светофорами на перекрестке, использующий обратную связь по параметрам выходного потока, позволяющий снизить образование очередей на выезде из перекрестка при координированном управлении совместных светофорных объектов. Анализ литературы посвященной адаптивному управлению светофорного регулирования показал, что предлагаемые алгоритмы учитывают только входной поток транспорта и не учитывают ситуацию на выходе их перекрестка. Цель исследования – разработать алгоритм адаптивного управления, который дополнительно будет анализировать ситуацию на выходе из перекрестка. В предложенном методе информация о выходном потоке рассчитывается на основании данных с проездных транспортных детекторов и датчиков полного присутствия, например индуктивной рамки требуемой длины. Предложенный алгоритм может применяться как дополнительный режим к любому адаптивному алгоритму, в котором управление осуществляется с целью оптимизации параметров входного потока. Рассматриваемый в статье алгоритм позволяет изменять длительность зеленого сигнала светофора, а так же полностью останавливать движение через перекресток при возникновении предзаторного состояния. Предзаторное состояние предлагается определять по анализу уровня сигнала, выдаваемого индуктивной рамкой и проездных транспортных детекторов. Дальнейшее исследование будет направлено на моделирование работы предложенного алгоритма управления светофорами.

Ключевые слова: транспортный поток, управление транспортными потоками, адаптивное управление, транспортная сеть, перекресток, светофор, дорожный затор, очередь.

ADAPTIVE ALGORITHM FOR THE TRAFFIC SIGNALIZATION OF THE INTERSECTION WITH FEEDBACK

E.A. Ternova, student,
S.V. Ogryzkov,

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The method of adaptive control of traffic lights at the intersection, using feedback on the parameters of the output flow, allowing to reduce the formation of queues at the exit of the intersection with coordinated management of joint traffic lights is considered. The analysis of the literature devoted to the adaptive control of traffic lights showed that the proposed algorithms take into account only the input traffic flow and do not take into account the situation at the exit of their intersection. The aim of the study is to develop an algorithm of adaptive control, which will further analyze the situation at the exit of the intersection. In the proposed method, information on the output flow is calculated on the basis of data from travel transport detectors and full presence sensors, for example, the inductive frame of the required length. The proposed algorithm can be applied as an additional mode to any adaptive algorithm in which the control is carried out in order to optimize

the parameters of the input stream. The algorithm considered in the article allows to change the duration of the green signal of the traffic light, as well as to completely stop the movement through the intersection with the emergence of the pre jam state. It is proposed to determine the predictive state by analyzing the level of the signal issued by the inductive frame and travel transport detectors. Further research will be aimed at modeling the proposed traffic light control algorithm.

Keywords: *traffic flow, control of traffic flows, adaptive control, transport network, intersection, traffic light, traffic jam, queue.*

Увеличивающаяся автомобилизация городов и отсутствие возможности оперативно модернизировать городскую транспортную сеть приводят к превышению потока транспортных средств пропускной способности городских дорог. Это приводит к образованию заторов и очередей в узловых пунктах улично-дорожной сети. Одним из способов уменьшения заторов и очередей являются правильная настройка светофорного регулирования, координированное управление совместных светофорных объектов [1].

Управление светофорными циклами может быть: жестким (постоянным по времени независимо от интенсивности движения) и адаптивным (программы зависят от интенсивности движения, используются транспортные детекторы) [1].

В работах [1 - 4] рассмотрены адаптивные алгоритмы светофорного регулирования транспортных потоков имеющие обратную связь с транспортным потоком.

В рассмотренных алгоритмах регулирование потоков осуществляется с целью оптимизации входного потока. Параметрами оптимизации могут быть время ожидания, длина очереди, количество автомобилей, не проехавших через светофор и т.д.

Обратная связь в этих алгоритмах применяется для учета параметров транспортного потока на выходе после светофора. Например, путем подсчета количества автомобилей проезжающих через светофор на разрешающий сигнал. В таком случае детекторы, считывают номерные знаки автомобилей находящихся в очереди перед светофором и записывают их в память контроллера управления, затем считываются номерные знаки автомобилей, проехавших через светофор и удаляются из списка очереди [2].

Детекторы, предназначенные для обнаружения транспортных средств и определения параметров транспортных потоков,

должны обеспечивать выполнение следующих функций [5]:

1. Обнаружение подвижных и неподвижных транспортных средств в контролируемой зоне;

2. Определение общего количества транспортных средств, прошедших по каждой полосе движения за заданный период наблюдения;

3. Вычисление средней скорости движения транспортных средств по полосе в заданный период времени.

На практике встречаются ситуации, когда перекрестки расположены рядом друг с другом и поток, проехавший через светофор на одном перекрестке, тут же создает очередь на следующем перекрестке, причем эта очередь может мешать проезжать предыдущий перекресток. Примером таких перекрестков могут служить перекрестки ул. Тараса Шевченко и Фиолентовского шоссе, Столетовского проспекта и Фиолентовского шоссе, Фиолентовского шоссе и ул. Вакуленчука в г. Севастополе (рис. 1).

Введение светофорного регулирования на данных перекрестках привело к значительным очередям в часы пик по сравнению с нерегулируемым движением на рассматриваемом участке.

Разрабатываемый алгоритм может использоваться как дополнительный режим к рассмотренным работам [1-4] алгоритмам. Он будет включаться, когда детектор транспорта, установленный на выходе из перекрестка, зафиксирует очередь, мешающую движению транспорта через перекресток.



Рис.1. Перекрестки ул. Тараса Шевченко и Столетовского проспекта с Фиолентовским шоссе в г. Севастополе

Рассмотрим схему Т-образного перекрестка (рис. 2) с детекторами транспорта на выходе из перекрестка. Детекторы транспорта для определения параметров транспортных потоков на входе в перекресток условно не показаны.

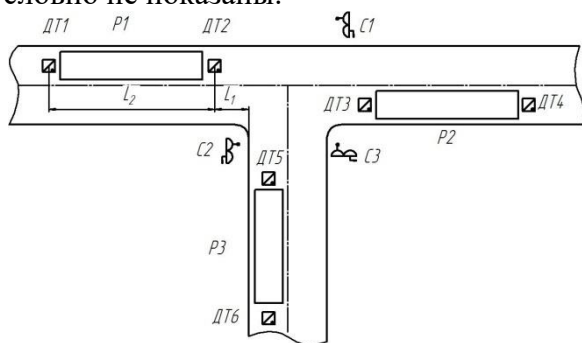


Рис. 2. Схема Т-образного перекрестка: ДТ – детектор транспорта, Р – рамка индуктивная; С – светофор

Детекторы транспорта ДТ – проходные детекторы, выдают сигнал при прохождении через них транспортного средства. Индуктивные рамки Р – датчики полного присутствия, уровень их сигнала зависит от количества автомобилей находящихся в зоне их действия [1].

Расстояние L_1 (рис. 2) выбирается таким образом, чтобы автомобиль выехавший на желтый сигнал светофора на перекресток успел закончить маневр и попасть в зону действия детектора ДТ2 до включения красного сигнала светофора.

Расстояние между детекторами ДТ1 и ДТ2 и длина рамки Р1 L_2 (рис. 2) выбираются таким образом, чтобы на этом участке поместились автомобили проезжающие перекресток при минимальной длительности разрешающего сигнала светофора.

Для определения наличия очереди на контролируемом участке рассчитывается его занятость Q . Определение занятости сводится к измерению времени проезда зоны действия транспортного детектора [1]:

$$Q = \frac{1}{T} e_1^n t_i 100 = \frac{1}{T} e_1^n \frac{l_i}{u_i} 100$$

где T – период измерения, с; t_i – время проезда i -го автомобиля мерной базы; l_i – длина i -го автомобиля; u_i – скорость i -го автомобиля.

В зависимости от величины Q длительность разрешающего сигнала светофора будет изменяться от максимальной до минимальной.

При обнаружении детектором ДТ3 транспортного средства и наличии сигнала с рамки Р2 зеленая стрелка дополнительной секции светофора С3 не будет включаться.

При обнаружении детектором ДТ2 транспортного средства и наличии сигнала с рамки Р1 зеленый сигнал основной секции светофора С3 не будет включаться.

Наличие затора может быть определено следующими образом:

1. По показаниям детекторов скорость транспортных средств в потоке не превышает заданной в течении определенного времени;

2. В случае расположения детекторов показанном на рис. 2 – индуктивная рамка выдает сигнал с уровнем близким к максимальному, сигнал с проходных детекторов не меняется в течение заданного времени.

Длительность включения зеленого сигнала светофора T_3 в каждом цикле будет определяться по результатам показаний детекторов из предыдущего цикла следующим выражением

$$T_3 = \begin{cases} T_{3\max}, & \text{при } Q \leq Q_{\min}; \\ \frac{Q}{Q_{\max}} T_{3\max}, & \text{при } Q_{\min} < Q \leq Q_{\max}; \\ T_{3\min}, & \text{при } Q > Q_{\max}; \\ T_3 = 0, & \text{при } Q = 0. \end{cases}$$

где $T_{3\max}$, $T_{3\min}$ – максимальная и минимальная длительность включения зеленого сигнала; $Q_{\max}$, $Q_{\min}$ – максимальная и минимальная.

Список литературы:

1. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: НКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.
2. Кретов, А.Ю. Обзор некоторых адаптивных алгоритмов светофорного регулирования перекрестков // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. №7-2. [Электронный ресурс] – URL :<https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-nekotoryh-adaptivnyh-algoritmov-svetoornogo-regulirovaniya-perekrestkov>(дата обращения: 26.02.2019).
3. Тарасов, О.В., Корнилов, С.Н. Оптимизация режимов работы объектов светофорного регулирования методами нечеткой логики // СПТКР. 2012. №2. [Электронный ресурс] – URL :<https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-rezhimov-raboty-obektov-svetoornogo-regulirovaniya-metodami-nechetkoy-logiki>(дата обращения: 26.02.2019).
4. Ахмадинуров, М. М. Оптимизация светофорного регулирования с помощью программы моделирования транспортных потоков // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2010. №22 (198). [Электронный ресурс] – URL :<https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-svetoornogo-regulirovaniya-s-pomoschyu-programmy-modelirovaniya-transportnyh-potokov>(дата обращения: 26.02.2019).
5. ОДМ 218.6.003-2011 Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200098292> (дата обращения: 26.02.2019).

Минимальные и максимальные значения этих параметров определяются экспериментальным путем и записываются в управляющую программу контроллера.

При изменении времени включения зеленого сигнала также будет изменяться время включения красного сигнала, так чтобы длительность цикла регулирования оставалась постоянной.

При возникновении затора и перехода светофора в режим, при котором $T_3 = 0$, а красный сигнал горит до тех пор, пока выполняются условия, свидетельствующие о возникновении затора.

Дальнейшее исследование будет направлено на моделирование работы предложенного алгоритма управления светофорами.

УДК 538.446

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АВТОБУСОВ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДВЕСКИ

Д.А. Побокков, студент,
А.Г. Остренко, ст. преподаватель, ,
А.О. Харченко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Российская Федерация e-mail: pobokovdima@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается процесс совершенствования конструкции автомобильной подвески, основным элементом которой считается амортизатор. Известные конструкции подвесок и гидравлических амортизаторов имеют ряд существенных недостатков. На основе метода морфологического анализа и последующего синтеза созданы варианты элементов подвески, выполнен расчет надежности. Для оценки надежности автомобилей рекомендуется применять вероятностные методы, одним из наиболее приемлемых для описания функционирования автомобильных систем выбран математический аппарат однородных цепей Маркова. Построен размеченный граф состояний пневматической подвески передних колес автобуса ЛиАЗ-5293. Получены результаты расчетов надежности элементов подвески по данным Севастопольского автотранспортного предприятия. Повышение надежности амортизатора связано с необходимостью конструктивных усовершенствований, которым должен предшествовать тщательный анализ и параметрический синтез. Синтезировано новое устройство, повышающее надежность, стабильность хода амортизатора, комфортность и устойчивость автомобиля независимо от нагрузки и сложности дорожных условий. Описан принцип работы полученного гидравлического амортизатора с плавающим цилиндром.

Эксплуатационная надёжность амортизаторов существенно возрастает, так как исключаются пробои подвески на дорогах с неровным покрытием при экстремальных ходах поршня. Исследования показывают, что проведенные модернизация и совершенствование, направленные на повышение эксплуатационных свойств, позволяют увеличить надежность как элементов, так и подвески транспортного средства в целом.

Ключевые слова: автомобильная подвеска, гидравлический амортизатор, вероятность безотказной работы, уравнения финальных вероятностей, надежность.

IMPROVEMENT OF OPERATIONAL PROPERTIES OF DOMESTIC BUSES BY IMPROVING THE SUSPENSION SYSTEM

D. A. Pobokov, student,
A.G. Ostrenko, senior teacher,
A. O. Kharchenko, cand. sc. Tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: This article discusses the process of improving the design of the automotive suspension, the main element of which is considered a shock absorber. Known designs of suspensions and hydraulic shock absorbers have a number of significant drawbacks. On the basis of the method of morphological analysis and subsequent synthesis, variants of the suspension elements are created, the reliability is calculated. To assess the reliability of automobiles, it is recommended to apply probabilistic methods, one of the most appropriate for describing the functioning of automobile systems is the mathematical apparatus of homogeneous Markov chains. A marked graph of the states of the pneumatic suspension of the front wheels of the bus LiAZ-5293 was built. The results of calculations of the reliability of the suspension elements according to the data of the Sevastopol road transport enterprise are obtained. Improving the reliability of the shock absorber is associated with

the need for structural improvements, which must be preceded by thorough analysis and parametric synthesis. A new device has been synthesized, increasing the reliability, stability of the shock absorber stroke, comfort and stability of the vehicle, regardless of the load and complexity of the road conditions. The principle of operation of the resulting hydraulic shock absorber with a floating cylinder is described. The operational reliability of shock absorbers increases significantly, since suspension breakdowns on uneven-coated roads with extreme piston strokes are excluded. Studies show that the modernization and improvement carried out, aimed at improving the performance properties, can increase the reliability of both the elements and the suspension of the vehicle as a whole.

Keywords: car suspension, hydraulic shock absorber, probability of failure-free operation, equations of final probabilities, reliability.

Одной из важнейших задач снижения аварийности, улучшения управляемости и комфортности при движении транспортных средств является совершенствование конструкций автомобильной подвески, основным элементом которой считается амортизатор. Известные конструкции подвесок и гидравлических амортизаторов имеют ряд существенных недостатков [1].

Для оценки надежности автомобилей широко применяются вероятностные методы. Одним из наиболее приемлемых при описании функционирования автомобильных систем является математический аппарат однородных цепей Маркова. В этом случае проводится построение графа состояний системы автомобиля с учетом отказов его элементов [1]. Вероятности $P_0 \dots P_n$ нахождения систем автомобиля в каждом из n состояний определяются из совокупности уравнений финальных вероятностей. Рассмотрим размеченный граф состояний пневматической подвески передних колес автобуса ЛиАЗ-5293 (рис. 1).

Автобус оборудован зависимыми пневматическими подвесками с телескопическими амортизаторами «по кругу»: на передней оси – на двух упругих элементах с одним регулятором положения кузова, в задней части – на четырех упругих элементах с двумя регуляторами состояния кузова.

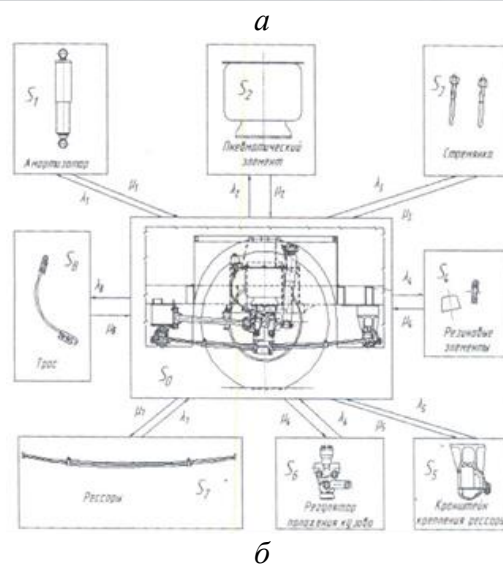


Рис. 1. Общий вид автобуса ЛиАЗ-5293 и размеченный граф состояний подвески его управляемых колес с учетом отказов функционирования

Подвеска может находиться в исправном состоянии – S_0 , а также в состояниях, вызванных отказами его элементов: S_1 – ремонт амортизатора; S_2 – ремонт пневматического элемента; S_3 – ремонт стремянки; S_4 – ремонт резиновых элементов; S_5 – ре-

монтаж кронштейна крепления рессоры; S_6 – ремонт регулятора положения кузова; S_7 – ремонт рессоры; S_8 – ремонт троса.

Интенсивность потоков отказов определяется по формуле:

$$\lambda_i = \frac{1}{\bar{T}_i},$$

где $\bar{T}_i$ – среднее время между отказами i -го элемента.

В качестве наработки подвески автомобиля до отказа принимается средний пробег L_i автомобиля до отказа соответствующего i -го элемента, который затем пересчитывается через среднюю скорость V_{cp} при эксплуатации автомобиля в среднее время $\bar{T}_i$ между отказами соответствующей системы:

$$\bar{T}_i = \frac{\bar{L}_i}{V_{cp}}.$$

Интенсивность потоков восстановления определяется по формуле:

$$\mu_i = \frac{1}{\bar{T}_{vi}},$$

где $\bar{T}_{vi}$ – среднее время ремонта (замены, восстановления) вышедших из строя узлов и деталей системы.

Полученные интенсивности потоков отказов λ_i и потоков восстановления μ_i подставляют в уравнения финальных вероятностей и подсчитывают вероятность безотказной работы P_0 подвески, а также вероятность соответствующих отказов ее элементов $P_1, \dots, P_8$.

Результаты расчетов надежности элементов подвески по данным Севастопольского автотранспортного предприятия представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчетов надежности пневматической подвески автобуса и отказов ее элементов

Показатель надежности	Условное обозначение	Величина
Вероятность безотказной работы подвески	P_0	0,9832
амортизатор	P_1	0,0035
пневмобаллон	P_2	0,0036
стремлянка	P_3	0,0011
резиновые элементы	P_4	0,0031
кронштейн	P_5	0,0022
регулятор положения кузова	P_6	0,0016
рессоры	P_7	0,0014
трос	P_8	0,0003

Проведенные исследования позволили оценить систему подвески автобуса ЛиАЗ-5293 как достаточно надежную ($P_0=0,9832$, т.е. 98%), при этом выявлены наиболее влияющие на общую надежность элементы. Это в первую очередь – пневмобаллон ($P_2=0,0036$), амортизатор ($P_1=0,0035$) и резиновые элементы ($P_4=0,0031$).

Повышение надежности амортизатора связано с необходимостью конструктивных усовершенствований, которым должен предшествовать тщательный анализ и параметрический синтез.

Известные методы проектирования технических систем [2, 3] основаны на использовании различных подходов к их анализу и синтезу с целью получения рациональных вариантов новых технических решений. Одним из наиболее эффективных и широко применяемых для технических объектов является метод морфологического анализа, который направлен на последовательный перебор всех возможных вариантов решения технических задач [4].

Целью создания нового устройства является повышение стабильности «мягкого хода» амортизатора, комфортности и устойчивости автомобиля независимо от нагрузки и сложности дорожных условий.

Синтезированный амортизатор (рис. 2) содержит рабочий цилиндр и внешний резервуар для рабочей жидкости, поршень со

штоком, перепускным клапаном и клапаном отдачи.

Между полостью рабочего цилиндра и цилиндрической поверхностью поршня установлен с возможностью осевого перемещения плавающий цилиндр, внутренняя поверхность которого содержит выполненные равномерно по окружности радиальные продольные сквозные канавки. В верхней и нижней частях указанного плавающего цилиндра выполнены упоры с возможностью взаимодействия соответственно с верхней и нижней торцевыми поверхностями поршня.

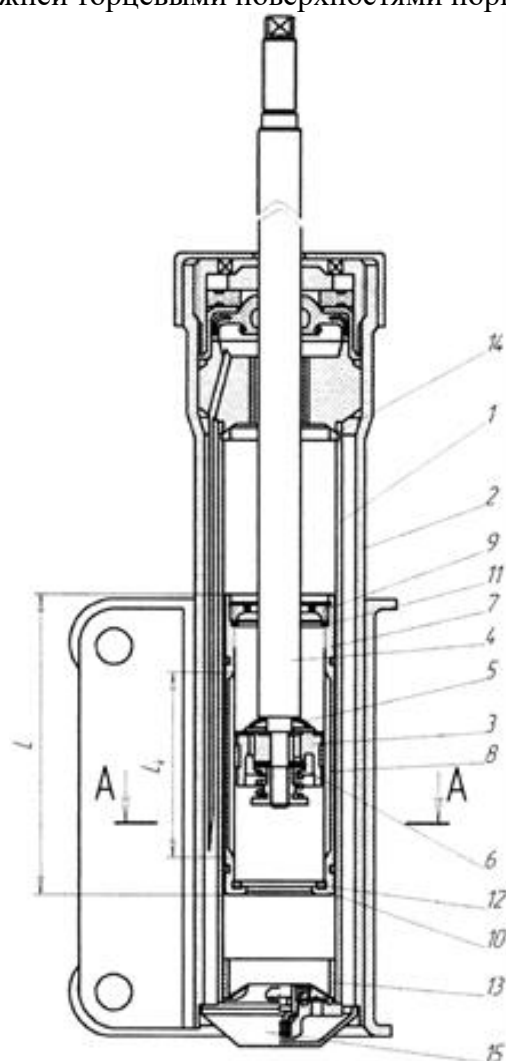


Рис. 2. Амортизатор с плавающим цилиндром (патент RU 172850)

При движении автомобиля по нормальной дороге без дефектов покрытия и выражей поршень 3 со штоком 4 совершает колебательные движения в зоне L_k радиальных продольных сквозных канавок 8 плавающего цилиндра 7, соответствующей «мягкому ходу» амортизатора и обеспечивающей

комфортную езду. Плавающий цилиндр 7 при этом самоустанавливается относительно рабочего цилиндра 1 в зависимости от загрузки автомобиля. Рабочая жидкость при цикле сжатия через перепускной клапан 5 поршня 3 и радиальные продольные сквозные канавки 8 плавающего цилиндра 7 перетекает из бесштоковой в штоковую полость. Цикл отбоя происходит при движении штока 4 и поршня 3 вверх с перетеканием рабочей жидкости из штоковой в бесштоковую полость через клапан отдачи 6 поршня 3 и радиальные продольные канавки 8 плавающего цилиндра 7.

При изменении дорожных условий, например, на грейдерной или покрытой гравию дороге, при резком ходе сжатия или отбоя поршень 3 соответственно достигает упоров 10 или 9 с демпфирующими элементами 12 или 11, продолжая двигаться вниз либо вверх вместе с плавающим цилиндром 7. В этом случае рабочая жидкость перетекает только через соответствующие клапаны сжатия и перепускной 5 (при сжатии) либо клапаны впускной и отдачи 6 (при отбоях), перетекание через радиальные продольные сквозные канавки отсутствует, происходит замедление хода штока 4 до полной его остановки. При повороте автомобиля на виражах правый и левый амортизаторы работают по-разному. При крутом правом повороте поршень 3 левого амортизатора взаимодействует нижней торцевой поверхностью с упором 10 плавающего цилиндра 7, увеличивается сопротивление его усилию сжатия, а одновременно с этим поршень 3 правого амортизатора взаимодействует верхней торцевой поверхностью с упором 9 плавающего цилиндра 7, увеличивается сопротивление его усилию растяжения. Таким образом, уменьшается крен автомобиля при вхождении в поворот. Количество и размеры радиальных продольных сквозных канавок определяют параметры величин усилия сжатия и отбоя при «мягком ходе» амортизатора.

Разработанное учеными СевГУ устройство легко встраивается в известные конструкции гидравлических и гидропневматических амортизаторов отечественных и зарубежных автомобилей и автобусов, не ме-

няя их габаритов, не требуя существенных доработок базовых элементов. Эксплуатационная надёжность амортизаторов существенно возрастает, так как исключаются пробой подвески на дорогах с неровным покрытием при экстремальных ходах поршня. Улучшается управляемость автомобиля

и комфортность езды в сложных дорожных условиях и на виражах.

Исследования показывают, что модернизация и совершенствование, направленные на повышение эксплуатационных свойств, позволяют увеличить надёжность как элементов, так и подвески транспортного средства в целом.

Список литературы:

1. Charczenko A.O. On reliability of automotive vehicles / A.O. Charczenko, R. Akopjan, A. Jaworski // Engineering design and research of automotive vehicles and machines, Rzeszow, 20-23 september 2000 y. – Rzeszow, - 2000. – P.27-32
2. Долгин В.П. Надёжность технических систем: Учеб. пособие / В.П. Долгин, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2015. – 167 с.
3. Харченко А.О. Патентоведение и изобретательство: практикум / А.О. Харченко, А.Г. Карлов, А.А. Харченко, К.Н. Осипов. – М.: Центркаталог, 2018. – 112 с.
4. Патент России 172850, МПК F16F 9/48. Амортизатор с плавающим цилиндром / А.О. Харченко, А.Г. Остренко, А.А. Харченко. – Бюл. №21, 2017.

УДК 629.113

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЖЕСТКОСТИ РАМЫ КАРТА С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ГОНОЧНОЙ ТРАССЫ

В.А. Таран, студент,
Л.И. Соустова, старший преподаватель,
И.Ю. Чуйко, старший преподаватель,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: lada.1@mail.ru

Аннотация: В работе исследована динамика карта при его движении в повороте и определены силы, действующие при этом на карт. Разработана математическая модель жесткости рамы карта и проведено исследование жесткости рамы при различных параметрах. Математическая модель кинематических перемещений колеса в повороте разработана с учетом ненулевых значений углов подвески и рулевого привода. Жесткость рамы карта является индивидуальной особенностью каждой конкретной конструкции и поэтому для моделирования ее поведения была выполнена экспериментальная оценка диагональной жесткости рамы карта АКУ-83. Это позволило осуществить подбор рациональных настроек рамы для условий гоночной трассы «CrimeaGP». Применение методики исследования жесткости рамы при установке хомутов жесткости на конкретном шасси подтвердило ее возможность количественно оценить степень влияния каждого из действий на ее жесткость. Предлагаемая методика настройки карта позволяет учитывать особенности гоночных трасс, несимметричность конструкции рамы, значительно сокращая поиск оптимальных параметров в условиях каждой гонки. Результаты выбора рациональной жесткости могут быть также использованы при конструировании новых рам или модернизации существующих. Предлагаемый критерий может быть в дальнейшем использован при подборе геометрии подвески и рулевого привода карта.

Ключевые слова: карт, жесткость рамы, управляемость, шасси, хомуты жесткости, моделирование, картинговая трасса, вес на колесе, силы, действующие на карт, настройка шасси.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL KARTS FRAME RIGIDITY WITH ACCOUNTING THE CHARACTERISTICS OF RACING TRACK

V. A. Taran, student,
L.I. Soustova, senior lecturer,
I.Yu. Chuyko, senior lecturer
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: *In this work the dynamics of the kart as it moves in a turn is investigated and the forces operating on the kart are determined. A mathematical model of the karts frame rigidity is developed and the research of the frame rigidity for various parameters. The mathematical model of kinematic displacements of a wheel in turn is developed taking into account non-zero values of the angles of the suspension and the steering drive. The karts frame rigidity is an individual feature of each specific design and therefore, to simulate its behavior, an experimental evaluation of the diagonal rigidity of the frame was made for the frame AKU-83. It allowed to select rational frame settings for the conditions of the racing track "CrimeaGP". The application of the method of research the frame rigidity at installation of rigidity collars on a specific chassis confirmed its ability to quantify the degree of influence of each of the actions on its rigidity. The proposed method of setting the kart allows to take into account the characteristics of racing tracks, asymmetry of the frame design, significantly reducing the search for optimal parameters in the conditions of each race. The results of the choice of rational rigidity can also be used in the design of new frames or modernization of existing ones. The proposed criterion can be further used in the selection of the geometry of the suspension and steering gear of the kart.*

Keywords: *kart, frame rigidity, controllability, chassis, rigidity collars, the kart track, weight on the wheel, forces operating on the kart, setting of the chassis.*

По определению Технического Регламента СИК-FIA [1], шасси карта относится к главным его частям. Это основная часть карта, которая объединяет все механические составляющие и кузов, включая любые независимые части и детали. Основной функцией шасси является передача реакций трека на раму шасси через колеса.

Основным несущим элементом шасси карта является рама, которая выполнена в виде моноблока, удерживающая основные и вспомогательные его части.

Рама шасси есть центральной и несущей частью всего карта. Она должна быть достаточно прочной для того, чтобы поглощать нагрузки на карт, которые возникают во время его движения.

Большое количество настроечных параметров в конструкции карта позволяет существенно изменять его ходовые свойства в зависимости от условий трассы, но с другой стороны значительно усложняет процесс поиска оптимальных значений, делая настройку «на ощупь» практически невозможной.

В настоящее время проблема настройки шасси карта усугубляется практически полным отсутствием литературы по теории управляемости карта и выбора оптимальных значений настроечных параметров.

Моделированию поведения шасси карта посвящены работы Д. Франчука. В работе [2] исследовано изолированное влияние настроечных параметров рулевой трапеции, таких как, продольный и поперечный углы наклона оси поворота колеса, длины цапфы на кинематическую высоту опускания передних колес. Авторы работ [3, 4, 5] описывают практические методы настройки параметров шасси карта для различных условий соревнований. В работе [3] оцениваются возможности дополнительных конструктивных настроек карта, за счет изменения сечения приводного заднего вала. Практические рекомендации по изменению жесткости рамы приведены в работе [2]. В большинстве исследований содержится анализ влияния отдельных настроечных параметров и качественные рекомендации по настройке шасси под конкретные эксплуатационные условия.

В основе поиска рациональных значений настроечных параметров лежит предварительное математическое моделирование кинематики движения с целью определения области оптимальных решений, а затем более точная доводка в реальных условиях трассы.

Согласно условию движения карта в повороте без проскальзывания колес (рис. 1), внутреннее колесо должно быть повернуто на угол ($\varphi_{\text{пв}}$), больший, чем угол поворота наружного колеса ($\varphi_{\text{пн}}$), что обеспечивается конструкцией рулевой трапеции, а заднее внутреннее колесо, как указывалось выше, должно разгружаться. Приведенная схема не учитывает боковой увод колес и боковое скольжение, в связи с тем, что исследование посвящено жесткости кузова, но для создания полной модели движения автомобиля в повороте они, безусловно, играют важную роль.

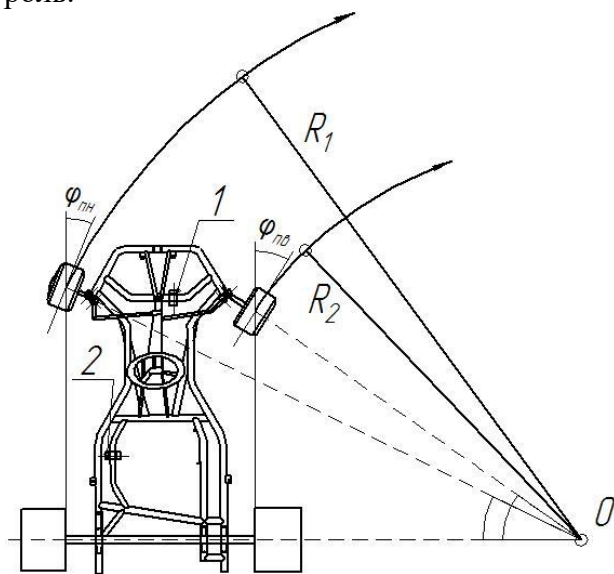


Рис. 1. Схема поворота карта

Для обеспечения разгрузки заднего внутреннего колеса переднее внутреннее колесо при повороте на угол φ опускается, а наружное переднее поднимается, тем самым, приподнимая переднюю внутреннюю часть карта. Величина вертикального перемещения передних колес (внутреннего $h_{\text{пв}}$ и наружного $h_{\text{пн}}$) зависит от углов наклона осей поворота управляемых колес и плеча обкатки колеса $R_{\gamma\beta}$.

Ввиду сложности пространственной конструкции рамы карта, ее теоретическое исследование представляется достаточно

сложной задачей. Поэтому были проведены экспериментальные исследования жесткости рамы карта и установлено влияние элементов жесткости карта и навесного оборудования.

Жесткость рамы выступает в качестве передаточного механизма между вертикальными перемещениями колес, возникающими в результате кинематического взаимодействия деталей карта при повороте рулевого колеса, и вертикальным перемещением заднего колеса. Кроме того, регулировочные параметры карта имеют ограничения по их изменению (углы наклона имеют пределы для регулировки, определяемые конструкцией эксцентриков, длина цапфы также имеет свои пределы изменения, как и длина заднего вала). Поэтому в случаях, когда изменений в регулировочных параметрах недостаточно для достижения поставленных целей, следует рассматривать возможность изменения жесткости рамы.

Конструкция большинства карт предусматривает возможность регулировки жесткости рамы путем установки специальных съемных перемычек на раме карта – стабилизаторов жесткости рамы либо хомутов жесткости. При настройке карта необходимо знать жесткость рамы и, самое главное, иметь количественные показатели изменения жесткости при установке или снятии стабилизаторов и способа крепления узлов карта к раме.

Исследования проводились по методике, в основу которой положено измерение перераспределения веса карта при подъеме одного переднего колеса (правого и левого отдельно) относительно плоскости остальных колес карта и оценке влияния жесткости рамы на такое перераспределение.

Проведенные эксперименты и аппроксимация полученных экспериментальных данных при помощи уравнения прямой:

$$y = kx + b \quad (1)$$

подтвердили предположение о линейном характере жесткости рамы карта при ее закручивании.

Чтобы оценить влияние установки хомутов жесткости на раму карта были определены изменения характеристик. Исследование проводилось на раме карта АКУ-83.

Экспериментальные данные выравнивались их аппроксимацией по уравнению прямой линии.

Как видно из графиков на рис. 2, коэффициенты выравнивающих прямых отличаются от аналогичных при установке хомутов жесткости.

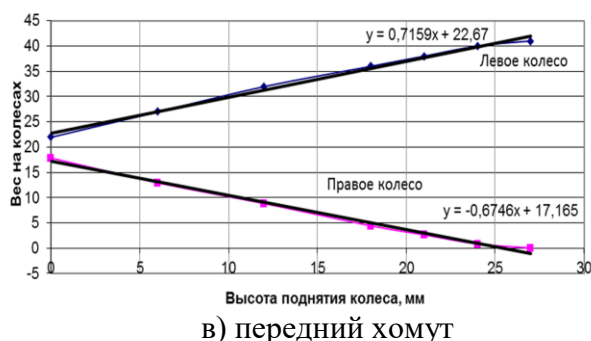
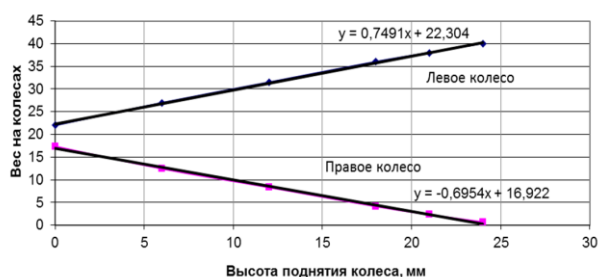
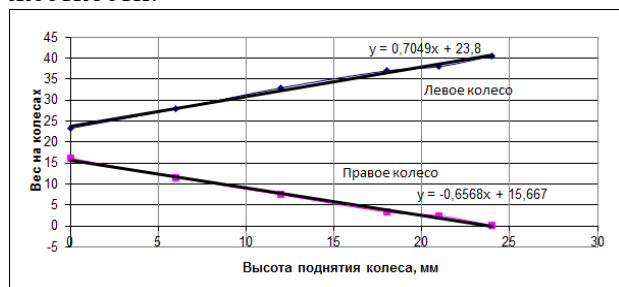


Рис. 2. Зависимость перераспределения веса на передних колесах карта от высоты поднятия левого колеса при установке хомутов жесткости

В полученных уравнениях значения k и являются тангенсами угла наклона кривых и количественно характеризуют жесткость рамы. Наибольшую жесткость имеет рама карта при установке обоих хомутов.

Выбор необходимых значений жесткости рамы карта определяется состоянием конкретной трассы. Чем ровнее трасса и чем более высокие скорости на ней могут развиваться, тем жестче первоначальные установки рамы.

Картинговые трассы характеризуются переменными радиусами поворотов, поэтому в качестве целевой функции при определении рациональной жесткости рамы предлагается использовать работу пробуксовки заднего внутреннего колеса карта в повороте, рассчитанную для каждого участка трассы. Жесткость рамы карта, позволяющая потратить наименьшее количество энергии на пробуксовку можно считать оптимальной для данной трассы. Учитывая, что в силу конструктивных особенностей картов, жесткость рамы карта регулируется дискретно (хомутами), то на практике зачастую невозможно точно реализовать оптимальные значения.

Суммарная работа пробуксовки внутреннего заднего колеса карта в поворотах всей трассы может быть представлена:

$$A = \sum_{i=1}^n \int_{S_i}^{S_{i+1}} P_{B.3} \cdot dS = \sum P_{B.3i} \cdot S_i, \quad (2)$$

где S_i – длина кривой i – го участка трассы.

Выбор рациональных настроек жесткости рамы карта АКУ-83 проводился для траектории гоночной трассы «CrimeaGP» (рис. 3).

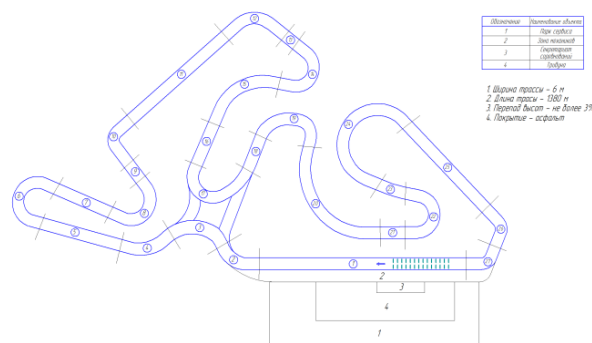


Рис. 3. Схема гоночной трассы «CrimeaGP»

Для всех криволинейных участков трассы были построены идеальные траектории прохождения поворотов и их протяженность, определены углы поворота внутреннего и наружного передних колес, соответствующие этим траекториям, рассчитано абсолютное значение разгрузки заднего внутреннего колеса и работа пробуксовки. Условно, угол поворота колеса принимался постоянным на протяжении всего криволинейного участка.

По результатам расчетов для данной трассы наименьшую работу пробуксовки карт производит при установке заднего хомута. Поэтому для трассы «CrimeaGP» наиболее рациональным является установка заднего хомута, позволяющего сохранить контроль сцепления на всех участках.

Предлагаемая методика выбора значений жесткости рамы карта позволяет учитывать особенности гоночных трасс, несим-

метричность конструкции рамы, значительно сокращая поиск оптимальных параметров в условиях каждой гонки. Результаты выбора оптимальной жесткости рам могут использоваться при сравнительной оценке жесткости рам разных картов. Это может быть применимо к рамам картов различных фирм-производителей, а также к рамам картов одного производителя, но имеющих разный срок эксплуатации.

Список литературы:

1. Karting Technical Regulations 2019/ Commission Internationale de Karting. URL: <http://www.cikfia.com/regulations/technical.html> (дата обращения 05.02.2019).
2. Франчук Д.Н. Управляемость карта: теория и практика / Д.Н. Франчук. – К.: ООО «Иван Федоров», 2007. – 320 с.: ил.
3. Рихтер Т. Картинг/Т. Рихтер/ Пер. с польского Д.И. Юренкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 400 с.: ил.
4. Тодоров М.Р. Картинг / М.Р. Тодоров. – М.: ДОСААФ, 1979. – 112 с.: ил.
5. Ерецкий М.И. Автомобиль карт / М.И.Ерецкий. - М.: ДОСААФ, 1976. – 64 с.: ил.

УДК 656.025

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИРОВОГО ОПЫТА РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЕ

К.Н. Ефремовская, студент,
М.Н. Крипак, доцент, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Гоголя, 14, г. Севастополь, Российская Федерация, 299011
e-mail: owlet-omlet@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы и перспективы развития общественного транспорта города Севастополь. Раскрываются достижения в политике общественного транспорта, такие как льготный проезд, внедрение валидаторов, введение новых маршрутов, регулируемый тарифный план и недостатки транспортной инфраструктуры в виде узких дорог, неразвитого транспортного комплекса. Предоставлена информация о проделанных работах за 2018 год и об объёме работ на ближайшее будущее. Выявлена и обоснована необходимость в транспортной связующей между Южной и Северной сторонами Севастополя, которая могла бы быть независимой от погодного фактора. Одним из самых оптимальных вариантов транспортной связи между сторонами является метрополитен. Предоставлен план работ по строительству метрополитена с 2020 по 2025 год с дальнейшим изменением и улучшением. На основе исследования транспортных систем за рубежом предлагается увеличить комфортабельность и количество общественного транспорта, чтобы обеспечить высокий уровень обслуживания пассажиров, при этом привлечь жителей отказаться от личного автотранспорта и перейти на общественный. Также предлагается ужесточить меры приобретения и использования личного автотранспорта для увеличения пропускной способности дорог и защиты окружающей среды.

Ключевые слова: общественный транспорт, метрополитен, личный автомобиль, тариф, тоннель, инфраструктура, пробки, парковка.

ную стороны города – Графскую пристань и площадь Захарова при помощи тоннеля, который пройдет в верхних иловых слоях Севастопольской бухты. Тоннель планируется сделать из труб, которые будут удерживать мощные сваи, пробуренные в скалу под иловыми отложениями. Внутри тоннеля должны поместиться обычные или уменьшенные вагоны метро.

Согласно планам Шеффера, первую очередь метрополитена можно построить за пять лет – с 2020 по 2025 год. В этот период должны появиться станции «Артбухта», «Графская», «Площадь Захарова», «Бартењевка», «Братское кладбище», «Голландия», «Инкерман». Вторая, третья и четвертая очереди севастопольского метро должны появиться в период 2025-2035 годов. Метро должно состоять как из подземных, так и наземных коммуникаций и инфраструктуры. По замыслу авторов проекта, метрополитен станет основой транспортного каркаса города, позволит разгрузить городские маршруты, решить проблему пробок, сэкономить время передвижения по городу, поднять привлекательность застройки удаленных районов. Проект о построении метрополитена существует, но при этом разработан еще один проект о построении моста, в пользу которого был сделан выбор Губернатором Севастополя Дмитрием Овсянниковым с учетом мнения военных. В пресс-службе городского правительства рассказали подробности проекта моста. Предполагается, что будущий мост войдет в состав транспортного коридора, который включает также новую проектируемую транспортную сеть (Гераклейскую роккаду) с выходом на Камышовое и Казачинское шоссе. «В соответствии с предварительным проектом мост длиной 935 метров будет иметь четыре полосы для движения с максимально разрешенной скоростью 70 км/час. Также он будет оборудован пешеходной и велосипедной дорожками», — отметили в пресс-службе. Проект мостового перехода в ближайшее время будет представлен вниманию севастопольцев.

Еще одной немало важной проблемой является нехватка общественного транспорта в пиковые часы. В это время количество общественного транспорта можно увеличи-

вать, как это делают в Праге, чтобы исключить тесноту внутри транспорта. При этом возникает недостаток в виде перегруженности дорог города. Во избежание образования пробок, особенно в час пик и летний период, следует попробовать убедить жителей перейти от личного автотранспорта на общественный транспорт. Для стимуляции этого процесса следует увеличить комфортность общественного транспорта, то есть, установить в каждом троллейбусе, автобусе климат-контроль, WI-FI, также увеличить скорость обслуживания пассажиров, например, сократить интервал движения, внедрить современные валидаторы, выделить огражденные автобусные полосы, чтобы общественный транспорт мог передвигаться без пробок и безусловным плюсом будет разумный тарифный план. Также для дестимулирования поездок на личном автотранспорте можно применить повышение стоимости использования личных автомобилей, то есть увеличить тарифы за парковку, налоги на покупку автомобилей, сократить количество парковочных мест в центре города. Либо можно ужесточить транспортную систему как в Сингапуре, где действует электронная система оплаты проезда по некоторым скоростным дорогам-фривеям во время пиковых нагрузок утром и вечером. Над въездами на эти участки стоят арки с сенсорами. Каждый автомобиль обязан иметь устройство наподобие специальной смарт-карты, на которую водитель заранее кладет деньги. Иностранные автомобилисты обязаны арендовать прибор и купить карту при въезде на территорию Сингапура. При проезде под аркой с карты автоматически списывается стоимость пользования фривеем (\$0,30-1,30). Если машина проскочила под аркой, не оплатив дорожный сбор (недостаточно денег на смарт-карте), ее задний номер фотографируется и отправляется в вычислительный центр. Там его распознает компьютерная программа, и нарушителю отправляется требование об оплате плюс штраф - \$6,50. Если оплаты не последовало в течение 28 дней, штраф увеличивается до \$46. Сделав автомобиль недоступным для многих жителей Сингапура, власти позабо-

тились об общественном транспорте и окружающей среде.

Подводя итог, хотелось бы сказать, что в Севастополе транспортную инфраструктуру нужно и есть куда развивать и совершенствовать. В первую очередь это касается самих дорог в городе, так как они не рассчитаны на тот поток, который имеется на сегодняшний день.

Список литературы:

1. Журавский, М.Е., Паньков А.М. Маршруты общественного транспорта в Севастополе будут бесплатными для пенсионеров [Электронный ресурс], -<https://nts-tv.com/news/k-kontsugoda-vse-marshruty-obshchestvennogo-transporta-v-sevastopole-budut-besplatnymi-dlya-pension-3297/>- статья в интернете.
2. Маслов А.Д. По каким маршрутам пойдут троллейбусы в Севастополе? [Электронный ресурс], <http://ruinform.com/page/po-kakim-marshrutam-pojdut-trollejbusy-v-sevastopole-> статья в интернете.
3. Жукова О.А. Транспортные системы городов мира. Сингапур [Электронный ресурс], -http://logintra.ru/index.php?option=com_k2&view=item&id=385: транспортные-системы-городов-мира-сингапур- статья в интернете.
4. Артемов С.В. Севастопольское метро: как его представляют архитекторы [Электронный ресурс], -<https://crimea.ria.ru/society/20181025/1115462427.html>- статья в интернете.
5. Крипак М.Н., Лебедева О.А. Оценка состояния улично-дорожной сети крупного города //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. №3 (51). Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2016. С.171-174.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ N 18-410-920016 в рамках инициативного проекта, проводимого совместно с Правительством Севастополя на тему: «Исследование социально-экономических и экологических процессов города Севастополя с ростом индустриального, транспортно-транзитного и туристического потенциалов».

УДК 656.021.2:004

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ РАСШИРЕНИИ МОСТА НА УЛ. ПОЖАРОВА Г. СЕВАСТОПОЛЬ

М.В. Дружинина, студент,

А.С. Усанов, студент,

А.А. Ветрогонов, канд. техн. наук,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: sasha.usanova@mail.ru

Аннотация: В работе обозначена важность увеличения объемов транспортного обслуживания, повышения надежности, безопасности и качества перевозок в условиях динамично развивающегося современного города с постоянно повышающимся уровнем автомобилизации. Отмечена роль транспортного моделирования как одного из основных инструментов для эффективного решения прикладных задач в этой области. На примере одного из проблемных мест города рассматривается эффективность расширения дороги и изменения схемы организации дорожного движения.

Приведена информация о сборе исходных данных для разработки имитационной модели, таких как данные о транспортных потоках и продолжительности фаз существующих светофорных установок. Разработана имитационная модель исследуемого участка, а также модели, в которых дорога в районе моста до расширена до четырех полос. В обеих моделях

схемы разъездов на перекрестках сохранены, во второй модели на нерегулируемом перекрестке добавлен светофор. Три варианта сравнивались по двум средней скорости движения на участке и количеству автомобилей, проехавших рассматриваемый участок за заданный отрезок времени.

В результате компьютерного моделирования определили наиболее эффективные решения для повышения пропускной способности исследуемых узлов.

Ключевые слова: транспортные потоки, транспортное моделирование, организация дорожного движения, имитационная модель, пропускная способность дороги.

ANALYSIS OF THE TRANSPORT SITUATION AT EXPANSION OF THE BRIDGE ON POZHAROVA STREET, SEVASTOPOL

M.V. Druzhinina, student,

A.S. Usanov, student,

A.A. Vetrogon, Ph.D. in Engineering Science,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: In work importance increase in volumes of transport service, increase in reliability, safety and quality of transportations in the conditions of dynamically developing modern city with constantly increasing automobilization level is designated. The role of transport modeling as one of the main tools for effective solution of applied tasks in this area is noted. On the example of one of problem places of the city the efficiency of expansion of the road and change of the scheme of the organization of traffic is considered.

Information on collecting basic data for development of simulation model, such as data on traffic flows and duration of phases of the existing traffic light installations is provided. The simulation model of the explored site and also model in which the road around the bridge to is expanded to four strips is developed. In both models of the scheme of traveling at intersections are kept, in the second model at the unregulated intersection the traffic light is added. Three options were compared on two average speeds of the movement on the site and to the number of the cars which have passed the considered site for the set interval of time.

As a result of computer modeling have defined the most effective solutions for increase in capacity of the studied knots.

Keywords: traffic flows, transport modeling, organization of traffic, simulation model, road capacity

Динамично развивающийся современный город постоянно нуждается в увеличении объемов транспортного обслуживания, повышении надежности, безопасности и качества перевозок. В большинстве случаев возникающие транспортные проблемы являются комплексными, затрагивающими различные области регулирования и управления. Поэтому моделирование отдельных взятых процессов в транспортном секторе, выполненное на основе измерений и наблюдений важны для разработки стратегии развития дорожно-транспортной инфраструктуры города.

В крупных городах для нахождения оптимальных решений при проектировании улично-дорожной сети и организации до-

рожного движения приходится учитывать очень широкий спектр характеристик транспортных потоков, определяемых рядом внутренних и внешних факторов [1, 2].

Транспортное моделирование является одним из инструментов для эффективного решения прикладных задач в этой области. В настоящее время для разгрузки какого-либо транспортного узла необходимо предварительно провести инженерные расчеты, которые основаны на полуэмпирических закономерностях распределения потоков по элементам улично-дорожной сети (УДС). При этом требуется определить, какое количество транспортных средств будет двигаться по каждому из возможных направлений в случае изменения тех или иных параметров

транспортного узла [2, 3]. Использование программных пакетов, реализующих микро-, мезо- и макро моделирование авто-транспортных сетей и потоков позволяет учесть большое число различных факторов [4] и получить более достоверные данные о транспортных потоках в случае внесения тех или иных изменений [5, 6].

Одним из проблемных мест в г. Севастополь является транспортный мост через суходол, на ул. Пожарова, расположенный между двумя перекрестками – ул. Пожарова-ул. Пугачева и проспект Гагарина-ул. Дмитрия Ульянова- ул. Пожарова. В этом месте происходит сужение дорожного полотна, что в утренние и вечерние часы вызывает возникновение заторов. В утренние часы затор возникает на проспекте Гагарина, в направлении Нахимовского района. В вечерние часы существует обратная проблема – затор на ул. Пожарова в направлении Гагаринского района.

В настоящее время правительством города Севастополь планируется расширение моста, а также примыкающих участков дороги до четырех полос. Целью данной работы является анализ транспортной ситуации на данном участке путем выполнения имитационного моделирования с помощью программных средств, а также анализ возможных вариантов изменения схемы организации дорожного движения. Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Собрать данные о транспортных потоках на рассматриваемом участке;
2. Произвести анализ режимов светофорного регулирования на перекрестках, входящих в рассматриваемый участок и примыкающих к нему;
3. Основываясь на данных о транспортных потоках и существующей схеме организации дорожного движения, а также гео-данных, смоделировать текущую транспортную ситуацию на рассматриваемом участке и выполнить верификацию разработанной модели
4. Внести изменения в разработанную модель (увеличение количества полос, установка дополнительных светофорных установок и т.д.), и произвести оценку эффективности предложенных решений.

Для моделирования был взят участок от перекрестка ул. Пожарова-ул. Пугачева до светофора, расположенного перед кольцевым пересечением на пл. 50-летия СССР. Протяженность участка составила 1 км.

Анализ транспортных потоков на перекрестках ул. Пожарова-ул. Пугачева (рис. 1) и проспект Гагарина-ул. Дмитрия Ульянова- ул. Пожарова (рис. 2), входящих в рассматриваемый участок, приведен в таблицах 1 и 2.

Данные о транспортных потоках были собраны в обеденное время, в вечерние и утренние часы наблюдается увеличение транспортных потоков в том или ином направлении.

Также был произведен анализ режимов светофорного регулирования и определены продолжительности фаз светофора.

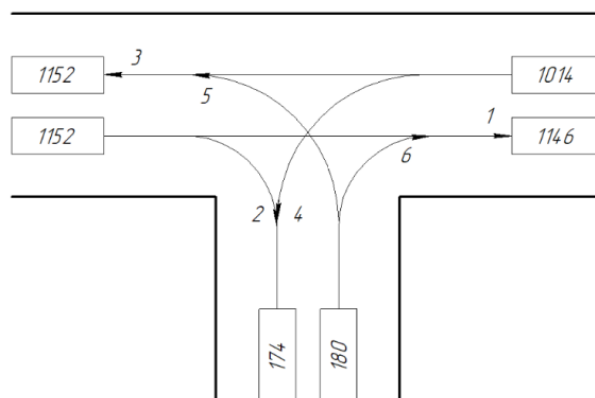


Рис. 1. Картограмма интенсивностей транспортных потоков в узле ул. Пожарова-ул. Пугачева

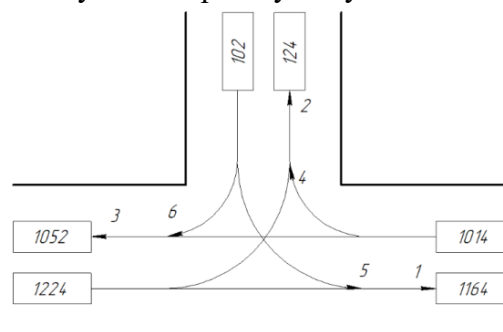


Рис. 2. Картограмма интенсивностей транспортных потоков в узле проспект Гагарина-ул.Дмитрия Ульянова- ул. Пожарова

На основании полученных данных была разработана имитационная модель участка, рис. 3.

При разработке модели учтены распределения статических маршрутов (табл. 1 и 2), правила приоритета на пересечениях, ширина полос движения, фазы сигналов светофора, расположение остановочных пунктов, расписание движения общественного транспорта и т.д. Геоданные для построения модели были взяты с сервиса Яндекс карты.

Таблица 1. Результаты замера транспортных потоков в узле ул.Пожарова-ул. Пугачева

Направление	Интенсивность потока, авт/ч	Распределение потока по маршрутам	Итого, авт/ч
1	1104	96%	1152
2	48	4%	
3	1014	89%	1140
4	126	11%	
5	138	77%	180
6	42	23%	

Таблица 2. Результаты замера транспортных потоков в узле проспект Гагарина-ул. Дмитрия Ульянова – ул. Пожарова

Направление	Интенсивность потока, авт/ч	Распределение потока по маршрутам	Итого, авт/ч
1	1152	94%	1224
2	72	6%	
3	962	95%	1014
4	52	5%	
5	12	12%	102
6	90	88%	



Рис. 3. Имитационная модель рассматриваемого участка

В дальнейшем было рассмотрено два варианта:

1. Расширение дороги в районе моста до 4 полос с сохранением левого поворота на ул. Дмитрия Ульянова

2. Расширение дороги в районе моста до 4 полос с сохранением левого поворота на ул. Дмитрия Ульянова и установкой светофора на перекрестке проспект Гагарина-ул. Дмитрия Ульянова- ул. Пожарова.

По результатам моделирования три варианта сравнивались по двум параметрам: средней скорости движения на участке и количеству автомобилей, проехавших по участку за заданный отрезок времени. Входящий поток при расчетах варьировали от 1000 до 2500 автомобилей в час с шагом 500 автомобилей в час в обоих направлениях.

Результаты моделирования в виде графиков представлены на рис. 4... рис. 7.

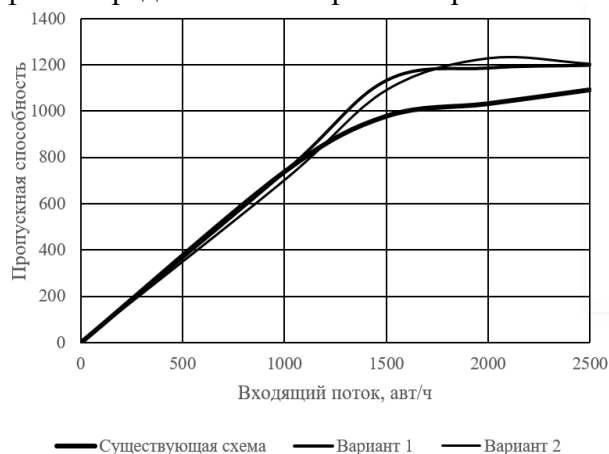


Рис. 4. Пропускная способность.
Направление ул. Пожарова - пл. 50-летия СССР

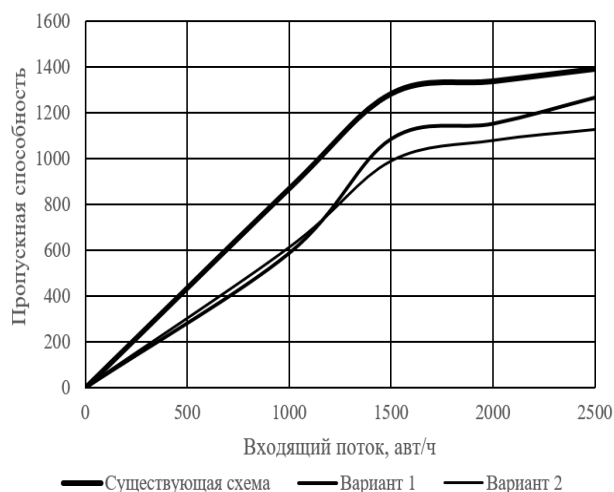


Рис. 5. Пропускная способность.
Направление пл. 50-летия СССР – ул. Пожарова



Рис. 6. Средняя скорость движения на участке. Направление ул. Пожарова – пл. 50-летия СССР

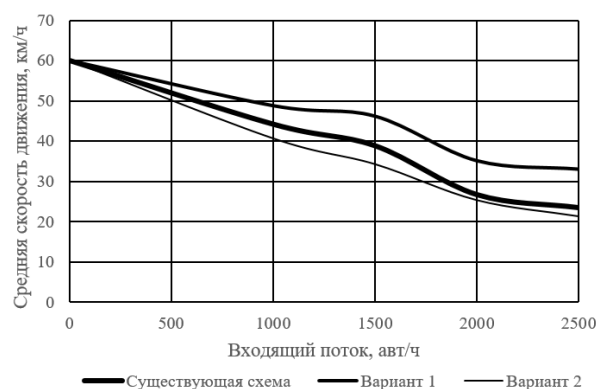


Рис. 7. Средняя скорость движения на участке. Направление пл. 50-летия СССР – ул. Пожарова

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Расширение моста, и, соответственно дороги, на ул. Пожарова, г. Севастополь позволит повысить пропускную способность дороги в сторону пл. 50-летия СССР на 20-25% в зависимости от интенсивности потока транспорта. При этом средняя скорость движения на исследуемом участке существенно не меняется.

2. Данные исследования проведены при неизменных фазах светофорного регулирования. В дальнейшем, следует провести исследования насколько возможна оптимизация продолжительности фаз светофора и как это отразится на транспортной ситуации на данном участке.

Список литературы:

1. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков/ В. И. Швецов // Автомат.ителемех., 2003. – № 11, С. 3–46.
2. Алиев А.С. Математическое моделирование транспорта в ИСА РАН [Статья] / А.С. Алиев, Ю.С. Попков, В.И. Швецов // Компьютерные модели развития города: труды семинара 29 апреля 2003 г., Санкт-Петербург, Смольный. - СПб : Наука, 2003 г. – С. 78-89.
3. Горев А.Э. Основы транспортного моделирования: Практическое пособие / А.Э. Горев, К. Бёттгер, А.В. Прохоров, Р.Р. Гизатуллин. — СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2015. — 168 с., ил.
4. Крипак М.Н. Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками / А.А. Ветрогон, М.Н. Крипак // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. –Иркутск, 2018. – № 3 (59). – С. 82-91.
5. Полтавская Ю.О. Оценка условий движения транспортных потоков с применением геоинформационных технологий / Ю.О. Полтавская., М.Н. Крипак, В.Е. Гозбенко// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск, 2016. – Номер 1 (46). – С. 155-161.
6. Крипак М.Н. Оценка состояния улично-дорожной сети крупного города/ М.Н. Крипак, О.А. Лебедева // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск, 2016. – Номер 3 (51). – С. 171-174.

УДК 621.01

РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЦИСТЕРН С ПРИМЕНЕНИЕМ САЕ-СИСТЕМ

Д.А. Саса, студент,
 А.А. Ветрогон, канд. техн. наук,
 ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
 ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
 e-mail: sasa.dmitriy@mail.ru

Аннотация: В работе показаны особенности совместного использования систем CADи САЕ систем при прочностных расчетах автомобильной цистерны. Описан общий порядок создания модели: создание геометрии в виде оболочечной модели в CAD системе на примере программы КОМПАС-3D, импорт модели в САЕсистему на примере программы ABAQUS, задание механических свойств материала, создание сетки конечных элементов, задание граничных условий – нагрузок и креплений с учетом особенностей крепления цистерны на автомобильном шасси. В качестве одной из основных нагрузок было выбрано гидростатическое давление жидкости на стенки цистерны. Описывается создание различных типов взаимодействий, необходимых для соединения деталей. В автомобильной цистерне это сварочные соединения перегородок цистерны с её корпусом, свойства которых также можно задавать в системе. Рассматривается общий порядок анализа и обработки данных в пост-процессоре программы ABAQUS. Приведен перечень основных параметров, необходимых для определения запаса прочности конструкции, а также для дальнейших расчетов. Обосновывается необходимость дальнейших расчетов цистерны с учетом динамических нагрузок, действующих со стороны перевозимой жидкости на цистерну при различных режимах движения автомобиля.

Ключевые слова: автомобильная цистерна, прочностной расчет, метод конечных элементов, запас прочности.

CALCULATION OF TRUCK TANKS WITH APPLICATION OF CAE SYSTEMS

D.A. Sasa, student,

A.A. Vetrogon, Ph.D. in Engineering Science,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: In work features of sharing of CAD and CAE systems when calculating truck tank on strength are shown. The general order of creation of model is described: creation of geometry in the form of the shell model in CAD system on the example of the KOMPAS-3D program, import of model to CAE system on the example of the ABAQUS program, task of mechanical properties of material, creation of grid of final elements, task of boundary conditions – loadings and fixing taking into account features of fastening of tank on the automobile chassis. As one of the main loadings the hydrostatic pressure of liquid upon tank walls has been chosen. Creation various types of the interactions necessary for joint of details is described. In truck tank it is welding joints of partitions of tank with its case which properties can also be set in system. The general order of the analysis and data processing in the ABAQUS program post-processor is considered. The list of the critical parameters necessary for determination of margin of safety of design and also for further calculations is provided. Need of further calculations of tank taking into account the dynamic loads operating from the transported liquid on tank at various modes of the movement of the car is proved.

Keywords: automobile tank, strength calculation, finite element method, margin of safety.

При выполнении инженерных расчетов на прочность с помощью метода конечных элементов одним из наиболее ответственных этапов является этап создания расчетной модели. От этого очень зависит корректность полученных результатов. При создании модели возможно выбрать материал, необходимые размеры конструкций и оценить ее сопротивление внешним воздействиям. Модель представляет собой отображение объективной реальности и может иметь разную природу, структуру и форму представления.

Для выполнения прочностных расчетов возможно использование различных пакетов, причем для создания геометрии предпочтительней использование CAD-систем. При этом следует учитывать, что все CAD-системы хранят результаты проектирования в своих собственных структурах, форматах данных. Таким образом, когда мы используем две разные CAD/ CAE-системы, возникает проблема обмена данными. Для решения этой проблемы существует возможность преобразовывать данные одной системы в формат, понятный для других систем, и наоборот. В данной статье рассмотрено взаимодействие двух систем – CAD-системы КОМПАС и CAE-системы

ABAQUS при решении задачи расчета автомобильной цистерны на прочность.

Корпус автомобильной цистерны представляет собой тонкостенную оболочку, геометрическая модель срединной линии которой создана в программе КОМПАС-3D. Затем с использованием формата IGES геометрия модели была передана в CAE-систему ABAQUS, где основные детали – цистерна и перегородки были объединены в сборку (рис. 1).

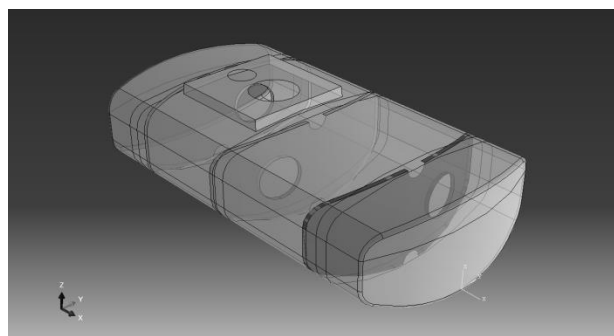


Рис. 1. Трехмерная поверхностная модель цистерны

Затем корпус цистерны и дополнительные элементы аппроксимируются оболочечными конечными элементами типа S4R. В программе это обозначение 4-х узловых пластинчатых элементов. Отдельно задаются физические и механические свойства материала детали, а также толщина обо-

лочки [1]. Генераторы произвольной сетки в программе ABAQUS обладают широким набором внутренних и внешних инструментов управления качеством конечно-элементной сетки.

Разбиение цистерны на конечные элементы показано на рис. 2.

Следующий этап — это задание нагрузок и граничных условий [2]. Заданные нагрузки и ограничения определяют граничные условия для расчетной модели. К нагрузкам относятся ограничения степеней свободы, сосредоточенные, распределенные, объемные и инерционные усилия. Каждое заданная конфигурация нагрузок называется шагом нагружения, и анализ может состоять из одного или более таких шагов.

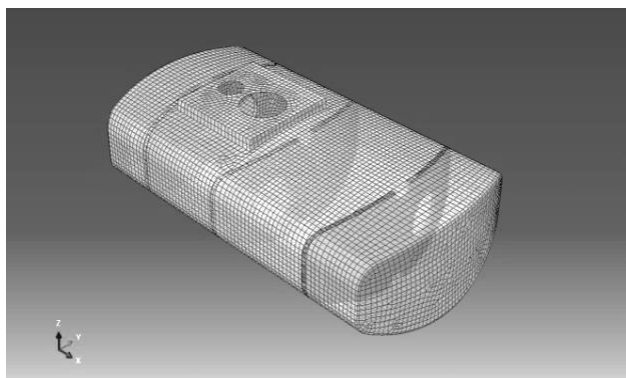


Рис. 2. Разбиение модели цистерны на конечные элементы

Нагрузка на корпус автомобильной цистерны складывается из одновременного действия внутреннего давления паров, гидростатического давления перевозимой жидкости и нагрузок от массовых сил корпуса цистерны.

Схема приложения гидростатического давления к стенкам цистерны показана на рис. 3.

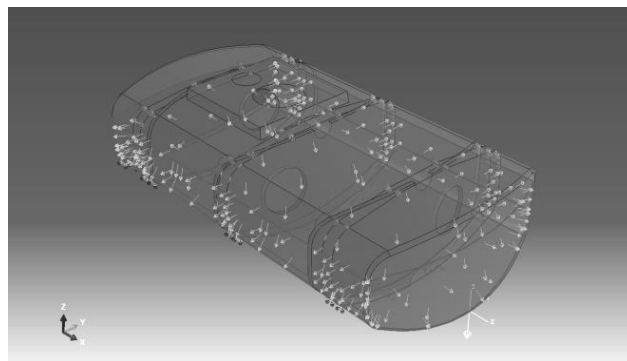


Рис. 3. Граничные условия. Нагрузки.
Гидростатическое давление

Распределение гидростатического давления по стенкам цистерны показано на рис. 4.

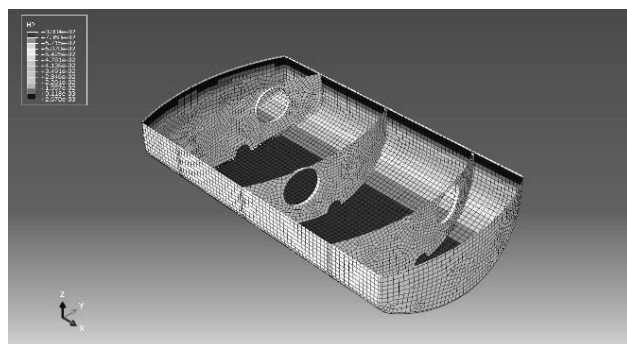


Рис. 4. Результаты расчетов.
Распределение давления на стенки
цистерны

Рассматриваемая цистерна устанавливается на ложементы и крепится к станине стяжными лентами. В местах контакта цистерны и ложементов предусмотрены усиливающие накладки и резиновый демпфер. Пренебрегая упругостью стяжных лент, места контакта с лентами и ложементами закрепляем неподвижно по трем осям. Схема закрепления цистерны показана на рис. 5.

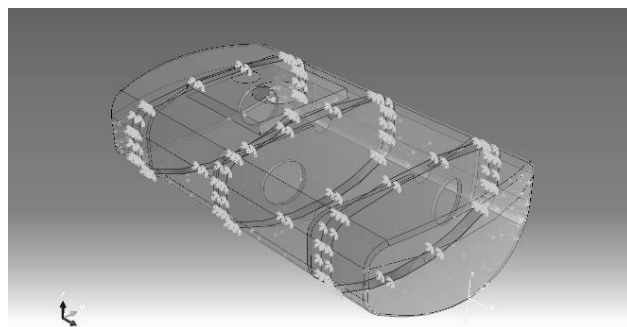


Рис. 5. Граничные условия.
Закрепления. Жесткая заделка

Для присоединения перегородок к корпусу цистерны необходимо определить взаимодействия деталей в сборке, а также задания свойства этих взаимодействий.

Система ABAQUS позволяет создавать различные типы взаимодействий, например, для имитации сварки. Причем можно задавать свойства соединения. Для упрощения расчетов пренебрегаем упругими свойствами сварочного шва, а также делаем его неразрываемым.

Следующим этапом является анализ полученных результатов в постпроцессоре, предназначенный для просмотра результатов расчета и обработки полученных данных.

На рис. 6, 7 и 8 показаны распределения суммарных перемещений, распределение сил реакций в опорах и распределение эквивалентных напряжений по Мизесу – параметры, позволяющие определить запас прочности цистерны, а также определиться с рядом исходных данных для последующего расчета опор цистерны [3].

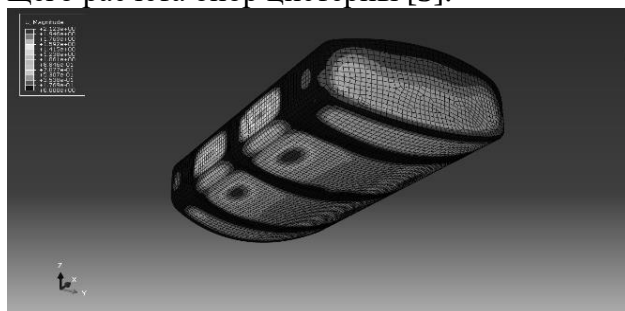


Рис. 6. Результаты расчетов.
Распределение суммарных линейных перемещений

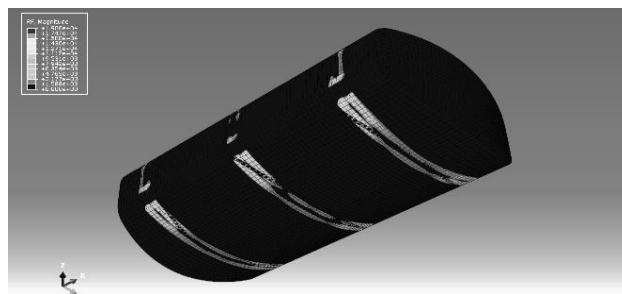


Рис. 7. Распределение сил реакции в опорах

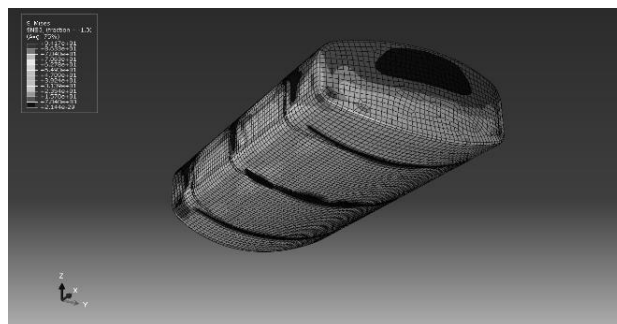


Рис. 8. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу

В дальнейшем следует повторить весь цикл вычислений с учетом динамических нагрузок, т.к., например, при торможении вследствие больших перемещений центра масс жидкости в резервуаре появляются дополнительные нагрузки, действующие на конструкцию цистерны [4].

В качестве выводов можно отметить, что совместное использование CAD и CAE позволяет эффективно моделировать процессы происходящие в цистерне, выполнять ее прочностной расчет, и тем самым в короткие сроки оценивать работоспособность новых конструкций на стадии проектирования.

Вместе с тем использование различных CAD и CAE систем имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при проектировании.

Список литературы:

1. Иванина Н.Л., Головченко В.И., Полетун Л.Е. Расчеты основных геометрических параметров автомобильных цистерн некругового поперечного сечения //Вестник НТУ «ХПИ», 2009. - №29. - С. 30-42.
2. Мясницкий Роман Николаевич. Разработка расчетных моделей и методов оценки работоспособности цистерн несущей конструкции : диссертация ... кандидата технических наук : 05.05.04 / Мясницкий Роман Николаевич.- Москва, 2009.- 173 с.: ил.
3. Головченко В. И. Основные положения расчета крепления цистерны к шасси автомобиля автотопливозаправщика / В. И. Головченко, Н. Л. Иванина // Вестник Нац. техн. ун-

та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Машиноведение и САПР. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2012. – № 22. – С. 40-47.

4. Шимановский А. О., Кузёмкина Г. М. Динамическая нагруженность конструкции цистерны при торможении // Автомобильный транспорт. 2006. №19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamicheskaya-nagruzhennost-konstruktsii-tsisterny-pri-tormozhenii> (дата обращения: 04.03.2019).

УДК 665.761

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПЕНЕТРОМЕТР С СИСТЕМОЙ ИЗМЕРЕНИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА ARDUINO

М.А. Семеренко, студент,
С.В. Огрызков,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: panteradimejic@gmail.com
ogrizkov@sevsu.ru

Аннотация: В работе рассмотрен метод автоматизированного измерения пенетрации пластичных смазок в условиях учебного процесса. Пенетрация является характеристикой густоты пластичных смазок. Значение пенетрации представляет собой глубину погружения в смазку стандартного конуса под действием собственной массы в течение 5 с., выражаемое целым числом десятых долей миллиметра. Предложена схема автоматического лабораторного пенетрометра для определения пенетрации пластичных смазок с системой управления на базе микрокомпьютера Arduino. Система управления должна определять момент начала движения пенетрометра, производить расчет глубины погружения в зависимости от времени и определять величину пенетрации. Целью исследования является доказательство возможности определения пенетрации с помощью численного интегрирования ускорения перемещения конуса пенетрометра. Разработан алгоритм вычисления линейных перемещений по результатам измерения ускорения перемещения конуса пенетрометра. Проведены экспериментальные исследования точности метода. Получены зависимости ускорений для различных шагов квантования. Оценена среднеквадратичная погрешность измерений. Определен шаг квантования измерения ускорений по времени для определения требуемой точности пенетрометра. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку управляющей программы и проведения экспериментов по определению сходимости измерений разработанным пенетрометром в автоматическом режиме и внедрении его в учебный процесс.

Ключевые слова: пластичные смазки, пенетрация, пенетрометр, автоматизация, микрокомпьютер, измерительная система, датчик ускорений, дифференцирование цифрового сигнала, линейные перемещения, точность измерений

AUTOMATED LABORATORY PENETROMETER WITH MEASUREMENT SYSTEM BASED ON ARDUINO MICROCOMPUTER

M.A. Semerenko, student,
S.V. Ogryzkov,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: In the article the method of automated measurement of the penetration of greases under conditions of the educational process is considered. Penetration is a characteristic of the density of

greases. The penetration value is the depth of immersion in the grease of a standard cone under the action of its own mass for 5 seconds., expressed as an integer tenths of a millimeter. A scheme of an automatic laboratory penetrometer for determining the penetration of plastic sensors with a control system based on the Arduino microcomputer is proposed. The control system should determine the moment of the beginning of the movement of the penetrometer, calculate the depth of immersion depending on the time and determine the amount of penetration. The aim of the study is to prove the possibility of determining the penetration with the help of numerical integration of the acceleration of the movement of the penetrometer cone. An algorithm for calculating linear displacements based on the results of measuring the acceleration of the penetrometer cone displacement is developed. Experimental studies of the accuracy of the method are carried out. The acceleration dependences for different quantization steps are obtained. The mean square error of measurements is estimated. The step of quantization of accelerations by time to determine the required accuracy of the penetrometer is determined. Further research will be aimed at the development of the control program and experiments to determine the convergence of measurements developed by the non-meter in automatic mode and its implementation in the educational process.

Keywords: grease, penetration, penetrometer, automation, microcomputer, measuring system, acceleration sensor, digital signal differentiation, linear displacement, measurement accuracy

Одним из эксплуатационных свойств пластичных смазок является их густота. Смазки с большей густотой применяются летом, с меньшей — зимой. Характеристикой густоты является пенетрация [1]. Значение пенетрации, выражаемое целым числом десятых долей миллиметра по шкале пенетromетра, представляет собой глубину погружения в смазку стандартного конуса (ГОСТ 1440-78 [2]) под действием собственной массы (150 г) в течение 5 с. Пенетрацию смазок определяют в соответствии с ГОСТ 5346-78 [3]. Для пластичных смазок значение пенетрации равно 200...400.

В учебном процессе кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» используется лабораторный пенетромметр (рис. 1), который состоит из стандартного конуса 5 со штоком, который устанавливается в кронштейне 2 с пусковой кнопкой 4. Кронштейн устанавливается на штативе 1. Запуск пенетромметра осуществляется вручную, с одновременным запуском секундомера. Через 5 с перемещение конуса останавливается отжатием пусковой кнопки 4. Перемещение штока измеряется штангенциркулем. Такой метод приводит к невозможности обеспечить точность и сходимость измерений.

Промышленность выпускает автоматизированные пенетромметры, их недостатком которых с точки зрения организации учеб-

ного процесса является высокая стоимость (100...200 тыс. руб) [4].

В данной статье описана конструкция автоматизированного лабораторного пенетромметра с системой измерения на базе микрокомпьютера Arduino [5, 6].

Для измерения перемещения можно использовать различные датчики перемещения или рассчитывать его на основании показаний датчиков ускорений [7].

Перемещение конуса пенетромметра будем рассчитывать, используя значения ускорений конуса в отдельные моменты времени. Для измерения ускорений использовался цифровой акселерометр MMA7260Q производства Freescale Semiconductors. Схема пенетромметра показана на рис. 1.

Показания датчика измерительной системой преобразуются в квантованные по времени значения величины ускорения с заданным шагом квантования Δt .

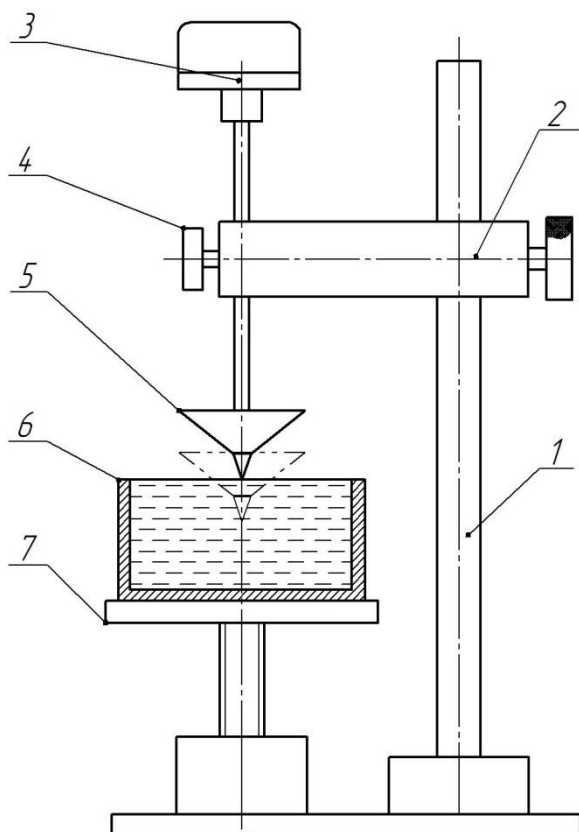


Рис. 1. Схема пенетрометра:

- 1 – штатив, 2 – кронштейн,
3 – акселерометр, 4 – пусковая кнопка,
5 – конус, 6 – чашка с пластичной смазкой,
7 – столик пенетрометра

Для небольших интервалов времени движение конуса можно рассматривать, как равноускоренное. Расчетное значение ускорения для каждого интервала времени j_{iCP} , определяется как среднее арифметическое величины предыдущего значения ускорения j_{i-1} и текущего j_i .

Величина шага квантования Dt_i между измерениями ускорения задается постоянной или может изменяться в зависимости от перемещения конуса пенетрометра. На конечном этапе движение конуса пенетрометра значительно замедляется и для обеспечения требуемой точности измерений может понадобиться уменьшение времени между измерениями.

Величину определяется двойным интегрированием функции ускорений

$$S = \iint j(t) dt^2.$$

Интегрирование цифровых последовательностей рассмотрено в работе [8]. Интегрирование осуществляется методом трапеций.

Среднее значение ускорения j_{iCP} на i -м цикле будет равно

$$j_{iCP} = \frac{j_{i-1} + j_i}{2}. \quad (1)$$

Скорость v_i в конце i -го цикла будет равна

$$v_i = Dt_i j_{iCP} + v_{i-1}, \quad (2)$$

где v_{i-1} – расчетное значение скорости на предыдущем цикле.

Тогда, за один цикл конус пенетрометра пройдет расстояние S_i

$$s_i = \frac{v_{i-1} + v_i}{2} Dt_i. \quad (3)$$

Общее перемещение конуса пенетрометра за N циклов будет равно:

$$S_N = \sum_{i=1}^N s_i. \quad (4)$$

Первоначальные значения ускорения скорости и перемещения принимаем

$$j_0 = 0; v_0 = 0; s_0 = 0. \quad (5)$$

Для определения точности вычисления перемещения конуса пенетрометра произведена серия экспериментов с варьированием шага квантования. График изменения напряжения датчика I показан на рис. 2.

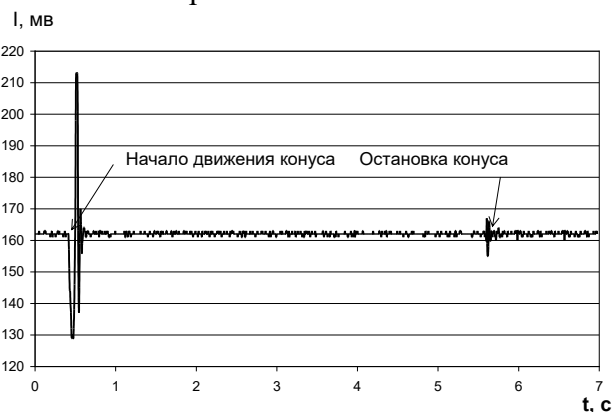


Рис. 2. Показания датчика ускорений

Для каждого эксперимента определялось перемещение конуса пенетрометра h_ϕ , после чего производился расчет перемеще-

ния по показаниям датчиков ускорения h_p , абсолютная погрешность вычисления Dh . Для серии экспериментов для одного шага квантования определялись среднее значение отклонения $D\bar{h}$ и среднеквадратичное отклонение S_h .

$$D\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi},$$

$$S_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D\bar{h} - h_{pi})^2}{n-1}},$$

где n – количество измерений в серии.

Результаты вычислений по формулам (1)–(5) приведены в табл. 1. Для непеременной смазки точность пенетromетра должна составлять $\pm 0,5$ единиц пенетрации или $\pm 0,05$ мм, сходимость измерений должна составлять 12 единиц пенетрации [3].

Таким образом, шаг квантования при измерении пенетрации должен составлять не более 0,005 с.

Список литературы:

1. Вербицкий, В.В. Эксплуатационные материалы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.В. Вербицкий, В.С. Курасов, А.Б. Шепелев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 76 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102212>(дата обращения: 01.03.2019).
2. ГОСТ 5346-78 (СТ СЭВ 755-77). Смазки пластичные. Методы определения пенетрации пенетрометром с конусом[текст] – Введ. 1979-01.01. – Москва : Изд-во стандартов, 1988. - 14 с.
3. ГОСТ 1440-78 Приборы для определения пенетрации нефтепродуктов. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2)[текст] – Введ. 1978-01.10. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. - 17 с.
4. UED-Lab. Лабораторное и технологическое оборудование. Каталог. Аппарат для определения пенетрации пластичных смазок ПН-С[Электронный ресурс] – URL : https://ued-lab.ru/catalog/oborudovanie_dlya_analiza_nefteproduktov/kontrol_kachestva_smazok/apparat_dlya_opredeleniya_penetratsii_plastichnykh_smazok_pn_s/(дата обращения: 01.03.2019).
5. Arduino[Электронный ресурс] –URL :<https://www.arduino.cc/index.php>.
6. Омельченко, Е. Я., Танич В. О., Маклаков А. С., Карякина Е. А. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino / Омельченко, Е. Я. [и др.] // ЭС и К. 2013. №21. [Электронный ресурс] –URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kratkiy-obzor-i-perspektivy-primeneniya-mikroprotsessornoj-platforny-arduino> (дата обращения: 01.03.2019).
7. Бутаков, Н.А. Применимость инерциальных систем навигации в мобильных устройствах / Н.А. Бутаков // International Journal of Open Information Technologies. 2014. №5.[Электронный ресурс] – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/primenimost-inertsialnyh-sistem-navigatsii-v-mobilnyh-ustroystvah> (дата обращения: 01.03.2019).
8. Бесекерский В. А. Микропроцессорные системы автоматического управления/ В. А. Бесекерский [и др]; под ред. В. А. Бесекерского. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. — 365 с.

Таблица 1. Результаты эксперимента по определению точности

Dt, с	h_ϕ , мм	h_p , мм	Dh, мм	$D\bar{h}$, мм	S_h , мм
0,005	21,8	21,77	0,03	0,02	0,04
0,005	22,0	22,03	-0,03		
0,005	23,2	23,19	0,01		
0,01	21,4	21,13	0,27	0,20	0,26
0,01	21,5	21,66	-0,16		
0,01	21,8	21,64	0,16		
0,02	23,4	27,18	-3,78	3,61	8,85
0,02	24,4	28,02	-3,62		
0,02	25,5	28,94	-3,44		
0,05	24,6	33,03	-8,43	8,53	20,90
0,05	25,7	34,22	-8,52		
0,05	26,3	34,95	-8,65		

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку управляющей программы и проведения экспериментов по определению сходимости измерений разработанным пенетрометром в автоматическом режиме и внедрении его в учебный процесс, при проведении лабораторных работ по дисциплине «Эксплуатационные материалы».

УДК 629.567.2

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ

М.А. Болотский, студент,
А.Г. Остренко, ст. преподаватель,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: AGOstrenko@sevsu.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается влияние надёжности автомобильных амортизаторов на безопасность дорожного движения. Приводятся описание недостатков стационарных систем контроля технического состояния автомобильных гасителей колебаний. Составлена структурная схема работы адаптивной системы мониторинга технического состояния автомобильных амортизаторов. Обоснована экономическая целесообразность внедрения системы непрерывного контроля технического состояния автомобильных амортизаторов, позволяющая избежать затраты на дорогостоящее диагностическое оборудование, оплату труда операторам и снижения коэффициента технической готовности автотранспортных средств. Оценено влияние износа деталей амортизатора на его динамические характеристики и на коэффициент сопротивления. Впервые автором представлена одномассовая колебательная расчетная схема подвески в общей колебательной системе автомобиля, в которой учтена нелинейность и несимметричность динамических характеристик гасителя колебаний. Изложен подход к осуществлению мониторинга технического состояния автомобильных амортизаторов с применением математического аппарата спектрального анализа, позволяющий оперативно оценить их пригодность к дальнейшей эксплуатации по рассогласованию спектральной плотности вертикальных ускорений поддрессоренных масс. Предложенная система позволяет оперативно производить мониторинг технического состояния автомобильных амортизаторов, определять их остаточный ресурс, не используя дополнительное диагностическое оборудование, обеспечив тем самым предотвращение критического износа элементов амортизатора и повышение надёжности системы подвески, а также безопасности и комфорта движения автомобиля.

Ключевые слова: спектральный анализ, подвеска, автомобильный амортизатор, мониторинг, надёжность, плавность хода, спектральная плотность.

APPLICATION OF SPECTRAL ANALYSIS IN DIAGNOSTICS OF CAR SUSPENSION

M.A. Bolotskij, student
A.G. Ostrenko, Senior Lecturer,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: This article discusses the impact of the reliability of automotive shock absorbers on road safety. A description of the shortcomings of stationary systems for monitoring the technical condition of automotive vibration dampers. A block diagram of the adaptive monitoring system of the technical condition of automotive shock absorbers has been compiled. The economic feasibility of introducing a system of continuous monitoring of the technical condition of automotive shock absorbers, avoiding the cost of expensive diagnostic equipment, payment of labor to operators and reducing the coefficient of technical readiness of motor vehicles. The effect of wear on the parts of the shock absorber on its dynamic characteristics and on the drag coefficient is estimated. For the first time, the author presents a single-mass oscillatory design diagram of a suspension in the overall oscillatory system of a car, which takes into account the nonlinearity and asymmetry of the dynamic characteristics of the vibration damper. The approach to monitoring the technical condition of automotive shock absorbers using the mathematical apparatus of spectral analysis, which allows

to quickly assess their suitability for further operation by the mismatch of the spectral density of the vertical accelerations of the sprung masses, is presented. The proposed system allows you to quickly monitor the technical condition of automotive shock absorbers, determine their residual life without using additional diagnostic equipment, thereby preventing critical wear of the shock absorber elements and increasing the reliability of the suspension system, as well as the safety and comfort of the vehicle.

Keywords: *spectral analysis, suspension, automotive shock absorber, monitoring, reliability, smoothness, spectral density.*

По статистическим данным ГИБДД Российской до 72% ДТП совершается при применении водителями режима экстренного торможения и до 60% сопровождается потерей устойчивости и управляемости.

В связи с постоянно увеличивающимся количеством автотранспортных средств, возрастанием средних скоростей движения диагностика технического состояния подвески автомобиля становится важной и актуальной задачей. Новые автомобили проходят гарантийное обслуживание на фирменных станциях технического обслуживания или в дилерских центрах, а после (по истечении 3...5 лет) - на СТО с меньшей стоимостью нормо-часа по сравнению с фирменной СТО. Зачастую обслуживание происходит в крайнем случае – при отказе. Поскольку необходимое оборудование (линии инструментального контроля со стендами) достаточно дорогое. Если учесть, что за последние годы увеличилась мощность двигателей и выросли скорости движения, то возникла необходимость объективного, своевременного мониторинга состояния подвески, непосредственно влияющего на безопасность движения и эффективность использования транспортных средств.

На сегодняшний день наиболее полно отвечают требованиям объективной оценки технического состояния подвески автомобиля линии инструментального контроля, содержащие в своем составе: тормозной стенд, стенд проверки ходовой части автомобиля, тестер бокового увода автомобиля [1] и др. Интересен метод диагностирования подвески по свободным колебаниям, основанный на сравнении эталонной кривой затухающих колебаний кузова с кривой, полученной в процессе испытаний. Эти кривые могут быть получены двумя методами: подъемом и сбрасыванием авто-

мобиля с определенной высоты (обычно 10...15 см. [1]).

Наиболее распространены стенды, в которых применяются резонансный метод измерения амплитуды колебаний МАНА/BOGE и метод измерения сцепления с дорогой (EUSAMA).

Несмотря на различия методов диагностики состояния подвески их объединяет одно – диагностика осуществляется периодически и проводится только в условиях СТО. Отсутствует непрерывный контроль состояния подвески, которое зависит от условий эксплуатации транспортного средства, субъективных факторов и даже заводского качества элементов подвески. Это может влиять на показатели автомобиля и стоимость ремонта.

Развитие микропроцессорной техники привело к появлению новых высокоточных быстродействующих устройств, способных принимать и передавать информацию о технических, в т.ч. транспортных объектах с высокой точностью и высокой степенью достоверности.

В связи с этим появляется возможность мониторинга узлов подвески (например, амортизаторов) транспортных средств в реальном времени без использования стендового оборудования, оснатив автомобили соответствующей системой автодиагностирования и применив к входным и выходным данным математический аппарат спектрального анализа колебаний.

В ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» разработан вариант такой системы.

Система состоит из семнадцати датчиков, микроконтроллера и информационного табло.

Первая группа датчиков ускорения закрепляется на рычагах подвески, связанных

с неподрессоренными массами автомобиля, а вторая группа датчиков ускорения – на кузове, в зоне колёсных арок. На каждом колесе устанавливается датчик давления воздуха в шинах. На корпусе каждого амортизатора закрепляется датчик температуры.

Система работает следующим образом. В процессе движения колёса автомобиля при наезде на неровности совершают колебательные движения, ускорения которых фиксируются датчиками.

Так же, но уже с другими параметрами колебаний, перемещается кузов транспортного средства [2, 4]. Информация об ускорениях с колёсных датчиков и датчиков, закреплённых на кузове, передаётся на микроконтроллер. Также на микроконтроллер поступает информация о давлении воздуха в шинах, о температуре амортизаторов и скорости перемещения транспортного средства с датчика скорости движения.

На рис. 1 представлена структурная схема работы описанной системы.

Математическая модель программы исчерпывающе описана в работах [5-10].

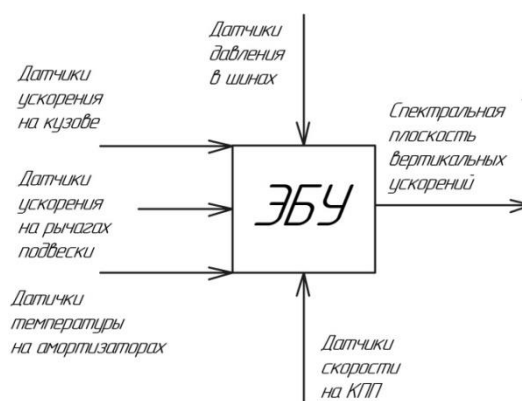


Рис. 1. Структурная схема работы системы адаптивной системы мониторинга

В процессе эксплуатации транспортного средства в течение адаптационного периода происходит формирование массива данных спектров колебаний поддрессоренных масс автомобиля и соответствующих им спектрам колебаний непод-дрессоренных масс. В определённый период в микроконтроллере образуется полная спектрограмма исходных (базовых)

колебаний поддрессоренных и неподдрессоренных масс. Пример таких поверхностей спектральных плотностей колебаний поддрессоренных масс в зависимости от скорости движения представлен на рис. 2 и 3.

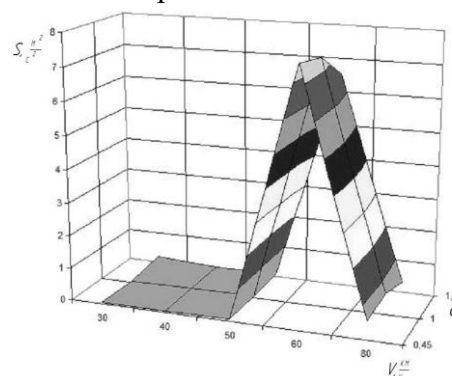


Рис. 2. Спектральная плотность колебаний поддрессоренной массы автомобиля при частоте 1Гц: S - спектральная плотности; V - скорость движения автомобиля; σ - величина износа поршневого кольца.

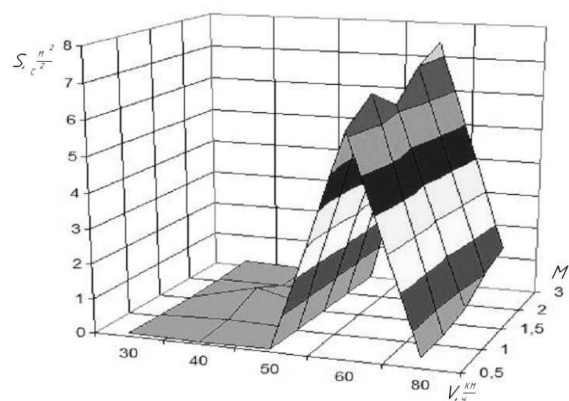


Рис. 3. Спектральная плотность колебаний поддрессоренной массы автомобиля при частоте 1Гц: S - спектральная плотности; V - скорость движения автомобиля; M - момент затяжки пружины клапана

В дальнейшем при естественном износе в процессе эксплуатации динамические характеристики амортизатора ухудшаются, причём плавно и незаметно для водителя. Наиболее характерными неявными отказами амортизаторов являются износ поршневого кольца, который приведёт к регрессии динамической характеристики на клапанном участке, и потеря упругости пружин клапанов, которая приведёт к регрессии на дроссельном участке.

Сформированный набор данных сравнивает базовые и действительные значения спектральной плотности вертикальных ускорений подрессоренной массы при различных спектральных плотностях вертикальных ускорений неподдресоренной массы, которые обусловлены скоростью движения автомобиля и типами дорожных покрытий.

Согласно ОСТ 37.001.440-86 допустимые отклонения значений сопротивлений усилию и сжатию амортизатора не должны превышать 20 %. Таким образом, предельным значением спектральной плотности

будет являться величина, отличающаяся более чем на 20 % от базовых значений, сформировавшихся в калибровочных таблицах.

Предложенная система позволяет оперативно производить мониторинг технического состояния автомобильных амортизаторов, определять их остаточный ресурс, не используя дополнительное диагностическое оборудование, обеспечив тем самым предотвращение критического износа элементов амортизатора и повышение надёжности системы подвески, а также безопасности и комфорта движения автомобиля.

Список литературы:

1. Сергиенко Н.Е.. Диагностика технического состояния подвески автомобиля бортовым устройством / Н.Е. Сергиенко, Н.В. Мирошниченко // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков, 2012. Вып. № 64 (970). – С. 75 – 80.
2. Akopjan R., Lejda K. Theoretical and operational problems of buses and their prime movies/ R. Akopjan. – Lvov: “Meta”, 2002. – 450 p.
3. Akopjan R., Lejda K. Some problems of theory, constructions exploitation of automotive transport facilities. / R. Akopjan. – Lvov: “BMC”, 2006. – 579 p.
4. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель // Под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
5. Остренко А.Г. Система мониторинга технического состояния амортизаторов автомобиля / А.Г. Остренко, С.В. Огрызков // Вісник СевНТУ. Машино-приладобудування та транспорт. Зб. наук.пр. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2013. – Вип.143. – С.232-235.
6. Остренко А.Г. Контроль технического состояния амортизаторов автомобиля в процессе движения // А.Г. Остренко, С.В. Огрызков // Вісник СевНТУ. Машиноприладобудування та транспорт. Зб. наук.пр. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2014. – Вип.152. – С.82-85.
7. Остренко А.Г. Определение остаточного ресурса амортизаторов автомобиля путём мониторинга их технического состояния // Международный научный журнал «Инновационная наука», 8/2015, ТОМ 2, ISSN 2410-6070, ООО «АЭТЕРНА», 2015. – Выпуск 8. – с. 62-66
8. Остренко А.Г. Повышение надёжности системы подвески автомобилей путём мониторинга технического состояния амортизаторов // Научный журнал «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование», №1(53) 2017, ISSN 1813-9108, Иркутский государственный университет путей сообщения, 2017. – Выпуск №1. – с.171-174.
9. Остренко А.Г. Диагностирование подвески автомобиля путём мониторинга технического состояния амортизаторов / А.Г. Остренко, А.А. Ветрогон, А.А. Харченко // Techniczno-organizacyjne aspekty projektowania procesów i urządzeń, Lublin University of Technology. Faculty of Mechanical Engineering; 978-83-7947-267-3; Monografie - Politechnika Lubelska, (Технико-организационные аспекты проектирования процессов и оборудования), Том.1 - с. 126 – 131.

УДК 351.81

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

А.В. Мешков, студент,
ФГАОУ ВО “Севастопольский государственный университет”
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: world2000054@gmail.com

Аннотация: На данный момент информационные технологии становятся важной составляющей для реализации и поддержания уверенного и безопасного функционирования транспортных комплексов и перевозок. Компьютерные и информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети и АСУ ТП (автоматизированные системы управления технологическим процессом) в области транспортной промышленности являются частью неустойчивой и критической информационной инфраструктуры. В связи со всем вышеперечисленным, учёные и эксперты в данной сфере стараются как можно больше уделять внимание вопросам обеспечения информационной безопасности. К объектам защиты относят, как правило, следующее: системы для полноценного, комплексного учета, планирования и управления бизнес-процессами, в том числе для управления транспортными перевозками и перевозчиками, для автоматизированных систем жизнеобеспечения транспортных средств, систем безопасности информационных и телекоммуникационных сетей.

Субъекты транспортной инфраструктуры и перевозчики формируют при осуществлении различных типов перевозок (воздушных, железнодорожных, автомобильных) базы данных, в которых имеются персональные данные пассажиров и членов экипажа транспортных средств. Информация о них подлежит передаче в единую государственную систему обеспечения транспортной безопасности, что также регулируется законодательством в области персональных данных и требует защиты.

Механизмы, используемые для обеспечения информационной безопасности, могут различаться, в зависимости от реальных и актуальных угроз безопасности, предъявляемых нормативных требований и уровня приемлемого риска для компании.

Ключевые слова: безопасность, транспортная безопасность, информационная безопасность, кибератака, киберпреступность, киберзащита, транспортная компания.

ENSURING INFORMATION SECURITY IN TRANSPORT

A.V. Meshkov, student,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: At this moment, information technologies are becoming an important component for the implementation and maintenance of a confident and safe functioning of transport complexes and transportation. Computer and information systems, information and telecommunication networks and an automated process control system (automated process control systems) in the field of transport industry are part of an unstable and critical information infrastructure. In connection with all of the above, scientists and experts in this field are trying to pay attention to information security issues as much as possible. The objects of protection include, as a rule, the following: systems for high-grade, integrated accounting, planning and management of business processes, including transportation and carrier management, for automated life support systems for vehicles, information security systems and telecommunication networks.

Transport infrastructure entities and carriers form various types of transportation (air, rail, road) databases that contain personal data of passengers and vehicle crew members. Information about them is subject to transfer to a unified state system for ensuring transport security, which is also regulated by legislation in the field of personal data and requires protection.

The mechanisms used to ensure information security may vary, depending on the actual and current security threats, regulatory requirements and the level of acceptable risk for the company.

Keywords: security, transport security, information security, cyber attack, cybercrime, cyber defense, transport company.

При внедрении цифровых информационных технологий в транспортной отрасли проблема защиты информации стала приоритетной в направлении обеспечения безопасности на транспорте. Защита информационных транспортных систем является серьезной задачей для любого развитого государства.

Транспорт – это жизненно важная отрасль экономики, потому вопрос информационной безопасности стоит здесь крайне остро. Хакерская активность в отношении транспортных предприятий может парализовать их работу, создавая огромные неудобства для пассажиров и приводя к немалым убыткам компании-перевозчики.

События, произошедшие 11 сентября 2001 г. в США, дали ясно понять, что безопасность в современной транспортной отрасли является задачей номер один. Для предотвращения различных кибератак в январе 2013 г. Президент Российской Федерации Владимир Путин дал поручение ФСБ разработать систему по прогнозу и предотвращению кибератак, а в конце июля 2013 г. утвердил «Основы государственной политики Российской Федерации в области международной информационной безопасности на период до 2020 года». Все эти меры необходимы для повышения комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы Российской Федерации, при этом не стоит забывать о безопасности информационных технологий, которые повышают эффективность и конкурентоспособность России среди других стран.

Не только российское сообщество, но и мировое придало особое внимание применению информационных технологий для обеспечения безопасности на транспорте, в частности в направлении авиации. После исчезновения в марте 2014 г. самолета Boeing 777, рейс МН 370 Малазийских авиалиний, с 239 людьми на борту, в ноябре 2015 г. на Всемирной конференции по радиосвязи в Женеве (Швейцария) было достигнуто

согласие о распределении радиочастотного спектра для глобального слежения за рейсами гражданской авиации [1].

Остановимся подробнее на совершенствовании систем информационной безопасности. Придавая большое значение укреплению кибербезопасности, Европейская комиссия и другие институты ЕС наращивают усилия в этом направлении, как в рамках Европейского союза, так и на международной арене. Нормативно-правовая база ЕС по кибербезопасности постоянно совершенствуется. Ключевым концептуальным документом, определяющим приоритеты, цели и основные задачи органов и государств-членов ЕС, является стратегия кибербезопасности ЕС. Согласно Стратегии, основные усилия ЕС направлены на решение пяти приоритетных задач:

1. Повышение устойчивости информационных и коммуникационных систем и критической инфраструктуры к кибератакам;
2. Резкое снижение уровня киберпреступности;
3. Разработка политики киберзащиты ЕС;
4. Создание производственно-исследовательской базы для обеспечения кибербезопасности;
5. Участие в формировании международной политики информационной безопасности и продвижении интересов ЕС в этой области на мировой арене.

В настоящее время предприняты конкретные шаги для реализации Стратегии. В ЕС был создан форум экспертов по сетевой и информационной безопасности NISP (Network and Information Security Platform) и сформированы три специализированные рабочие группы:

1. По антикризисному управлению в сфере кибербезопасности;
2. Об обмене информацией и технологиями между заинтересованными сторонами ЕС;

3. О согласовании подходов к исследованиям и разработкам, внедрению инноваций в области ИКТ и кибербезопасности [2].

Профессор Лондонского университета Дэвид Стэпплс (David Stapples), эксперт по кибербезопасности сказал следующее:

«Большинство транспортных компаний используют информационные технологии и информационные системы (бизнес-планирование, планирование маршрутов, технические и эксплуатационные услуги, заказы и обслуживание клиентов). Зависимость сегодня такова, что любой сбой в системе может привести к прекращению нормальной работы компании на несколько часов, что может привести к значительным потерям за очень короткий промежуток времени. Защита от враждебной киберактивности становится сегодня чрезвычайно важной. Вот четыре основных меры, которые, если их использовать вместе, обеспечат максимальную защиту:

1. Необходимо убедиться, что программное обеспечение, связанное с операционными системами и рабочими процессами (например, Microsoft Office, учет и обработка заказов, управление операциями), своевременно обновляется (последние версии, исправления безопасности). Это также включает в себя регулярные обновления антивирусного программного обеспечения.

2. Необходимо обучать ИТ-персонал и быть в курсе обновлений и проблем, связанных с кибербезопасностью и защитными процедурами (особенно в распознавании подозрительных электронных писем). Программное обеспечение компании не должно использоваться сотрудниками в личных целях (например, для интернет-серфинга), чтобы избежать «мимолетного заражения». Компании должны избегать использования временного персонала с доступом к конфиденциальным системам и данным, так как инсайдеры являются самой опасной угрозой.

3. Все конфиденциальные данные должны быть зашифрованы, чтобы избежать разглашения. Информация должна быть скопирована на физический носитель в случае атаки программы вымогательства.

4. Также необходимо проводить регулярную оценку киберугроз с использованием необходимых инструментов оценки рисков и организовывать учебные занятия. А также раз в неделю посещать сайты производителей антивирусного программного обеспечения, чтобы быть в курсе последних угроз и рисков.

Все вышеперечисленные меры имеют относительно низкую стоимость и просты в реализации» [3].

В последние годы хакеры все чаще нацелены на взлом устройств сотрудников компаний. Это объясняется тем, что благодаря технологиям социальной инженерии гораздо проще обманом заставить пользователя перейти по вредоносной ссылке, чем пытаться взломать систему защиты предприятия. На компьютер пользователя загружается вредоносное программное обеспечение, которое контролируется хакером и выполняет разного рода действия: выводит из строя критически важный сервис, пересылает хакеру базу персональных данных, шифрует данные на компьютерах и серверах сети с требованием выкупа за дешифрование файлов.

К сожалению, до сих пор далеко не все компании внедрились системы защиты, позволяющие блокировать такого рода угрозы. Успешно проведенные атаки 2018 года показали, что дальше игнорировать серьезность данного тренда нельзя, а отсутствие актуальной защиты чревато нанесением существенного ущерба как работе ресурсов транспортной компании, так и ее репутации.

Транспортная компания, как правило, имеет масштабную географически распределенную сеть, включающую в себя большое количество ресурсов, пользователей, систем и сегментов. Это значит, что администраторы безопасности ежедневно обрабатывают все больше и больше запросов по созданию/изменению объектов сети/пользователей, предоставлению/изменению прав доступа и так далее. Следовательно, компания нуждается в такой системе управления безопасностью, которая позволяла бы управлять всеми средствами защиты, вне зависимости от их территориального расположения или исполнения, с

единой консоли. Такая система должна облегчить описание и изменение политики и настроек функционала защиты и автоматизировать рутинные задачи. Система управления также должна включать интегрированную систему консолидации и корреляции событий для быстрого и детального анализа защищенности сети транспортной компании, поддерживающую обработку большого количества событий безопасности. Благодаря такой системе возможно освободить время администраторов на другие задачи безопасности, а также снизить вероятность ошибок, вызванных человеческим фактором [4].

В последние годы хакеры все больше внимания уделяют взлому устройств сотрудников компании. Это связано с тем, что благодаря технологиям социальной инженерии гораздо легче обмануть пользователя, используя вредоносную ссылку, чем пытаться проникнуть в систему безопасности предприятия. Вредоносное программное обеспечение загружается на компьютер пользователя, который отслеживается хакером и выполняет различные виды действий: отключает критически важную службу, отправляет базу данных личных данных хакеру, шифрует данные на компьютерах и сетевых серверах, запрашивая выкуп за расшифровку файлов.

К сожалению, не все компании еще внедрили системы безопасности, чтобы блокировать такие угрозы. Успешные атаки в 2018 году показали, что серьезность этой тенденции больше нельзя игнорировать, а отсутствие реальной защиты чревато значительным ущербом как работе ресурсов транспортной компании, так и ее репутации.

Транспортная компания, как правило, имеет масштабную территориально распределенную сеть, которая включает в себя большое количество ресурсов, пользователей, систем и сегментов. Это означает, что администраторы безопасности ежедневно обрабатывают все больше запросов на создание/изменение сетевых объектов/пользователей, предоставление/изменение прав доступа и т.д. Следовательно, компании нужна система управления безопасностью, которая позволила бы ей

управлять всеми средствами защиты, независимо от их местоположения или исполнения, с единой консоли. Такая система должна облегчать описание и изменение политики и настроек функций защиты и автоматизировать рутинные задачи. Система управления также должна включать в себя интегрированную систему консолидации и корреляции событий для быстрого и подробного анализа безопасности сети транспортной компании, поддерживающую обработку большого количества событий безопасности. Благодаря этой системе можно освободить время администраторов для других задач безопасности, а также снизить вероятность ошибок, вызванных человеческим фактором [1].

Сегодня у России есть возможность опередить конкурентов и развить единый билетный сервис на все виды транспорта, заняв лидирующие позиции на европейском пространстве. Исходя из требований законодательства о хранении персональных данных россиян с использованием баз данных, расположенных в России, предлагается создать российскую GDS (GlobalDistributionSystem) на основе информационных ресурсов системы «Сирена РЖД».

Инициатива по созданию единого российского билета может стать системообразующим проектом в области импортозамещения программного обеспечения и преодоления глобальной монополии США в области информационных технологий. Российская GDS станет ключевым элементом в формировании международного сотрудничества, поскольку она, несомненно, найдет понимание и поддержку в странах, стремящихся оказать давление на американцев в сфере информационных технологий.

Новой областью информационной безопасности на транспорте является использование автономных транспортных средств, прежде всего беспилотных летательных аппаратов. По оценкам экспертов, международные нормативные стандарты и технические платформы для управления автономными транспортными средствами будут сформированы к 2020 году. Работы в этом направлении ведутся отечественными учеными уже несколько лет. Российские раз-

работки значительно опережают своих зарубежных аналогов, что позволит нам продвигать нашу продукцию на международные рынки [3].

Информационная безопасность давно играет ключевую роль в операционной деятельности крупных российских компаний, и самое пристальное внимание уделяется борьбе с киберугрозами. Проблема обеспе-

чения информационной безопасности и цифрового суверенитета России остается актуальной, особенно в свете напряженных отношений с Западом и антироссийских санкций. Таким образом, приоритет информационной безопасности критической инфраструктуры, прежде всего транспортной, становится очевидным.

Список литературы:

1. Зворыкина Ю.В., Глущенко В.В. Обеспечение информационной безопасности на транспорте [Электронный ресурс]. - <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-informatsionnoy-bezopasnosti-na-transporte> (дата обращения: 26.02.2019).
2. П.Э. Шлендер. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Вузовский учебник. - 304 с.. 2008.
3. Информационная безопасность на транспортных предприятиях [Электронный ресурс]. - https://securenews.ru/information_security_on_transport/ (дата обращения: 26.02.2019).
4. Лукацкий А. Информационная безопасность предприятий транспорта решения Cisco Systems [Электронный ресурс]. - <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-bezopasnost-predpriyatiy-transporta-resheniya-cisco-systems> (дата обращения: 26.02.2019).

УДК 629.3.027.5

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ШИН

М.А. Большакова, студент

А.С. Домнина, ассистент,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: anna111000@mail.ru

Аннотация: проблема переработки изношенных автомобильных шин имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Те же самые характеристики, которые делают изношенные шины проблемой отходов, делают их одним из самых многократно используемых отходов. В настоящее время, имея достаточную нормативно законодательную базу, проблема с утилизацией автомобильных покрышек остается нерешенной. Основной причиной проблемы утилизации и рециклинга резиновых отходов и, в частности автомобильных шин, является недостаточное внедрение эффективных технологий переработки данного вида вторсырья. В статье поднимается вопрос об утилизации изношенных автомобильных шин. Рассмотрены современные механические и химические методы технологий утилизации изношенных автомобильных шин. Представлены как положительные, так и отрицательные аспекты применения той или иной формы утилизации. Изложены различные варианты применения резиновой крошки, металлического и текстильного корда, а также элементов, полученных после химической переработки. Приводятся описание процесса пиролиза и схемы технологических процессов механического измельчения, низкотемпературной утилизации шин и бародеструкционной технологии. Технология переработки шинной резины должна быть максимально эффективной в плане стоимости и качества получаемого вторсырья или готовой продукции.

Ключевые слова: изношенные шины, утилизация, резиновая крошка, пиролиз, металлический и текстильный корд, рециклинг.

REVIEW OF MODERN TIRE UTILIZATION METHODS

M.A. Bolshakova, student
A.S. Domnina, assistant,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: the problem of processing of worn-out car tires has great ecological and economic value for all developed countries of the world. The same characteristics which do worn-out buses by a problem of waste do them by one of the most repeatedly used waste. Now, having sufficient normative legislative base, the problem with utilization of automobile tires remains unresolved. A basic reason of a problem of utilization and a recycling of rubber waste and, in particular car tires, is insufficient implementation of effective technologies of processing of salvage of this type. In article the question of utilization of worn-out car tires is brought up. Modern mechanical and chemical methods of technologies of utilization of worn-out car tires are considered. Both positive, and negative aspects of application of this or that form of utilization are presented. Different options of application of a rubber crumb, a metal and textile cord and also the elements received after chemical processing are stated. Process description of pyrolysis and the scheme of technological processes of mechanical crushing, low-temperature utilization of buses and barodestruktsionny technology are given. The technology of processing of tire rubber should be the most effective in respect of the cost and quality of the received salvage or finished goods.

Keywords: used tires, recycling, crumb rubber, pyrolysis, metal and textile cord, recycling.

Изношенные шины являются сильным источником загрязнения атмосферы. Высокая экологическая опасность шин связана, с токсическими свойствами материалов, из которых они изготовлены, и свойствами химических веществ, которые выделяются в окружающую среду во время эксплуатации, обслуживания, ремонта и хранения шин.

В наибольших количествах выделяются продукты разложения каучуков (мономеры), реакционные и токсичные химические соединения, предшественники канцерогенов, канцерогены. В воздух также поступают соединения хлора, серы и азота, оксиды металлов. Несмотря на это, в отработанных шинах можно найти и набор полезного для переработки материала: металл, каучук, а также текстильный корд.

В настоящее время существующие методы переработки шин можно разделить на два типа: физические и химические методы [1].

С применением физических методов резина претерпевает измельчение или дробление, но при этом не меняет своей изначальной структуры. Химические методы разрушают резину и позволяют расщепить ее на составляющие элементы, которые можно использовать как топливо.

Технологический процесс механического измельчения (рис. 1) включает в себя три этапа: предварительная резка шин на куски; дробление кусков резины и отделение металлического и текстильного корда; получение тонкодисперсного резинового порошка.

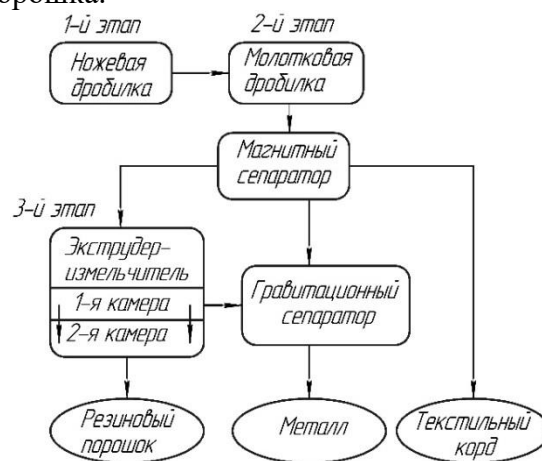


Рис. 1. Технология механического измельчения

Еще один современный механический метод - это низкотемпературная технология утилизации. Процесс утилизации показан на рис. 2. Дробление шины производится при температурах псевдохрупкого состояния резины (-60...-90°C).

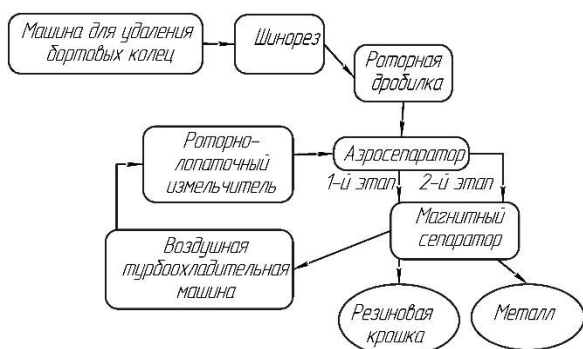


Рис. 2. Технологический процесс низкотемпературной утилизации шин

В настоящее время для получения температур такого диапазона используют turbo-холодильные машины, что позволяет снизить себестоимость получения холода в 3-4 раза, по сравнению с применением жидкого азота.

Следующий вид утилизации - это бародеструкционная технология (рис. 3).



Рис. 3. Технологический процесс бародеструкционная технология

Данная технология основана на явлении квазисжижения резины при высоких давлениях и истечении ее через отверстия специальной камеры. Резина и текстильный корд при этом отделяются от металлического корда и бортовых колец, измельчаются и выходят из отверстий в виде первичной резиноканевой крошки (более 3 мм), которая подвергается дальнейшей переработке: доизмельчению и сепарации.

Озоновая технология заключается в продувании озоном автомобильных по-

крышек, что приводит к полному их рассыпанию в мелкую крошку с отделением от металлического и текстильного корда. Эта технология экологически безвредна, потому что озон окисляет все вредные газообразные выбросы.

Резиновая крошка обладает широким и обширным применением в различных областях. Потребность в резиновой крошке и её недостаток испытывают многие Российские предприятия. Из полученной резиновой крошки производят следующие изделия:

- регенерированная резина;
- производства новых автопокрышек (как наполнитель до 10-15 %);
- сырая резина;
- производства резиновых деталей для автомобилей;
- вспенивающийся каучук;
- производство резиновых шлангов;
- ковры для спортивных площадок и футбольных полей;
- заливные бесшовные резиновые покрытия;
- подошвы для обуви;
- подкладок под ЖД рельсы и железнодорожную фурнитуру;
- сантехнических прокладок;
- резиновой кровли;
- добавки в асфальт (15-70 тонн на 1 километр покрытия);
- гранулы ЕРДМ;
- резиновой брусчатки;
- протекторной ленты для восстановления колес;
- прокладок и уплотнителей для дверей и окон;
- причальных отбойников;
- тампонирующее нефтяных скважин и т.д.

Текстильный корд применяют как исходное сырье для изготовления теплозвукоизоляционных плит; для тампонирующего скважин при бурении; в качестве армирующего наполнителя при изготовлении композиционных эластомерных материалов.

Металлический корд, после физической переработки, используют в качестве исходного сырья для получения ответственных марок стали; армирующего наполнителя при изготовлении строительных и дорожных конструкций.

Существуют два способа сжигания с целью утилизации энергии: прямой и косвенный.

Прямой способ – сжигание отходов на полигонах промышленных отходов или измельчение отходов и сжигание их в качестве топлива. Оба этих варианта недопустимы с точки зрения экологии.

Косвенный способ (химические способы переработки) – более экологичны, и позволяют получить как топливо, так и ценные химические вещества.

Технологии химической переработки основаны на пиролизе (термическом разложении, при недостатке кислорода, макромолекул резины на более мелкие молекулы).

Существует три этапа химической переработки. Во время подготовки сырья шины разделяются на протекторную часть и борты. Далее происходит пиролиз. Сырье нагревается до 450 °С без доступа воздуха. В процессе разложения резины выделяется пиролизный газ, который конденсируется в масло, часть газа используется для поддержания процесса пиролиза. По окончании пиролиза происходит разделение элементов: металлокорд отделяется от пироуглерода.

В результате пиролизной утилизации из старых покрышек получают следующие продукты:

- синтетическая нефть (основа для производства различных нефтепродуктов, в том числе топлива);
- технический углерод (используется как краситель для бетона, для изготовления транспортных лент, изготовления тротуарной плитки);

- металлокорд (вторично применяют для производства новых покрышек или идет на металлолом);

- термолизный газ (используется для установки по утилизации шин или на мини котельных в целях обеспечения теплом).

К положительным факторам метода пиролиза можно отнести: меньший вред экологии и полное отсутствие высокотоксичных веществ в продуктах переработки; никаких производственных отходов; экономичность процесса и минимальные затраты электроэнергии; обширный спектр возможного применения продуктов от переработки резины. [4]

Общемировые объемы шинных отходов и резины более 25 млн. тонн. Цифра с каждым годом увеличивается как минимум на 7 млн. тонн. На европейские страны приходится около 2 млн т (3 млрд шт. отработавших автомобильных шин). Из этого количества в мире только 23% отработавших шин находят применение (экспорт в другие страны, сжигание в целях получения энергии, механическое измельчение для покрытия дорог и др.), а оставшиеся 77% не утилизируют из-за отсутствия рентабельного способа утилизации [2-3].

Утилизация шин – отрасль, развитие которой в России, на сегодняшний день необходимо. Ведь это не только деятельность, позволяющая защитить экологию и наше здоровье, но и перспективный бизнес, который помогает сохранять природные ресурсы, создавая востребованное для промышленности вторичное сырье.

Список литературы:

1. Виноградов В.М., Черепашин А.А., Солдатов В.Ф. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств: учебное пособие. – М.:КУРС:ИНФРА-М, 2016. – 346 с.
2. ГОСТ Р 54095-2010 Ресурсосбережение. Требования к экобезопасной утилизации отработавших шин.
3. Нихаева А.В., Оганисян Ж.С. К вопросу об утилизации отработанных автомобильных шин // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 6.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vtorothodi.ru/pererabotka/pererabotka-shin-pirolizom>.

УДК 629.3.027

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОДВЕСКОЙ

А.К. Кеян, студент,

П.К. Сопин, доц.,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: panteradimejic@gmail.com

sopin.pavel@sevsu.ru

Аннотация: В работе рассмотрено устройство, принцип работы и система управления электромагнитной подвеской. Выявлены основные проблемы, с которыми сталкиваются разработчики управляемых подвесок. Описан закон управляемости актуатором в зависимости от показаний датчиков. В данной статье описан алгоритм работы электромагнитной подвески и доказана ее эффективность. Она заключается в возможности подстраиваться под различные виды дорожного полотна, а также имеет возможность изменения параметров вручную. Функционирование системы осуществляется за счет считывания данных со множества датчиков – устройств, контролирующих работу автомобиля, данные которых, обрабатывает электронный блок управления и передает на электромагнитный амортизатор. Анализ информации с датчиков дает возможность приводам перемещаться таким образом, чтобы всегда обеспечивать максимальную устойчивость. Выполнены расчеты показателей работы подвески при различных условиях, а также сравнительный анализ эффективности электромагнитной подвески, по сравнению с другими видами подвески. Составлена собственная система взаимодействия различных датчиков автомобиля с электронным блоком управления и дальнейшее взаимодействие магнитоореологическим амортизатором. Дальнейшие исследования будут направлены на уточнение алгоритма работы системы управления электромагнитной подвеской и определение параметров и взаимосвязи работы полной системы.

Ключевые слова: электромагнитная подвеска, амортизатор, магнитоореологическая жидкость, датчик, актуатор, максимальная устойчивость автомобиля, вертикальное ускорение

OPERATION ALGORITHM ELECTROMAGNETIC SUSPENSION SYSTEM

A.K. Keyan, student,

P.K. Sopin, associate professor,

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,

Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: In the article discusses the principle of work and control system of electromagnetic suspender is considered. The main problems that mechanics of controlled suspensions face are clarified. Set out the law of controllability by the actuator, depending on the readings of the sensors. This article describes the algorithm of the electromagnetic suspension and proved its effectiveness. It is the ability to adapt to different types of roadbed, and also has the ability to change the parameters manually. Functioning of system is carried out due to data read-out from set of sensors – the devices controlling work of the car which data, the electronic control unit processes and transfers to the electromagnetic absorber. Analysis of information from the sensors allows the drives to move in such a way as to always ensure maximum stability. The calculations of the suspension performance under various conditions are performed. Own system of interaction of various sensors of the car with electronic control unit and further interaction by the magnetorheological absorber is made. Further research will be aimed at clarifying the algorithm of the operation of the electro-

magnetic suspension control system and the definition of parameters and the relationship of the complete system.

Keywords: *electromagnetic suspension, shock absorber, magnetorheological fluid (MRF), sensor, actuator, maximum vehicle stability, vertical acceleration*

Одним из современных видов автомобильных подвесок является, так называемая, электромагнитная подвеска. На протяжении долгого времени идут разработки подвесок, управление которых выполняется на основе электронных схем или контроллеров, которые, в свою очередь, реализуют значение параметров подвески по некоторому детерминированному закону. Подобные системы требуют оснащения подвески определенными датчиками и исполнительными устройствами. Контролер устанавливает фиксированное отображение показаний датчиков в заранее определенные команды исполнительным устройствам, реализующим указанные значения параметров подвески [1]. Таким способом можно реализовать гораздо более сложные детерминированные законы управления, чем посредством механических и гидравлических устройств. Такого рода системы могут управлять подвеской более динамично и точно, чем это может делать человек-водитель. Основные проблемы такого типа систем связаны как со сложностями в построении точной математической модели автомобильной подвески, так и с необходимостью создания специальных исполнительных устройств – актуаторов.

Примером таких управляемых механизмов является амортизатор переменной вязкости, где в качестве жидкости используется так называемая магнито-реологическая жидкость (MRF). Она представляет собой суспензию в масле очень мелкодисперсных металлических магнитных частиц – диполей. Металлические диполи могут управляться внешним магнитным полем, создаваемым соленоидом, заставляющем их одновременно ориентироваться в заданном направлении, например, вдоль или поперек потока жидкости, что и приводит к изменению вязкости MRF в заданном направлении. Такой актуатор имеет очень высокое быстродействие, он может переключаться до 1000 раз в секунду. Вы-

сокое быстродействие системы и широкий диапазон рабочих режимов делают ее очень эффективной. Примером подвески с MRF является подвеска MagneRide.

Разработчики управляемых подвесок такого типа сталкиваются со следующей проблемой. Закон управления актуатором в зависимости от показаний датчиков, даже если он детерминированный, должен быть рассчитан заранее и зафиксирован в каком-либо виде в контроллере. Вышеизложенный закон управления рассчитывается на основании анализа математической модели динамики объекта управления – движения корпуса и подвески автомобиля в тех или иных возможных условиях. Далее составляется математическая модель объекта управления и находится ее обратное решение, которое указывает, какие управляющие воздействия следует развить актуатору, чтобы в текущих условиях привести объект управления к заданному желаемому состоянию. Проблема состоит в том, что разработать точную математическую модель автомобиля очень трудно. Попытки учесть чуть более сложные и реалистические элементы автомобиля делают его математическую модель чрезмерно сложной и не поддающиеся расчетам. Ситуацию усложняет то обстоятельство, что свойства реального автомобиля постоянно изменяются даже в течение одной поездки – изменяется его масса в результате изменения числа пассажиров или массы груза, изменяется температурный режим, свойства конструктивных элементов, свойства дороги, режим движения. Поэтому всякая зафиксированная математическая модель в целом оказывается неверной, а качество управления, следовательно, ограничено.

В зависимости от значения ускорения кузова, усилия на подвеске, режима работы подвески, рассчитывается необходимое сопротивление амортизатора и необходимый коэффициент сопротивления амортизатора μ , Н·с/м

$$\mu = \frac{P_c}{V_{III}},$$

где P_c – сила сопротивления, определенная электронным блоком управления, Н.

Регулирование силы сопротивления амортизатора может осуществляться с помощью магнитореологической жидкости.

Система MagneRide [2], созданная компанией Delphi, реализует первую в автопромышленности технологию полуактивной подвески без электромеханических клапанов. Система полуактивной подвески на основе магнитореологической жидкости (MR-жидкости) состоит из цилиндрической стойки, заполненной MR-жидкостью (рис. 1), цилиндрических амортизаторов, набора датчиков и бортового контроллера.

Магнитореологическая жидкость — суспензия из частиц магнитомягкого материала, типа железных микросфер, в жидкости на основе синтетического углеводорода. Когда MR-жидкость находится в состоянии «выключено», она не намагничена, и частицы образуют случайные структуры. Но в состоянии «включено», или состоянии намагничивания, приложенное магнитное поле выстраивает металлические частицы в волокнистые структуры, изменяя реологию жидкости таким образом, что она по своим характеристикам начинает напоминать пластмассу (рис. 1, в).

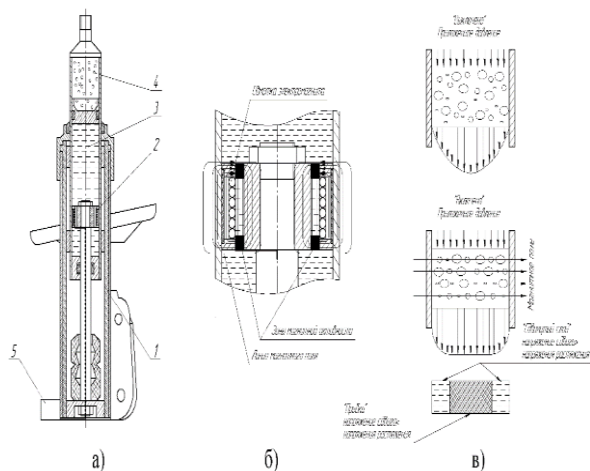


Рис. 1. Амортизатор с магнитореологической жидкостью

Используемая в качестве рабочей среды внутри стоек и амортизаторов, MR-

жидкость выполняет функцию активного управления для системы MagneRide. Управляя током в электромагнитной катушке в поршне демпфера (рис. 1, б), можно менять степень вязкости жидкости, что изменит сопротивление ее потоку. Тонкая настройка магнитного потока позволяет получить внутри демпфера любое состояние жидкости — от ее малого сопротивления давлению при выключенном токе до большого сопротивления при включении тока. В результате осуществляется непрерывно изменяемое оперативное демпфирование.

Электромагнитная стойка изолирует и смягчает действие каждого колеса. На гравии и скользких поверхностях данная система объединяется с системой управления тягой, чтобы обеспечить максимальную устойчивость автомобиля. Эта система работает с системой ABS, с целью удержания автомобиля в сбалансированном и уравновешенном состоянии.

Сравнение характеристик амортизаторов различных типов показано на рис. 2. [3].

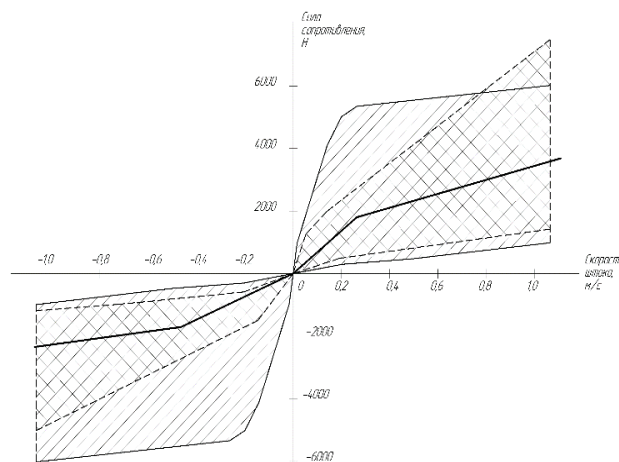


Рис. 2. Рабочие характеристики амортизаторов

- нерегулируемый амортизатор;
- амортизатор с клапанным регулированием;
- амортизатор с магнитореологической жидкостью

В данной статье рассмотрен алгоритм работы электромагнитной подвески. Также было установлено, что электромагнитная подвеска является наиболее эффективной

среди существующих. Ее эффективность заключается в возможности подстраиваться под различные виды дорожного полотна, а также имеет возможность изменения параметров вручную. Система работает за счет считывания данных со множества датчиков, которые перечислены ниже. Датчик нагрузки используется, чтобы определить фактическую нагрузку на каждый гидравлический узел.

В качестве датчика смещения и вертикального ускорения могут использоваться простые переменные резисторы или более точные дифференциальные трансформаторы.

Боковое и продольное ускорение может быть определено при помощи маятникового датчика, использующего тензодатчики, связанные с массой, или устройства, подобные датчику детонации в двигателе.

Отклонение от курса может быть определено датчиком заноса по боковому ускорению, если датчик установлен в передней или задней части транспортного средства.

Помимо положения руля, скорость изменения направления движения определяется по сигналу от датчика вращения. Это устройство может быть датчиком на основе луча света с детектором или чем-либо подобным. Если скорость изменения положения руля окажется за определенным порогом, то система переключится к более жесткому регулированию подвески.

Скорость транспортного средства измеряется с помощью стандартного датчика, который используется для спидометра или от датчиков вращения колес ABS.

Датчик положения дроссельного клапана аналогичен существующим потенциометрам. Он показывает намерение водителя ускорить или замедлить движение, позволяя подвеске перейти в более жесткий режим, если для этого предусмотрен соответствующий механизм.

В системе предусмотрен выключатель, позволяющий водителю выбрать мягкие или жесткие параметры настройки системы. Но даже если будет выбрано мягкое

регулирование, то система переключится на более жесткое при определенных эксплуатационных условиях.

Функционирование всей системы происходит следующим образом. В момент, когда колесо встречает на дороге выпуклость, возникает вертикальное ускорение вверх и увеличение вертикальной нагрузки. Эта информация подается к ЭБУ, который вычисляет идеальное смещение колеса. Сигнал управления от ЭБУ посылается сервоклапанам, которые управляют положением главных гидравлических узлов. Поскольку этот процесс может происходить сотни раз в секунду, колесо может точно следовать за контуром дорожной поверхности. Это смягчает действие нежелательных нагрузок на корпус автомобиля.

Благодаря анализу информации от датчиков, приводы могут перемещаться так, чтобы всегда обеспечивать максимальную устойчивость.

Ссылаясь на статью Огрызкова С. В. [4], мы выполнили расчеты показателей работы подвески при различных условиях, а также составили собственную систему с магнито-реологическим амортизатором, рис. 3.

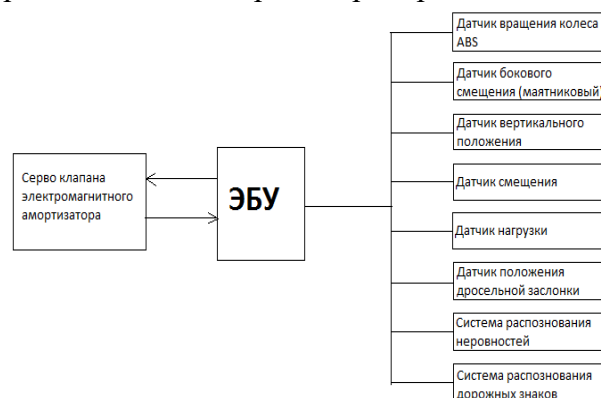


Рис. 3. Система управления магнито-реологическим амортизатором

Оптимальное сопротивление амортизатора

Если в качестве критерия плавности хода выбрано ускорение, то оптимальное значение сопротивление амортизатора $\mu_{2оп}$ для двухмассовой модели по плавности хода равен

$$\mu_{20П} = \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)c_2^2c_1 + \omega_1^2[c_2^2(m_1 + m_2)^2 + m_2^2c_1c_2]}{c_1[\omega_1^2(m_1 + m_2) + c_1]}} \quad (1)$$

В зависимости от спектров неровностей дорожного покрытия лежит в диапазоне

$$c_2\sqrt{\frac{m_1 + m_2}{c_1}} \leq \mu_{20П} \leq \sqrt{\frac{c_2^2(m_1 + m_2)^2 + c_1c_2m_2^2}{c_1(m_1 + m_2)}}$$

Если при определении плавности хода используется третья производная перемещения кузова, то сопротивление амортизатора должно лежать в диапазоне

$$c_2\sqrt{\frac{m_2}{c_1}} \leq \mu_{20П} \leq \sqrt{\frac{c_2^2(m_1 + m_2)^2 + c_1c_2m_2^2}{c_1(m_1 + m_2)}}$$

С точки зрения безопасности необходимо обеспечить минимальную деформацию шин и уменьшить вероятность отрыва колеса от дороги. Оптимальный коэффициент сопротивления по безопасности $\mu_{20Б}$ для наиболее часто встречающихся спектров дорог

$$\mu_{20Б} = \sqrt{\frac{\Delta_1}{\Delta_2}};$$

где

$$\begin{aligned} \Delta_1 = & \left[\begin{aligned} & (m_1 + m_2)^3 c_2^2 c_1 + m_1 m_2^2 c_1^3 - \\ & - 2m_1(m_1 + m_2)m_2 c_2 c_1^2 \end{aligned} \right] + \\ & + \omega_1^2 \left\{ \left[\begin{aligned} & (m_1 + m_2)^2 c_2 - m_1 m_2 c_1 \end{aligned} \right]^2 \right. \\ & \left. + m_2^2 (m_1 + m_2)^2 c_1 c_2 \right\} \quad (2) \\ \Delta_2 = & (m_1 + m_2)^2 c_1 [c_1 + \omega_1^2 (m_1 + m_2)] \end{aligned}$$

Значения $\mu_{20Б}$ будут ограничены следующими значениями для разных видов дорог

$$\begin{aligned} \mu_{20Б}^* = & \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)c_2^2}{c_1} - \frac{2m_1 m_2 c_2}{m_1 + m_2} + \frac{m_1 m_2^2 c_1}{(m_1 + m_2)^2}} \quad (3) \\ \mu_{20Б}^{**} = & \sqrt{\frac{[(m_1 + m_2)^2 c_2 - m_1 m_2 c_1]^2 + m_2^2 (m_1 + m_2)^2 c_1 c_2}{(m_1 + m_2)^3 c_1}} \end{aligned}$$

При разных параметрах автомобилей возможны условия $\mu_{20Б}^* < \mu_{20Б}^{**}$ или $\mu_{20Б}^* > \mu_{20Б}^{**}$.

Перейдя к операторной форме, получаем операторную передаточную функцию, описывающую поведение поддрессоренной $W_{z_2}(p)$ и неподдрессоренной $W_{z_1}(p)$ частей системы

Определяем передаточные функции системы

$$W_{z_2}(p) = \frac{(\mu_1 p + c_1)(\mu_2 p + c_2)}{m_1 m_2 p^4 + (\mu_1 m_1 + \mu_2 m_1 + \mu_1 m_2) p^3 +} \quad (4)$$

$$\frac{(\mu_1 p + c_1)(\mu_2 p + c_2)}{(c_1 \mu_2 + c_2 \mu_1) p + c_1 c_2} + \frac{(\mu_1 p + c_1)(\mu_2 p + c_2)}{(\mu_1 \mu_2 + c_2 m_1 + c_1 m_1 + c_1 m_2) p^2}$$

$$\begin{aligned} W_{z_1}(p) = & \frac{(\mu_2 p + c_2)(m_1 p^2 + \mu_1 p + c_1)}{m_1 m_2 p^4} + \\ & + \frac{(\mu_2 p + c_2)(m_1 p^2 + \mu_1 p + c_1)}{m_1 m_2 p^4} + \\ & + \frac{(\mu_2 p + c_2)(m_1 p^2 + \mu_1 p + c_1)}{(\mu_1 \lambda_2 + \mu_2 m_1 + \mu_1 m_1 + c_1 m_2) p^2} + \\ & + \frac{(\mu_2 p + c_2)(m_1 p^2 + \mu_1 p + c_1)}{(c_1 \mu_2 + c_2 \mu_1) p + c_1 c_2} \quad (5) \end{aligned}$$

где $p = i\omega$;

i – мнимая единица;

ω – циклическая частота возмущающего воздействия.

Если в данных передаточных функциях пренебречь демпфированием в шинах, то выражения упрощаются. Это дает погрешность 5–10% в зависимости от вида возмущения [5].

При установке датчиков ускорения на неподдрессоренную и поддрессоренную массу позволит упростить описание системы и решать каждое уравнение в отдельности.

Для колебаний поддрессоренной массы в качестве возмущающего воздействия можно использовать ускорение неподдрессоренной массы

$$d_2(t) = \frac{d^2 z_2}{dt^2}.$$

Тогда передаточная функция для перемещений будет равна

$$W_{z_{21}}(p) = \frac{Z_2(p)}{Z_1(p)} = \frac{\mu_1 p + c_1}{m_1 p^2 + \mu_1 p + c_1}.$$

Если в качестве входной и выходной величины использовать ускорения масс, то передаточная функция будет иметь такой же вид, так как

$$\begin{aligned} W_{\ddot{z}_{21}}(p) &= \frac{\ddot{Z}_2(p)}{\ddot{Z}_1(p)} = \frac{p^2 Z_2(p)}{p^2 Z_1(p)} = \\ &= \frac{Z_2(p)}{Z_1(p)} = W_{z_{21}}(p) = \\ &= \frac{\mu_1 p + c_1}{m_1 p^2 + \mu_1 p + c_1} \end{aligned}$$

Передаточная функция для третьей производной будет равна

$$\begin{aligned} W_{\dddot{z}_{21}}(p) &= \frac{\dddot{Z}_2(p)}{\dddot{Z}_1(p)} = \frac{p \ddot{Z}_2(p)}{\ddot{Z}_1(p)} = p W_{\ddot{z}_{21}}(p) = \\ &= \frac{\mu_1 p^2 + c_1 p}{m_1 p^2 + \mu_1 p + c_1} \end{aligned}$$

На больших скоростях движения система должна контролировать вероятность отрыва шин от дороги. Для этого необходимо свести к минимуму деформацию шин, которая определяется выражением

$$\Delta_{III} = u_{z1} - q.$$

Перепишем уравнения (3) в следующем виде

$$\begin{cases} m_{k2} \ddot{u}_{zk2} + \mu_{k2} (\dot{u}_{zk2} - \dot{u}_{zk1}) + \\ + c_{k2} (u_{zk2} - u_{zk1}) = 0; \\ m_{k1} \ddot{u}_{zk1} + \mu_{k1} \dot{\Delta}_{III} - \mu_{k2} (\dot{u}_{zk2} - \dot{u}_{zk1}) + \\ + c_{k1} \Delta_{III} - c_{k2} (u_{zk2} - u_{zk1}) = 0, \end{cases}$$

Из второго уравнения получаем передаточную функцию от ускорения неподрессоренной массы к деформации шин

$$\begin{aligned} W_{III} &= - \frac{m_1 p^2 - \mu_2 W_{z_{21}}(p) p - \mu_2 p - c_2 W_{z_{21}}(p) + c_2}{W_{z_{21}}(p) (\mu_1 p + c_1) p^2} = \\ &= - \frac{m_1 m_2 p^3 + (m_1 \mu_2 - m_2 \mu_2) p^2 + (m_1 c_2 + m_2 c_2 - 2 \mu_2^2) p - 2 \mu_2 c_2}{p (\mu_1 p + c_1) (\mu_2 p + c_2)} \end{aligned}$$

Таким образом, все условия можно определить по показаниям датчика ускорения неподрессоренных масс и управлять подвеской, изменяя коэффициент сопротивления амортизатора.

Возмущение от дорожного покрытия представляет собой случайное возмущение, которое может быть описано спектральной плотностью. Многочисленные исследования показали, что автомобильные дороги состоят из участков, которые можно считать реализацией нормальных стационарных случайных процессов.

В работе [6] показано, что спектральная плотность дисперсии возмущений $S_q(\omega)$ от большинства типов дорожных покрытий может быть описана выражением

$$S_q(\omega) = D_0 \nu_a \frac{\omega^2 + \omega_1^2}{\omega(\omega^2 + \omega_2^2)},$$

где D_0 – коэффициент,

$$\omega_1 = \nu_a \lambda_1; \quad \omega_2 = \nu_a \lambda_2;$$

λ_1, λ_2 – дорожные частоты, m^{-1} .

По результатам показаний датчика ускорений неподрессоренной массы можно получить оценку плотности спектра ускорений неподрессоренной массы $\hat{S}_{z_2}(\omega)$.

Передаточная функция по n -й производной от обобщенной координаты получается умножением передаточной функции по этой обобщенной координате на p^n .

Тогда дисперсия ускорений поддрессоренной массы в диапазоне от $\omega_{\min}$ до $\omega_{\max}$ можно определить как

$$\hat{D}_{z_1} = \frac{1}{T} \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} |(i\omega)^2 W_{z_{21}}(i\omega)|^2 \hat{S}_{z_2}(\omega) d\omega,$$

где T – период оценки, с.

Для нахождения коэффициента сопротивления амортизатора μ_1 оптимального по условию минимального среднеквадратичного ускорения μ_{1z} необходимо решить уравнение

$$\frac{d\hat{D}_{z_1}}{d\mu_1} = 0$$

Дальнейшие исследования будут направлены на уточнение алгоритма работы системы управления электромагнитной подвеской и определение параметров и взаимосвязи работы полной системы.

Список литературы:

1. Патент EP 1535767A1 Electronic control suspension device and damping force control method, Кл. B60 G17/015, опубл. 01.06.2005 Patent Database bulletin 2005/22.
 2. Magneride™ controlled suspension [Электронный ресурс]. – Электронные текстовые данные (20602 bytes). – Режим доступа: http://www.bwigroup.com/static/suspension_magneride/ Monday, 8 November 2010 15:23:05.
 3. Патент JP2005153875 Electronic control suspension device and damping force control method, Кл. B60 G17/015, опубл. 16.06.2005 Patent Database.
 4. Огрызков С. В. Совместные колебания подвески и кузова автомобиля / С. В Огрызков, А. А. Ветрогон, А. А. Крячков. Вісник СевНТУ, зб. наук. пр. вип.. 122/2011, Серія: Машиноприладобудування та транспорту. Севастополь, 2011. – С 167—172
 5. Туренко А. Н., Рыжих Л. А., Андреев И. В. Влияние перепускного клапана и дроссельных отверстий двухтрубного амортизатора на его характеристику // Автомобильная промышленность, 2004, №10. – С.19–20.
 6. Фурунжиев Р. И. Управление колебаниями многоопорных машин / Р. И. Фурунжиев, Останин А. Н.. – М.:Машиностроение, 1984. – 207 с.
 7. Белоусов Б. Н., Меркулов И. В., Федотов И. В. Управляемые подвески автомобилей// Автомобильная промышленность, 2004, № 1. – С. 23–25.
-

РАЗДЕЛ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 504.06:628.3

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ГУПС «ВОДОКАНАЛ»

А.В. Белозуб, магистрант,
Е.И. Азаренко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: e.i.azarenko@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматриваются основные особенности организации мониторинга выбросов парниковых газов в регионах, связанные с деятельностью предприятий Водоканала. Отмечено, что выбросы парниковых газов регламентируются на международном уровне (Киотский протокол 1997 г., Парижское соглашение 2015 г.). Установлено, что при проведении инвентаризации выбросов в регионах для предприятий Водоканала важен учет не только выбросов, связанных с потреблением топлива и энергии, реализацией технологических процессов очистки сточных вод, размещением осадка, но и эмиссии метана из водоемов, загрязненных сбросами недостаточно очищенных сточных вод. Отмечено, что сброс сточных вод Севастополя осуществляется в основном в Черное море. Приведена карта выпусков сточных вод в акваторию Севастополя по состоянию на 2014 г. Выделены зоны, где целесообразно исследовать содержание метана в воде и возможность эмиссии метана. Поставлена задача разработки и обновления обобщенной карты-схемы выпусков сточных вод Севастопольского региона. Рассмотрены ожидаемые показатели качества очистки сточных вод после строительства новых очистных сооружений на КОС-1 «Южные». Проанализирована технология очистки стоков на КОС-2 «Северные» и определены направления сбора первичной информации для уточнения объемов выбросов парниковых газов в Севастополе.

Ключевые слова: парниковые газы, выбросы, мониторинг, сточные воды, канализационные очистные сооружения, химическое потребление кислорода

FEATURES OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS MONITORING CAUSED BY ACTIVITIES SUES «VODOKANAL»

A.V. Belozub, master student,
E.I. Azarenko cand. sc. Tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The article discusses the main features of the organization of monitoring greenhouse gas emissions in the regions that is associated with the activities of Vodokanal enterprises. It is noted that greenhouse gas emissions are regulated at the international level (Kyoto Protocol 1997, Paris Agreement 2015). It was found that when conducting an inventory of emissions in the regions for Vodokanal enterprises, it is important to take into account not only emissions related to fuel and energy consumption, the implementation of wastewater treatment processes, sludge placement, but also methane emissions from natural waters, which polluted with discharges of insufficiently treated wastewater. It is noted that the discharge of wastewater of Sevastopol is carried out mainly in the Black Sea. A map of wastewater discharges into the water area of Sevastopol as of 2014 is given. Zones where it is advisable to investigate the me-

thane content in water and the possibility of methane emission are highlighted. There is setting the task to develop and updating a generalized wastewater discharge maps of the Sevastopol region. The expected indicators of the quality of wastewater treatment after the construction of new wastewater treatment plants at KOS-1 "Yuzhnye" were considered. The technology of sewage treatment at KOS-2 "Severnye" is analyzed and directions for collecting primary information were determined to clarify the emissions of greenhouse gases in Sevastopol.

Keywords: greenhouse gases, emissions, monitoring, wastewater, sewage treatment plants, chemical oxygen consumption

Выбросы парниковых газов регламентируются на международном уровне (Киотский протокол 1997 г, Парижское соглашение 2015 г). При проведении инвентаризации выбросов в регионах для предприятий Водоканала важен учет не только выбросов, связанных с потреблением топлива и энергии, реализацией технологических процессов очистки сточных вод, размещением осадка, но и эмиссии метана из водоемов, загрязненных сбросами недостаточно очищенных сточных вод [1-4].

Сброс сточных вод Севастополя осуществляется в основном в Черное море [5]. Антропогенно нагруженные прибрежные акватории Севастополя, где целесообразно исследовать содержание метана в воде и возможность эмиссии метана можно видеть на рис.1.

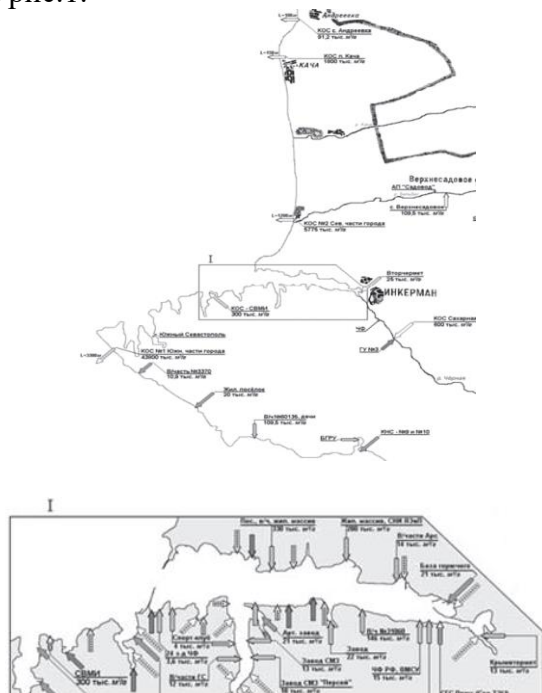


Рис. 1. Зоны сброса сточных вод в акваторию Севастополя [5]

Карта составлена по данным 2014 года и требует регулярного обновления.

К важнейшим КОС Севастополя относятся «Южные» и «Северные».

Проблема неудовлетворительного состояния КОС-1 «Южные» сохраняет свою остроту уже несколько десятков лет. В 2017 г. у севастопольцев появилась надежда на ее разрешение: был разработан проект новых КОС «Южные», финансирование которого осуществляется за счет федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года». Предусмотренную проектом станцию биологической очистки сточных вод «Мегаполис» производительностью 125000 м³/сут планировалось выполнить в виде единого блока, состоящего из здания для размещения технологического оборудования и емкостей, включая 18 параллельно работающих, независимых линий. В основе схемы очистки заложены физико-химические и биологические методы.

Качество очищенных сточных вод должно соответствовать показателям СанПиН 2.1.5.2582-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения» и СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» (см. табл. 1, 2) [6].

Таблица 1. Нормативы качества очистки

Загрязняющее вещество	Концентрация по [2], мг/дм ³
Водородный показатель (рН)	6,5÷8,5
Минерализация	не более 1000
Нефтепродукты	0,3
Взвешенные вещества	0,75
БПК _п	4,0
ХПК	30
Азот аммония	1,5
Азот нитратов	10,16
Азот нитритов	1
Фосфор фосфатов	1,14
ПАВ	-
Железо (Fe)	0,3
Медь (Cu)	1
Цинк (Zn)	1

Таблица 2. Показатели качества очистки

Загрязняющее вещество	Ожидаемая концентрация, мг/дм ³
Водородный показатель (рН)	6,5÷8,5
Минерализация	не более 1000
Нефтепродукты	0,05
Взвешенные вещества	5,0
БПК _п	3,0
ХПК	20
Азот аммония	0,39
Азот нитратов	9
Азот нитритов	0,02
Фосфор фосфатов	0,2
ПАВ	0,5
Железо (Fe)	0,1
Медь (Cu)	0,001
Цинк (Zn)	0,1

Однако с началом реализации проекта в него было предложено внести существенные изменения, поэтому проведение анализа технологии очистки и ожидаемого влияния сточных вод на принимающий водоем затруднено.

На комплекс очистных сооружений «Северные» (КОС-2) поступают сточные воды от северной части г. Севастополя и пос. Инкерман. Очистка осуществляется по следующей технологии [7]:

1. По напорному трубопроводу D=600 мм сточные воды подаются в камеру гашения напора и далее самотеком поступают в канал, в котором установлены ручные решетки 1100 x 1500 (мм).

2. После решеток сточные воды поступают в горизонтальные песколовки с круговым движением воды $d = 6$ м, где осаждаются тяжелые примеси в основном минерального происхождения и гидравлической крупностью 18-24 мм/сек. Осадок из песколовки удаляется с помощью гидроэлеватора в песковые бункеры для обезвоживания. Количество бункеров – 2 шт., объем каждого бункера – 7 м³.

3. Из песколовки сточные воды через распределительную камеру поступают в первичные радиальные отстойники диаметром 30 м. В первичных отстойниках происходит задержание основной массы грубо дисперсных примесей. В эксплуатации находятся два радиальных отстойника диаметром 30 м.

4. Всплывающие вещества удаляются с поверхности отстойника полупогружной доской и подаются в жиросборник.

5. Образовавшийся сырой осадок с помощью илоскребов сгребаются к центральной части отстойника, откуда плунжерными насосами ПН-28, установленными в насосной станции сырого осадка, подается в метантенки.

6. Из первичных отстойников 17 тыс.м³/сут сточных вод, прошедших механическую очистку, направляются на биологическую очистку в аэротенках-осветлителях. Остальная осветленная вода по обводному трубопроводу подается в сбросной трубопровод.

7. На площадке установлены 2 унифицированные секции аэротенка-осветлителя из монолитного железобетона производительностью 17 тыс. м³/сут. Аэротенк-

осветлитель представля-ет собой два прямоугольные в плане резервуара ($L \times B \times H = 48 \times 5 \times 5,5 \text{ м}$) с наклонными стенками. Сточная вода поступает по перфорированному трубопроводу, расположенному в нижней зоне аэрации, где происходит ее смешение с активным илом и аэрация. Аэрированная иловая смесь через переливные окна поступает в зону осветления, движется вдоль разделительных перегородок вниз к щелям и разделяется на два потока. Один поток через щели возвращается в зону аэрации, а другой поток, двигаясь вверх, создает взвешенный слой активного ила. Взвешенный слой ила в зоне осветления, работает как фильтр и реактор окисления.

В случае поступления на очистные сооружения производственных сточных вод, содержащих стоки гальванических производств, для улучшения процесса разделения иловой смеси в отстойную зону вводится реагент в виде 5 % раствора сернокислого алюминия. Система подачи воздуха и аэрации воды – пневматическая, мелкопузырчатая.

8. Обеззараживание очищенных сточных вод осуществляется методом хлорирования в контактном колодце. В связи с угрозой аварийного выброса хлора в настоящее время используется жидкий хлор. В качестве рациональной замены жидкого хлора можно рекомендовать электролизную установку. Гипохлорит натрия, получаемый в электролизере путем электролиза раствора поваренной соли, позволяет осуществлять обеззараживание воды также эффективно, как это делает жидкий хлор, но в отличие от хлора гипохлорит не обладает токсичными свойствами, при правильном применении. Использование установки также устраняет угрозу отравления для населения, так как

исключает хранение газообразного хлора на КОС.

9. Смешение сточных вод после биологической очистки и осветленных сточных вод после первичных отстойников происходит в сбросном трубопроводе ($d=600 \text{ мм}$; $L=1200 \text{ м}$). Сброс очищенных сточных вод в море осуществляется через глубоководный выпуск с рассеивающейся частью ($d=800 \text{ мм}$, $L=1120 \text{ м}$).

ХПК нормативное на сбросе очистных сооружений согласно ПДС (действовали до 2016 года) менее 80 мг/л. На данный момент не нормируется НДС, только ПДК водного объекта. В методике расчета углеродного следа фигурирует показатель ХПК очищенных сточных вод. Таким образом, необязательность контроля этого показателя может помешать расчетам из-за недостатка данных. В то же время увеличивается важность измерения концентрации метана в районах сброса сточных вод в акваторию Черного моря.

Выводы:

1. КОС-2 представляют собой очистные сооружения с полной биологической очисткой. Согласно отчетам, нормативы касательно очищенной воды, которая сбрасывается в акваторию Черного моря, выполняются. Из текущих проблем КОС можно выделить отсутствие вторичных отстойников и электролизной установки для хлорирования воды.

2. Для оценки эмиссии метана из морской среды необходим большой массив исходной информации и учет всех мест выпуска сточных вод. Комплексное представление о сбросе сточных вод в акваторию Черного моря может дать карта-схема выпуска сточных вод. Регулярное обновление такой карты является важной и актуальной задачей.

Список литературы:

1. Бегак М.В. Мониторинг и сокращение углеродного следа российских водоканалов. Методика определения углеродного следа сооружений очистки сточных вод/ М.В. Бегак, Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова и др. – М.: Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 2013. – 56 с.
2. Хорошевская В.О. Закономерности формирования и распределения метана в прибрежных водах Азово-Черноморского бассейна: Дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2010. –141 с.

3. Горькуша Д.Н., Фёдоров Ю.А. и др. Оценка эмиссии метана водными объектами Ростовской области // Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: естественные науки. – 2015. – № 3. – С. 83-89.

4. Русанов И.И., Юсупов С.К., Засько Д.Н., Захарова Е.Е., Анохина Л.Л., Пименов Н.В. К вопросу о природе метана аэробной водной толщи Черного моря// Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 25-летию обнаружения струйных метановых газовыделений в Чёрном море (Севастополь, 13–15 октября 2014 г.). — Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика»; Издательство Южного федерального университета, 2014. — С. 106-109.

5. Корчмит Ю.В. Охрана природной среды. Механизмы государственного регулирования / Ю.В. Корчмит, А.Ю. Корчмит. – К.: Центр учебной литературы, 2014. – 416 с.

6. 22ПИР-ЕП- ПЗ1. Проектирование и строительство канализационных очистных сооружений «Южные», г. Севастополь. Проектная документация. Раздел 1. "Пояснительная записка". Часть 1. Текстовая часть. Очистные сооружения. – Акционерное общество «РТ-ЭКОС». – 64 с.

7. Технологический регламент канализационных очистных сооружений КОС–2 «Северные» г. Севастополя.

УДК 504.433

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД г. СЕВАСТОПОЛЯ

И.О. Кириенкова, студент

Л.А. Ничкова, кандидат технических наук, доцент,

А.В. Львов, кандидат химических наук, доцент,

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, ул. Университетская, 33,

г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: KirienkovaIO@sevastopolteplo.ru

Аннотация: Статья посвящена обоснованию оптимального решения вопроса обеспечения питьевой водой Крымского полуострова. В ходе исследования сделан выбор в пользу подземных вод. Изучены эксплуатационные запасы подземных вод крупных месторождений подземных вод. Исходя из анализа качества воды различных скважин был сделан вывод, что подземные воды Крымского полуострова пригодны для питья, но нуждаются в обязательной очистке – обеззараживании и умягчении. Это объясняется тем, что вода из некоторых источников является небезопасной в бактериологическом отношении, а также обладает повышенной жесткостью. Кроме того, возможно повторное бактериальное загрязнение воды в ходе движения ее по распределительным сетям трубопровода. Поэтому в качестве этапа обеззараживания выбран электролизный процесс получения дезинфектанта гипохлорита натрия (ГПХН) из раствора поваренной соли. Рассчитана необходимая доза реагента. Обоснован выбор метода умягчения воды – ионный обмен. После такой очистки качество воды соответствует нормативным требованиям к питьевой воде. Главным достоинством предложенного решения является высокая эффективность очистки и в целом экономичность метода водоподготовки. Предложенная схема подготовки питьевой воды является универсальной для Крымского полуострова.

Ключевые слова: источник водоснабжения, водоносный горизонт, обеззараживание, гипохлорит натрия (ГПХН), умягчение, катионирование, питьевая вода, качество питьевой воды.

INVESTIGATION OF THE QUALITY OF GROUNDWATER IN THE CITY OF SEVASTOPOL

I.O. Kirienkova, student,
L.A. Nichkova, cand. sc. tech., docent,
A.V. Lvov, cand. chem. tech., docent,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: *The article is devoted to the substantiation of the optimal solution to the issue of providing drinking water to the Crimean Peninsula. The study made a choice in favor of groundwater. The exploited reserves of groundwater of large deposits of groundwater have been studied. Based on the analysis of the water quality of various wells, it was concluded that the groundwater of the Crimean peninsula is suitable for drinking, but they need to be cleaned - decontamination and softening. This is due to the fact, that water from some sources is bacteriologically unsafe and has increased hardness. In addition, it is possible to re-bacterial contamination of water during its movement through the distribution networks of the pipeline. Therefore, the electrolysis process of obtaining sodium hypochlorite disinfectant from sodium chloride solution was select as the disinfection stage. Calculated the required dose of the reagent. The choice of the method of water softening - ion exchange is grounded. After this treatment, the water quality meets the regulatory requirements for drinking water. The main advantage of the proposed solution is the high cleaning efficiency and, in general, the efficiency of the water treatment method. The proposed scheme for the preparation of drinking water is universal for the Crimean peninsula.*

Keywords: *water supply source, aquifer, disinfection, sodium hypochlorite, softening, drinking water quality.*

На современном этапе развития человечество использует огромное количество природных ресурсов, необходимых для его жизнеобеспечения. В частности, рост численности населения, хозяйственная деятельность человека влекут за собой загрязнение поверхностных вод, что на сегодняшний день считается одной из глобальных проблем. В результате загрязнения возникает проблема обеспечения людей водой промышленного, бытового назначения, питьевой водой. Особые требования выдвигаются к питьевой воде и нужно искать рациональный выход из сложившейся ситуации.

Решением данной проблемы в Крыму может стать опреснение морской воды, использование водохранилищ или добыча подземных вод. Водоохранилища, существующие в Крыму, строились исходя из решения проблем конкретного населенного пункта. Их основное предназначение – использование в сельском хозяйстве. Основным источником водоснабжения в г. Севастополь является Чернореченское водохранилище, предназначением которого является регулирование истока вод реки Черная. Чернореченское водохранилище располо-

жено в 25 км на юго-восток от города Севастополя в Байдарской долине на реке Черной. Оно относится к самым крупным водохранилищам Крыма и имеет объем 64,2 млн.м³. По состоянию на 30 марта 2017 г. объем воды в водохранилище составил 45,9 млн.м³. Как видно запасы уменьшаются, а пополнение водохранилища водами рек не осуществляется из-за малого количества осадков и продолжительных засушливых дней. По многолетним наблюдениям особенности распределения стока р. Черная и водоотдачи Чернореченского водохранилища создает периодическую угрозу дефицита воды в системе водоснабжения города [1].

Исходя из классификации вод по условиям залегания к источникам пригодным для питьевого назначения относят следующие:

- Грунтовые воды - подземные воды, залегающие на глубине 1 метр от поверхности земли в водоупорном слое, который, в свою очередь, может располагается на глубине более 1,5 метров. Грунтовые воды пригодны для питья, хотя легко подвергаются загрязнению. Уровень грунтовых вод колеблется в зависимости от сезона.

■ Межпластовые воды - подземные воды, залегающие между пластами водоупорных слоёв, но уровень воды в нём более постоянный, в отличие от грунтовых вод.

■ Артезианские воды. Данный водоносный горизонт залегает на глубине более 100 метров. И если в предыдущих случаях копают колодцы, то здесь бурят скважины. Считается, что артезианская скважина обладает неограниченным дебетом, эти воды являются наиболее пригодными для питья.

Крымский полуостров благодаря своему климату и рельефу обладает большими запасами подземных вод, а воды из артезианских скважин, расположенные между водоупорными слоями горных пород являются наиболее пригодными для питья. Наибольшее количество эксплуатационных запасов подземных вод, 666 тыс. м³/сутки, или около 40% всех запасов подземных вод Крыма, принадлежит Северо-Сивашскому артезианскому бассейну. Значительные запасы подземных вод (452,0 м³/сутки) принадлежат

Альминскому артезианскому бассейну. Эксплуатационные запасы данного месторождения утверждены еще при СССР, и этих запасов хватит на долгое время. В пределах мегантиклинория Горного Крыма эксплуатационные запасы подземных вод равны суммарно 261 тыс м³/сутки. В пределах г. Севастополя располагается 5 основных водозаборов – Орловский с запасом 40 тыс. м³/сутки, Инкерманский – 27,3 тыс. м³/сутки, Любимовский – 9,5 тыс. м³/сутки, Бельбекский – 3,5 тыс. м³/сутки [2].

Как видно на рис. 1 основная часть подземных вод г. Севастополя принадлежит Альминскому и Горному месторождениям. В таблице 1 представлены данные анализа подземных вод из нескольких скважин г. Севастополя. Учитывая нормативные показатели качества питьевой воды, согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 [3] и сходя из представленного анализа, можно сделать вывод, что для употребления воды из данных скважин ее необходимо обработать.

Таблица 1 Показатели качества воды из скважин г. Севастополя

Показатель	Ед. Измерения	Нормативы (ПДК), не более	Камышовая бухта	Гарнизон Кача	Фиолентовское шоссе	п. Андреевка	п. Любимовка	с. Россошанка, Байдарская долина	Балка Голландия
1. Водородный показатель	рН	6-9	8,2	7,35	7,7	6,8	6,8	7,5	7,0
2. Сухой остаток	мг/л	1000	274	1083	456	650	650	455	549
3. Жесткость общая	мг-экв./л	7,0	4,1	10,1	6,1	9,1	8,2	9,9	5,8
4. Запах	баллы	2	1	1	0	1	0	0	1
5. Цветность	градусы	20	5	3	2	3	0	0	0
6. Мутность	ЕМФ	2,6	2	0,83	0,55	0,5	0,6	0	2,8
7. Железо общее	мг/л	0,3	<0,1	<0,1	0,16	<0,1	<0,05	0,1	<0,05
8. Коли-индекс	Ед.	3	8	0	5	0	7	0	6
9. Глубина	м	-	15	175	31	135	55	1027	121

Предварительная обработка воды в данном случае должна включать в себя обязательное обеззараживание воды, а также умягчение.

На основании исследований, проведенных ранее на скважине Центра спорта «Эволюция» в г. Евпатория, пгт. Заозерное [4], и применения гипохлорита натрия (ГПХН) на электролизной установке на

данном предприятии, можно убедиться в целесообразности и эффективности данного метода обеззараживания. ГПХН менее токсичен по сравнению с другими препаратами, содержащими активный хлор (диоксидом хлора, хлораминами). Технология подготовки питьевой воды с использованием ГПХН надёжна, проста в эксплуатации.

ГПХН наиболее безопасный для подго-

товки питьевой воды. К достоинствам применения ГПХН можно отнести следующее: производство дезинфектанта непосредственно на скважине на электролизной установке, и, как следствие, отсутствие затрат на готовый дезинфектант и его транспортировку. Электролизный процесс получения дезинфектанта осуществляется с помощью специальных устройств - электролизеров. Сам по себе электролизный процесс является высокоэффективным и не требует значительных затрат на электроэнергию. В целом данный метод экономичный. После такой обработки вода соответствует нормативным требованиям по бактериологическим показателям.

Исходное сырье для получения ГПХН на электролизной установке является поваренная соль. Для обработки воды из подземных источников концентрация активного

хлора составляет 7-8 г/л. Согласно расчетам для обработки воды на скважине предприятия Центр спорта «Эволюция» требуемый расход активного хлора составил ~100 г/ч, а суточный расход рабочего раствора ГПХН менее 100 л, при часовой производительности скважины 12,8 м³. При условии непрерывной работы установки обеззараживания (установка работает 12-16 часов) [4].

Умягчение воды из некоторых скважин может осуществляться с помощью ионообменных смол. Такие фильтры способны обеспечивать высокую эффективность при минимальных эксплуатационных затратах. Устраняя с помощью ионообменных фильтров из воды соли жесткости, полезные компоненты сохраняются, в то время как, например, обратноосмотические установки способны превращать воду в дистиллят.

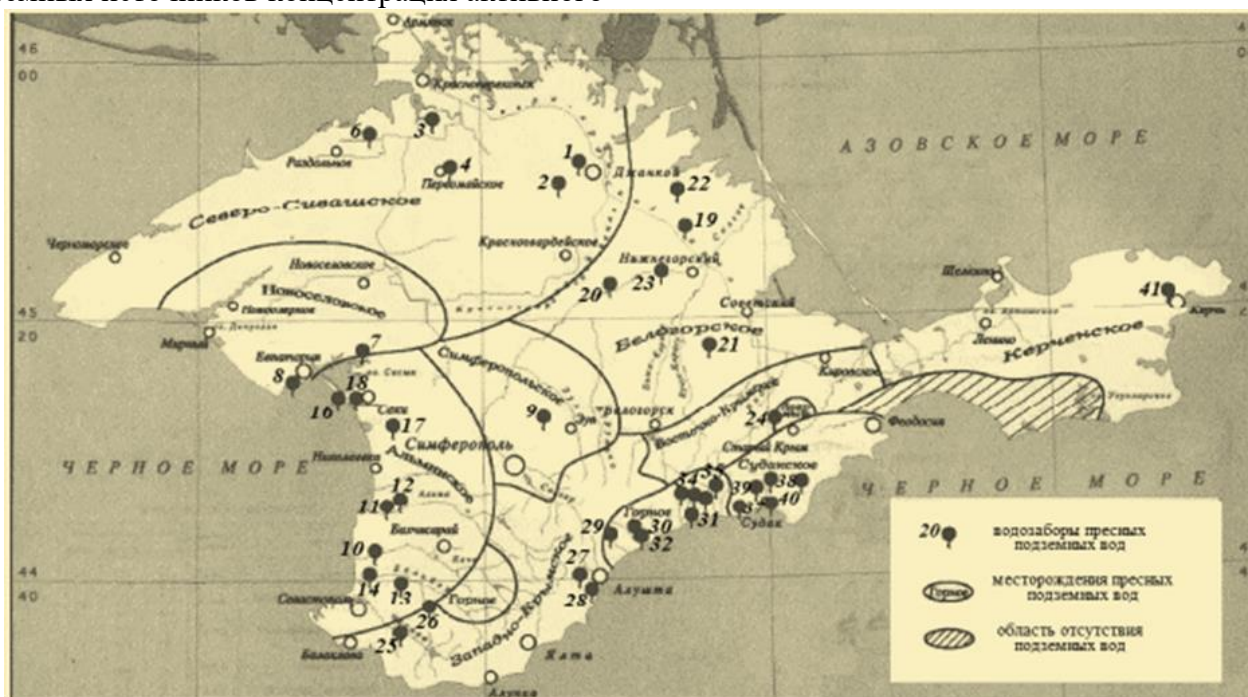


Рис. 1 – Месторождения подземных вод Крымского полуострова [4]

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что оптимальным источником водоснабжения на Крымском полуострове являются подземные воды, запасы которых велики. Эксплуатация подземных вод не требует больших затрат. Исходя из при-

веденного анализа качества подземных вод можно судить об их пригодности для использования, в том числе и для питьевого назначения, но только при предварительной подготовке, которая должна включать обеззараживание и умягчение.

Список литературы:

1. Основные положения схемы водоснабжения и водоотведения г. Севастополя на период до 2035 года. Постановление Правительства Севастополя №165-ПП от 02.03.2017 г. С.9.

2. Российский федеральный геологический фонд «Росгеолфонд» ГБУ Севастополя "Экоцентр", Информация о артскважинах и протоколы лабораторных измерений.

3. СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

4. Кириенкова И.О., Львов А.В. Решение проблемы подготовки воды питьевого назначения в Крыму // Развитие методологии современной экономической науки и менеджмента // Материалы I Междисциплинарной Всероссийской научно-практической конференции г. Севастополь, 4-5 мая 2017 г. С. 707-709.

УДК 504.064

ОРГАНИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В СЕВАСТОПОЛЕ

И.В. Прокофьев, магистрант,
Е.И. Азаренко, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: e.i.azarenko@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматриваются основные задачи, возникающие при проектировании подсистемы мониторинга загрязнения воздуха в зонах расположения основных транспортных магистралей Севастополя в составе системы непрерывного мониторинга и прогнозирования ключевых показателей окружающей среды, позволяющей получать оперативную, достоверную гидрометеорологическую информацию и данные об уровне загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации направления безопасность – одного из ключевых направлений проекта «Умный город». По данным Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры Севастополя и собственных наблюдений определены зоны максимальной транспортной нагрузки в городе. Выделены факторы, влияющие на расположение постов наблюдений, включая условия рассеивания загрязняющих веществ, особенности транспортного каркаса города и сложившейся застройки, определяющих численность экспонированного населения. Предложен перечень загрязняющих веществ, концентрации которых подлежат определению на постах наблюдений, включающий окись углерода, оксиды азота, диоксид серы, взвешенные вещества. Рассмотрены альтернативные варианты технического оснащения постов наблюдений с использованием мини-станций мониторинга отечественного и зарубежного производства, с учетом возможности измерения трех групп показателей: метеопараметров, концентраций загрязняющих веществ, характеристик транспортного потока. Предложены способы доведения мониторинговой информации до населения.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, непрерывный мониторинг, пост наблюдения, программа наблюдения, средства измерений

ORGANIZATION OF CONTINUOUS MONITORING AIR POLLUTION IN SEVASTOPOL

I.V. Prokofiev, master student,
E.I. Azarenko cand. sc. tech.
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The article discusses the main tasks arising in the design of the air pollution monitoring subsystem in the areas where the main transport routes of Sevastopol are located as part of a system of continu-

ous monitoring and forecasting of key environmental indicators. It allows obtaining obtain operational and reliable hydrometeorological information and data on the level of air pollution in the framework of the implementation of the direction of security - one of the key directions of the project "Smart City". According to the Department of Transport and Road Infrastructure Development of Sevastopol and the authors' own observations, the zones of maximum transport load in the city have been identified. The factors affecting the location of observation posts, including the conditions for dispersion of pollutants, features of the city's transport frame and the existing buildings that determine the size of the exposed population are highlighted. A list of pollutants whose concentrations are to be determined at observation posts, including carbon monoxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide, suspended solids, is proposed. Considered alternative options for technical equipment of observation stations using mini-stations of monitoring domestic and foreign production, taking into account the possibility of measuring three groups of indicators: meteorological parameters, pollutant concentrations, characteristics of traffic flow. Ways of bringing monitoring information to the public are proposed.

Keywords: air pollution, continuous monitoring, post observation, observation program, measuring instruments.

В январе 2018 г. Правительство Севастополя утвердило концепцию проекта «Умный город» [1]. Одним из ключевых направлений реализации проекта является безопасность. В рамках этого направления ставится задача создать систему непрерывного мониторинга и прогнозирования ключевых показателей окружающей среды, позволяющую получать оперативную и достоверную гидрометеорологическую информацию, данные об уровне загрязнения атмосферного воздуха.

Учитывая, что выбросы автотранспорта в Севастополе на протяжении длительного времени составляют более 70 % в общем поступлении загрязняющих веществ в атмосферу города, важную роль в системе непрерывного мониторинга будет играть подсистема мониторинга загрязнения воздуха в зонах расположения основных транспортных магистралей города (ПТЗ).

Основные задачи, возникающие при проектировании ПТЗ в Севастополе, включают:

- определение мест расположения постов наблюдения с учетом трех групп факторов: влияния на рассеивание загрязняющих веществ сложного рельефа и приморского климата города; особенностей транспортного каркаса города, не способного обеспечить приемлемый трафик; особенностей сложившейся застройки, определяющих численность экспонированного населения;
- определение программы наблюдений;
- обоснование выбора средств измерений.

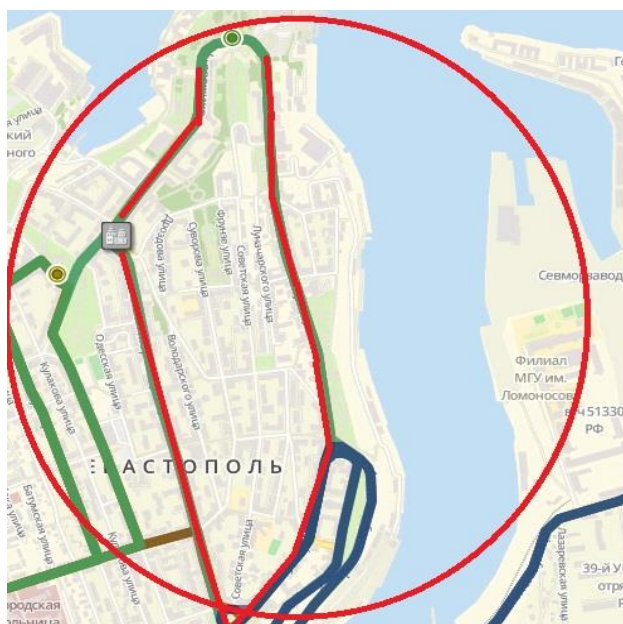
По данным Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Севастополя к зонам максимальной транспортной нагрузки относятся: ул. Гер. Севастополя, Л. Толстого, Ген. Петрова, Адм. Октябрьского, пл. Восставших, пр. Острякова и некоторых др. [2].

При выборе мест расположения постов потребуются проведение предварительных наблюдений. При планировании таких наблюдений можно выделить зоны, на которые следует обратить внимание (см. рис. 1, 2).

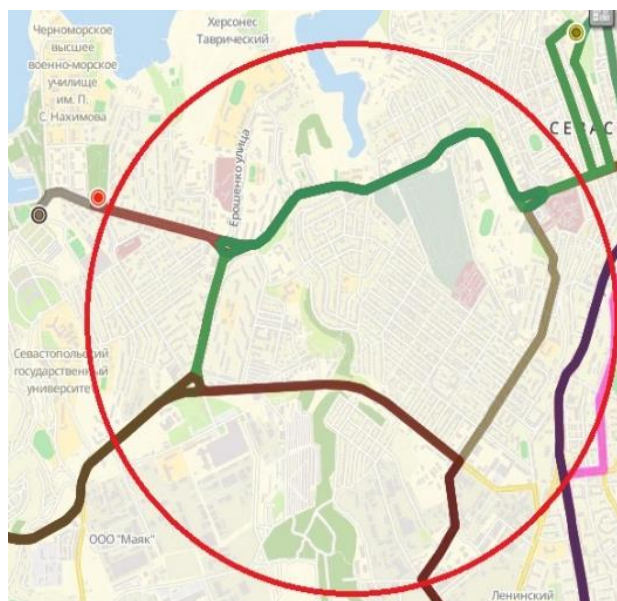
К таким зонам относятся:

- центр города с высокой интенсивностью движения общественного и личного транспорта;
- проспект Гагарина – ул. Вакуленчука – ежедневно появляются дорожные заторы вблизи с жилой застройкой;
- улица Горпищенко, по которой ежедневно проходят маршруты межгородских грузоперевозок, создаются дорожные заторы;
- проспект Острякова с интенсивным движением.

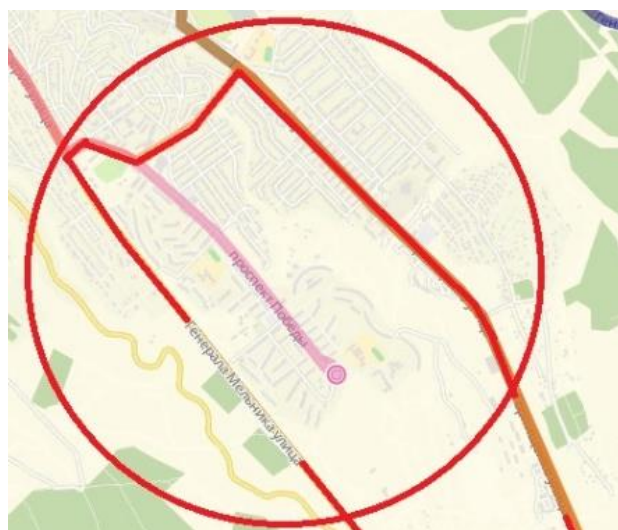
Программа наблюдений должна включать измерение концентраций окиси углерода, оксидов азота, диоксида серы, взвешенных веществ и метеопараметров. Реализацию таких измерений в автоматическом режиме можно осуществить с помощью многопараметрических мини-станций мониторинга (MMS).



Центр города



Пр. Гагарина – ул. Вакуленчука



ул. Горпищенко

Рис. 1. Зоны возможного размещения постов наблюдения за загрязнением воздуха: центр города и ул. Горпищенко



Проспект Островского

Рис. 2. Зоны возможного размещения постов наблюдения за загрязнением воздуха: проспекты Гагарина и Островского

MMS поставляются ЗАО «Экрос-Инжиниринг», г. Санкт-Петербург. Станция предназначена для измерения метеопараметров и концентраций загрязняющих веществ:

- оксид серы (SO_2) в диапазоне 0,5 ppb-10 ppm / 1,3 мкг/м³-27,0 мг/м³;
- сероводород (H_2S) в диапазоне 0,5 ppb-10 ppm / 0,7 мкг/м³-14,0 мг/м³;

- оксид углерода (CO) в диапазоне 0,04 ppm-1000 ppm / 0,04-1150 мг/м³;
- озон (O₃) в диапазоне 0,5 ppb-20 ppm / 1 мкг/м³- 40 мг/м³;
- оксиды азота (NO/NO₂/NO_x) в диапазоне 0,4 ppb-20 ppm / 0,5мкг/м³- 38,0мг/м³;
- аммиак (NH₃) в диапазоне 0,4 ppb-20 ppm / 0,3 мкг/м³-14,0 мг/м³;
- взвешенные вещества (пыль) в диапазоне 1 – 2500 мкг/м³.

MMS состоит из газоанализатора, системы сбора первичной обработки и передачи данных, системы пакетной передачи данных, системы глобального позиционирования, системы автоматического контроля климата, системы автоматического контроля энергоснабжения, а также охранно-пожарной сигнализации и дисплея на котором выводится конечная обработка данных. Внешний вид станций представлен на рис. 3.



Рис. 3. Многопараметрическая мини-станция мониторинга [3]

Принцип работы устройства: газоанализатор, система автоматизированного контроля климата и система глобального позиционирования передают полученную информацию в систему сбора первичной обработки и передачи данных, в систему пакетной передачи данных на сервер для конечной обработки и вывода необходимой информации на экран (погода, геолокация, загрязнение воздуха в данный момент). В случае возникновения пожара, система охранно-пожарной сигнализации передаст информацию на сервер, а в случае прекращения подачи электричества на устройство,

включится автоматическая система контроля энергоснабжения.

Существуют альтернативные варианты технического оснащения постов наблюдений, например, “Компактная система мониторинга атмосферного воздуха AIRPOINTER” от компании “Recordum Messtechnik GmbH”, Австрия, включающая:

1. Метеодатчики: скорость и направление ветра, температура, давление, влажность воздуха.

2. Фотоионизационный детектор с возбуждением УФ-лампой: измерение общего содержания органических компонентов в воздухе, диапазон – 0,01...20 ppm (по изобутилену).

3. Датчик движения автомобильного транспорта: подсчет транспортных средств при двухстороннем движении. Датчик обеспечивает одновременный контроль до 4 полос – подсчет по каждой полосе, что позволяет выдать точную статистику по интенсивности движения. Результаты для каждого транспортного средства: дата, время проезда, номер полосы, длина транспортного средства, временной интервал в миллисекундах, классификация транспортного средства (легковой/грузовой). Статистическая обработка данных о движении: интервалы, загруженность полос в процентах, определение потоков различных видов транспорта, предупреждение об увеличении средней скорости потока или отдельных транспортных средств.

“Компактная система мониторинга атмосферного воздуха AIRPOINTER” может устанавливаться на электрических столбах освещения или других объектах. Варианты установки приведены на рис. 4.

Обоснованный выбор средств измерений требует проведения предварительных исследований загрязнения воздуха.



Рис. 4. Варианты установки системы AIRPOINTER в городской среде [4]

Информирование населения о результатах мониторинга качества воздуха возможно организовать, установив большой экран на площади Нахимова, а также запустив информационный ресурс для онлайн мониторинга. Эта концепция отлично входит в программу «Умный город». Мини-станции возможно установить на смарт-остановках для мониторинга состояния окружающей среды в реальном времени, а также передачу данных в троллейбусы, оснащенные дисплеями.

Список литературы:

1. Об утверждении концепции формирования цифровой среды Севастополя «Умный город». Распоряжение Правительства Севастополя от 25.01.2018 г. № 16-РП. URL: <https://sevastopol.gov.ru/docs/253/46715/> (дата обращения 14.10.2018)
2. Отчет по разработке научного обоснования по формированию территориальной системы наблюдения за состоянием атмосферного воздуха города Севастополя. ООО НПО «РУСДАТА», 2018. – 386 с.
3. ЗАО «Экрес-Инжиниринг». Системы мониторинга концентраций ЗВ в атмосферном воздухе населенных пунктов. URL: <http://ingecros.com> (дата обращения 14.10.2018)
4. ООО "Синтрал". Компактная система мониторинга атмосферного воздуха AIRPOINTER. URL: <https://www.sintrol.ru/produkty/ecological-monitoring/atmosfernyj-vozdukh/kompaktnye-sistemy-monitoringa/airpointer> (дата обращения 14.10.2018)

УДК 538.446

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА АТМОСФЕРУ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАССЫ ТАВРИДА

В.С. Захарова, студент,

А.С. Юрченко, аспирант

Л.А. Ничкова, доцент, канд. техн. наук,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: zvaleriya09@gmail.com

Аннотация: в статье представлен материал «Антропогенная нагрузка на атмосферу строительства трассы «Таврида», выполнена статистическая обработка данных по влиянию загрязняющих веществ на атмосферный воздух. Рассматриваются главные (приоритетные) антропогенные загрязнители, оказывающие вредное и токсичное воздействие. Также предусмотрены мероприятия после завершения строительства и озеленение территорий. Главной задачей проектировщиков является поиск путей согласования технических решений с природными факторами. Необходимо чтобы строительство дороги не ухудшало качество среды обитания, воздействуя на неё.

Несмотря на то, что трасса не затронет границы особо охраняемых природных территорий, при ее строительстве будет минимизирован возможный вред окружающей среде. На основании действующих требований, запрещающих сброс неочищенных сточных вод с поверхности автомобильной дороги в пределах населённых пунктов, водоохранных зон водое-

мов, зонах санитарной охраны источников питьевого водоснабжения проектом предусмотрено строительство очистных сооружений. Главные (приоритетные) антропогенные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха — диоксид серы (SO_2), диоксид азота (NO_2), оксид углерода (CO), твердые частицы (пыль, сажа, зола). На их долю приходится около 98% выбросов вредных веществ в атмосферу.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, автомобильная федеральная трасса, антропогенные загрязнители, вредные вещества, выбросы автомобилей.

ANTHROPOGENIC LOAD ON THE ATMOSPHERE DURING THE CONSTRUCTION OF THE HIGHWAY "TAVRIDA"

V.S. Zakharova, student

A.S. Yrchenko aspirant

L.A. Nishkova, scientific director

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: the article presents the material "Anthropogenic load on the atmosphere of the construction of the Tavrida route", statistical processing of data on the influence of pollutants on the air. The main (priority) anthropogenic pollutants with harmful and toxic effects are considered. There are also activities after the completion of construction and landscaping. The main task of designers is to find ways to harmonize technical solutions with natural factors. It is necessary that the construction of the road does not worsen the quality of the habitat, affecting it.

Despite the fact that the route will not affect the boundaries of specially protected natural areas, its construction will minimize possible damage to the environment. On the basis of the existing requirements prohibiting the discharge of untreated wastewater from the surface of the road within settlements, water protection zones of reservoirs, zones of sanitary protection of drinking water sources, the project provides for the construction of treatment facilities. The main (priority) anthropogenic pollutants (pollutants) of atmospheric air are sulfur dioxide (SO_2), nitrogen dioxide (NO_2), carbon monoxide (CO), solid particles (dust, soot, ash). They account for about 98% of emissions of harmful substances into the atmosphere.

Keywords: air pollution, automobile federal highway, anthropogenic pollutants, harmful substances, car emissions.

Таврида — строящаяся 4-полосная автомобильная федеральная трасса в Крыму, которая свяжет Керчь и Севастополь и пройдёт немногим севернее Феодосии.

Запуск новой трассы позволит разгрузить феодосийский регион от транзитного транспорта, следующего из Керчи в Симферополь и Севастополь. Общая протяжённость трассы составит порядка 300 км, а норматив проезда — 140 км/час. Четырёхполосная магистраль будет включать в себя 18 транспортных развязок и 123 искусственных сооружения. Пропускная способность трассы составит 14 тыс. единиц транспорта в сутки. «Таврида» будет трассой 1-ой категории. По состоянию на март 2018 года строительство трассы «Таврида»

обслуживают четыре асфальтобетонных завода. [1]

Самый сложный участок трассы «Таврида» — четырехполосной объездной дороги вокруг Симферополя Дубки — Левадки. Здесь грунты как третьей категории, так и пятой. Для разработки грунтов пятой категории (мергель, известняк), чтобы не выполнять взрывные работы, привлечён 120-тонный карьерный комбайн. Он одновременно выполняет функции экскаватора, дробилки и погрузчика, а земляные работы являются наиболее трудоёмким и технически сложным этапом строительства автодороги. Грунты здесь неоднородные и их приходится сортировать. Часть грунта идет в насыпь, а часть — на рекультивацию оврагов.

Главной задачей проектировщиков является поиск путей согласования технических решений с природными факторами. Необходимо чтобы строительство дороги не ухудшало качество среды обитания, воздействуя на неё.

Главные (приоритетные) антропогенные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха — диоксид серы (SO_2), диоксид азота (NO_2), оксид углерода (CO), твердые частицы (пыль, сажа, зола). На их долю приходится около 98% выбросов вредных веществ в атмосферу.

Используемые в технологических процессах строительства и ремонта автомобильных дорог продукты и материалы могут содержать вещества, оказывающие вредное и токсичное воздействие:

- Переработка гудрона в битум на компрессорных и бескомпрессорных установках - оксид углерода, сероуглерод, углеводороды;
- Приготовление асфальтобетонной, бетонной, цементной смеси, щебня на дробильно-сортировочных установках (цехах, заводах, полигонах) - углеродистые пыли с содержанием свободного, диоксида кремния цементная пыль, известняковая пыль;
- Укладка асфальтобетонной смеси - оксид углерода, углеводороды, сероводород;
- Стоянка автотранспорта и дорожной техники, места заправки, хранения топлив: керосин, бензин-растворитель, щелочи едкие (в пересчете на NaCl), свинец и его неорганические соединения, оксид углерода, акролеин, бензин топливный;
- Малярные работы- уайт-спирит, ацетон, скипидар.

Проектная документация предусматривает реализацию полного комплекса мер по защите экологии и граждан, которые проживают вблизи автодороги. Несмотря на то, что трасса не затронет границы особо охраняемых природных территорий, при ее строительстве будет минимизирован возможный вред окружающей среде. На основании действующих требований, запрещающих сброс неочищенных сточных вод с поверхности автомобильной дороги в пределах населённых пунктов, водоохранных зон водоемов, зонах санитарной охраны ис-

точников питьевого водоснабжения проектом предусмотрено строительство очистных сооружений. Общее количество локальных очистных сооружений составит порядка 100. Кроме того, на трассе появятся зарядные станции для электромобилей, что привлечет владельцев эко-машин и, соответственно, снизит уровень загрязнения воздуха....

Перед согласованием документации власти Крыма предусмотрели максимальный комфорт не только для автолюбителей, но и для людей, живущих поблизости. Для снижения шумовой нагрузки от транспортного потока на протяжении всей «Тавриды» поставят четырехметровые акустические экраны, а местных жителей защитят от гула установкой специальных стекол в окна и проветривателей. Речь идет о модернизации более чем 600 зданий... Также после завершения строительства будет выполнен комплекс рекультивационных мероприятий на затронутых земельных участках при строительстве автомобильной дороги. Так, в рамках разработки проектной документации планируется компенсационное озеленение путем высадки более 300 000 деревьев и кустов. В целом власти предусмотрели все возможные риски и постарались учесть пожелания населения, чтобы «Таврида» стала не просто связующим звеном между городами, а качественно улучшила жизнь в Крыму.

Среди всех видов транспорта автомобильный наносит наибольший ущерб окружающей среде. Отходящие газы двигателей содержат сложную смесь, из более чем двухсот компонентов, среди которых немало канцерогенов. Образование токсичных веществ – продуктов неполного сгорания и окислов азота в цилиндре двигателя в процессе сгорания происходит принципиально различными путями. Первая группа токсичных веществ связана с химическими реакциями окисления топлива, протекающими как в предпламенный период, так и в процессе сгорания – расширения. Вторая группа токсичных веществ образуется при соединении азота и избыточного кислорода в продуктах сгорания. Реакция образования окислов азота носит термический характер и не

связана непосредственно с реакциями окисления топлива.

К основным токсичным выбросам автомобиля относятся: отработавшие газы, картерные газы и топливные испарения. Отработавшие газы, выбрасываемые двигателем, содержат окись углерода, углеводороды, окислы азота, бенз(а)пирен, альдегиды и сажу.

Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, зависит от целого ряда факторов. На выбросы оксида углерода значительное влияние оказывает рельеф дороги и режим движения автомашины. Так, например, при ускорении и торможении в отработавших газах увеличивается содержание оксида углерода почти в 8 раз. Минимальное количество оксида углерода выделяется при равномерной скорости автомобиля 60 км/ч. Выбросы оксидов азота максимальны при отношении воздух - топливо 16:1.



Рис.1 Структура валового выброса в атмосферу от автотранспорта

В последние годы в России величина выбросов от автомобильного транспорта постепенно приближается к объему выбросов от стационарных источников (рис. 2).

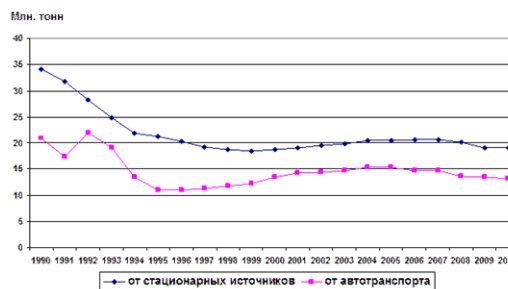


Рис. 2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Российской Федерации

Значения коэффициентов R_v , учитывающих изменение значений удельных выбросов оксида углерода (CO), оксидов азота (NOx), углеводородов (CxHy) от средней скорости движения АТС (рис.3)

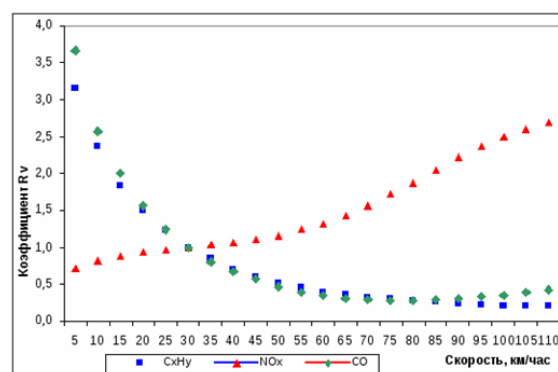


Рис.3 Зависимость коэффициентов R_v от скорости движения АТС.

Вывод: Загрязнение атмосферы, видимо, наиболее опасная форма загрязнения окружающей среды, так как дыхание - основа жизни любого организма. Химические вещества, проникая в ткани растений, нарушают обмен веществ, структуру листьев и побегов.

Список литературы:

1. <https://kerchinfo.com/stroiteli-trassy-tavrida-udelyayut-osoboe-vnimanie-ekologii.html>
2. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/#

УДК 504.4.054:628.19

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РОДНИКОВЫХ ВОД СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Т.В. Ляшко, студентка-магистр,
Т.Ю. Хоменко, ассистент,
Г.А. Сигора, доцент, канд. биол. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: tamara_homenko93@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрена актуальность проблемы исследования качества родниковых вод Севастопольского региона. Установлено, что подземные воды в большей степени защищены от воздействия внешних факторов, по сравнению с поверхностными водами, однако загрязнение водоносных горизонтов все же происходит. Главной задачей становится осуществлять мониторинг родников Севастопольского региона по таким веществам, которые в значительной мере определяют качество и потенциальную токсичность питьевой воды. В работе приведена карта расположения родников и дана краткая характеристика наиболее известных из них. Представлены результаты исследования по содержанию нитрат-ионов за 2018 год и рассмотрены возможные источники загрязнения подземных вод. Выявлено, что во многих источниках концентрация нитратов в воде превышена. Комплексные исследования по контролю качества питьевой воды в родниках Севастополя и Севастопольского региона планируется проводить с 2019 года, в рамках реализации проекта РФФИ «Наставник». Предлагается разработка карты гидрогеохимических аномалий по основным загрязняющим компонентам в родниках на территории города Севастополя. В проекте предполагаются лабораторные исследования родниковой воды гравиметрическими, титриметрическими, спектрофотометрическими, потенциометрическими методами порядка пятидесяти источников.

Ключевые слова: Подземные воды, загрязнение, мониторинг, город Севастополь, карта родников, физико-химические методы.

ANALYSIS OF QUALITY OF SPRING WATERS OF THE SEVASTOPOL REGION

T.V. Lyashko, master's student,
T.Yu. Khomenko, assistant,
G.A. Sigora, associate professor, cand. biologist. sciences,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The article considers the relevance of the problem of studying the quality of spring waters of the Sevastopol region. It has been established that groundwater is more protected from the influence of external factors, compared to surface water, but pollution of aquifers does occur. The main task is to monitor the springs of the Sevastopol region for such substances, which largely determine the quality and potential toxicity of drinking water. The paper provides a map of the location of the springs and a brief description of the most famous of them. The results of the study on the content of nitrate ions for 2018 are presented and possible sources of groundwater pollution are considered. Revealed that in many sources, the concentration of nitrates in the water is exceeded. Comprehensive studies on the quality control of drinking water in the springs of Sevastopol and the Sevastopol region are planned to be carried out from 2019, as part of the RFBR «Mentor» project. It is proposed to develop a map of hydrogeochemical anomalies for the main polluting components in springs in the territory of the city of Sevastopol. The project assumes laboratory studies of spring water by gravimetric, titrimetric, spectrophotometric, and potentiometric methods of about fifty sources.

Key words: *Groundwater, pollution, monitoring, city of Sevastopol, spring map, physical and chemical methods.*

Среди геологических ресурсов подземные воды занимают особое место. В пористом и трещиноватом пространстве горных пород литосферы они являются ценнейшим полезным ископаемым широкого диапазона использования. Пресные подземные воды используются населением городов, сельских населенных пунктов для хозяйственно-питьевого водоснабжения, технологических нужд и орошения сельскохозяйственных земель. Насыщенные химическими компонентами, воды могут применяться в лечебных целях, как минеральные, или в качестве промышленного сырья для извлечения из них ценных компонентов, таких как бром, йод, бор, литий и др [1].

Подземные воды в большей степени защищены от воздействия внешних факторов, по сравнению с поверхностными водами, однако загрязнение водоносных горизонтов все же происходит. С развитием инженерно-промышленной деятельности человека, зачастую отрицательно действующей на природные системы, качество подземных вод ухудшилось. Во многих регионах прогрессирующее ухудшение происходит в результате промышленных, сельскохозяйственных и бытовых загрязнений. Поэтому совершенно недостаточно изучать только количественную характеристику этих вод, т.е. их эксплуатационные запасы. Не менее важно исследовать и учитывать их качественный состав.

В Севастопольском регионе около 30% всей потребляемой воды составляет вода из скважин и родников. В черте города подземные воды, дающие подпитку родникам, проходят на глубине до десяти метров. Они не защищены от канализационных и ливневых стоков от жилых массивов, которые просачиваются в воду. Главной задачей становится осуществлять мониторинг родников Севастопольского региона по таким веществам как мышьяк, кадмий, медь, фториды, свинец, ртуть, нитраты, нитриты, железо, которые в значительной мере определяют качество и потенциальную токсичность питьевой воды. Их наличие в подземной во-

де характеризуется высокой степенью вероятности.

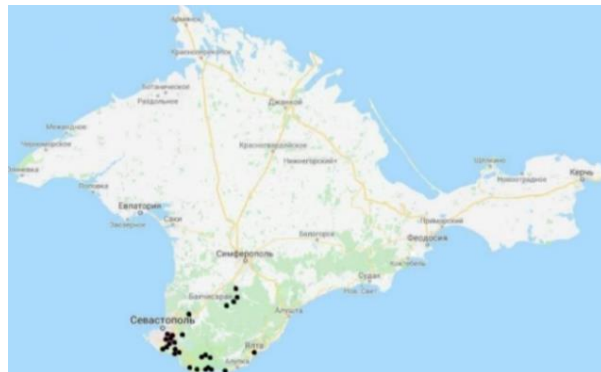


Рис. 1. Карта расположения родников в Севастопольском регионе

На территории Севастополя и его окрестностях находится большое количество родников, месторасположение которых показано на рис. 1. Все они различны по объемам и содержанию полезных веществ. Большая их часть никогда или почти никогда не проверялась на предмет безопасного употребления воды для здоровья людей.

С 2013 года проводятся исследования только на содержания нитрат-ионов в родниковых водах Севастопольского региона, результаты которых представлены в многочисленных публикациях [2-4].

Комплексные исследования по контролю качества питьевой воды в родниках Севастополя и севастопольского района планируется проводить с 2019 года, в рамках реализации проекта «Наставник», проводимого коллективом кафедры «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета, при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и города Севастополя.

В проекте предполагается лабораторное исследование родниковой воды гравиметрическими, титриметрическими, спектрофотометрическими, потенциометрическими методами по следующим показателям: общая минерализация (сухой остаток); жесткость общая; окисляемость перманганатная; поверхностно-активные вещества (ПАВ) анионоактивные; фенольный индекс; железо (Fe, суммарно); кадмий (Cd, суммарно); медь

(Cu, суммарно); мышьяк (As, суммарно); никель (Ni, суммарно); нитраты (по NO_3^-); нитриты (по NO_2^-); свинец (Pb, суммарно); фториды (F^-).

В результате выполнения проекта будут получены принципиально новые данные о химическом составе природных вод, на основе которых будет разработана карта гид-

рогеохимических аномалий по основным загрязняющим компонентам в родниках на территории города Севастополя.

В качестве объекта изучения выбраны порядка 50 родников Севастопольского региона, месторасположение некоторых из них показаны на рис. 2.

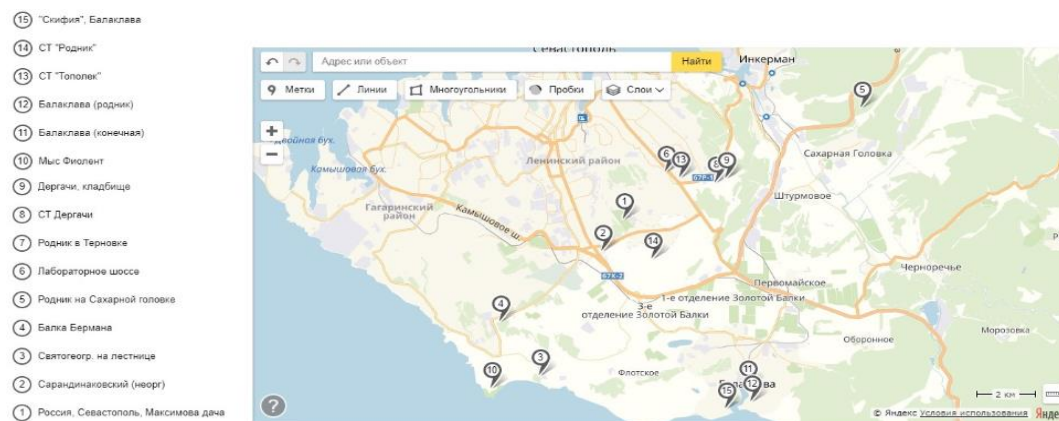


Рис. 2. Карта расположения родников города Севастополя

Наиболее известным и часто посещаемым родником в городе Севастополе является родник на территории природного парка регионального значения «Максимова дача» (№1). В полутора километрах от объекта локализуются важные транспортные артерии — трасса Р-27 и улица генерала Острякова, Ленинский район. Исследования по содержанию нитрат-ионов в родниковой воде на 2018 год показывают, что среднее значение содержания нитратов в роднике превышает предельно допустимую концентрация (ПДК) в 3 раза (132 мг/л при норме 45 мг/л).

Не меньшей популярностью у местных жителей и туристов пользуется родник на Сарандинакиной балке (№2). Древний родник находится в районе 5 км Балаклавского шоссе. Здесь концентрация нитратов также превышает предельно допустимую более чем в 2,5 раза (113,9 мг/л).

Еще одним из значимых ключей Севастопольского региона является родник на территории Балаклавского Свято-Георгиевского монастыря (№3), расположенный на Гераклеяском полуострове, между Мраморной балкой и мысом Фиолент, на верхней террасе берега. Обнаруженный и благоустроенный в средние века, сегодня

он почитается и как святой источник, и как памятник истории. Однако исследования показывают, что концентрация нитрат-ионов в источнике превышает норму в 2 раза (89,6 мг/л). На мысе Фиолент расположен еще один родник (№10), содержание нитратов в котором примерно такое же (90,6 мг/л).

Также в родниках на Лабораторном шоссе (№6), в районе Дергачей (№8, 9), в СТ «Тополек» (№13) и СТ «Родник» (№14) зафиксировано превышение содержания нитрат-ионов в 1,5 – 2 раза допустимой нормы.

В родниках сёл Верхнесадовое, Терновка (№7), в балке Бермана (№4), на Сахарной головке (№5), а также в Балаклаве (№11, 12, 15) превышения предельно допустимых концентраций нитратов не выявлено.

Высокая концентрация азотосодержащих веществ в водах подземных источников связана с применением азотных удобрений, с расположенными рядом несанкционированными свалками, а также с неправильно оформленными канализационными стоками многочисленных частных домов.

Качество подземных вод является достаточно острой проблемой Севастопольского региона. Люди зачастую используют родниковую воду для питьевых нужд, счи-

тая ее чистой и полезной. Однако загрязненная вода механическими, химическими и биологическими примесями приводит к серьезным нарушениям здоровья населения и возникновению опасных заболеваний.

Поэтому становится важным изучать химический состав подземных вод и уметь прогнозировать изменения качества вод при различных режимах эксплуатации место-

рождений, а особенно при наличии возможных очагов загрязнения.

«Исследование выполнено при поддержке РФФИ г. Севастополя в рамках научного проекта №18-35-50004»

«The reported study was funded by RFBR and Sevastopol according to the research project №18-35-50004»

Список литературы:

1. Антипов М.А. Оценка качества подземных вод и методы их анализа: учебное пособие / М.А. Антипов, И.В. Заикина, Н.А. Безденежных. - М.: РГАЗУ. - 2010. – С.136.
2. Богачук О.Г. Проблема загрязнения нитратами подземных вод Бахчисарайского района / О.Г. Богачук, Г.А. Сигора // Материалы 15 межвузовской молодежной научной конференции: Школа экологической геологии и рационального недропользования, Издательство СПбГУ - 2016. - С.201-203.
3. Симонова Е.С., Сигора Г.А Проблема нитратного загрязнения подземных вод г. Севастополя// Техносфера XXI века: материалы всероссийской конференции молодых ученых, Севастополь, 24 – 28 мая 2016 г. – С.81-82.
4. Сигора Г.А. Изменения загрязненности нитрат-ионами родников города Севастополя / Г.А. Сигора, Т.В. Ляшко, Л.А. Ничкова, Т.Ю. Хоменко // Системы контроля окружающей среды – 2018. – № 4 (34). – С. 150-156.

УДК 504.4.054:628.19

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Ж.А. Шевцова, студент,
Г.А. Сигора, доцент, канд. биол. наук,
Л.А. Ничкова, доцент, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: tamara_homenko93@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается проблема оценки качества подземных вод города Севастополя, так как некоторые муниципальные образования города Севастополя не связаны с централизованной системой водоснабжения города, поэтому нуждаются в альтернативных источниках питьевой воды. Вода из источников, которую планируют либо уже используют в хозяйственно-питьевых целях, должна соответствовать санитарно - гигиеническим и эпидемиологическим нормам, установленным законодательством Российской Федерации. Таким образом, необходимо проводить исследования по оценке качества подземных вод для хозяйственно-питьевого назначения путем проведения полевых и лабораторных исследований проб данных вод в соответствии с требуемыми методиками. В статье рассмотрена структурная схема проведения эксперимента по гидрохимической оценке качества подземных вод для города Севастополя. Определены обобщенные показатели качества родниковых вод Севастопольского региона. Подробно представлено описание основных этапов исследования по оценке качества вод. Данная процедура является необходимой для всех источников подземных вод города Севастополя, которые используются как источники пи-

тьевой воды. Отмечено, что многосторонний подход к изучению состава подземных вод Севастополя позволит обеспечить наиболее точные выводы о возможности использования подземных источников в целях обеспечения населения питьевой водой.

Ключевые слова: оценка качества, подземные воды, показатели, город Севастополь, этапы эксперимента, гидрохимические исследования.

QUALITY ASSESSMENT OF WATER OF UNDERGROUND SOURCES OF THE CITY OF SEVASTOPOL

J.A. Shevtsova, student,
G.A. Sigora, associate professor, cand. biologist. ,
L.A. Nichkova, associate professor, cand. tech. sciences,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The article deals with the problem of assessing the quality of groundwater in the city of Sevastopol, since some municipalities of the city of Sevastopol are not connected with the centralized water supply system of the city, therefore they need alternative sources of drinking water. Water from sources that are planned or are already used for household and drinking purposes must comply with sanitary, hygienic and epidemiological standards established by the legislation of the Russian Federation. Thus, it is necessary to conduct studies to assess the quality of groundwater for household and drinking purposes by conducting field and laboratory studies of samples of these waters in accordance with the required methods. The article describes the structural scheme of the experiment on the hydrochemical assessment of groundwater quality for the city of Sevastopol. The generalized indicators of the quality of spring waters of the Sevastopol region are determined. A detailed description of the main stages of the study to assess water quality. This procedure is necessary for all sources of groundwater in the city of Sevastopol, which are used as sources of drinking water. It is noted that a multilateral approach to the study of the composition of the groundwater of Sevastopol will provide the most accurate conclusions about the possibility of using underground sources in order to provide the population with drinking water.

Keywords: quality assessment, groundwater indicators, the city of Sevastopol, the stages of the experiment, hydrochemical studies.

Некоторые муниципальные образования города Севастополя не связаны с централизованной системой водоснабжения города, поэтому нуждаются в других источниках питьевой воды. Благодаря водным скважинам, разработанным в отдельных районах, создаются местные водораспределительные системы питьевой воды, что позволяет обеспечить население близлежащих сел города питьевой водой.

В 2015 году доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения городского населения и сельскохозяйственного водоснабжения составляла 45%. В городе Севастополе на 2015 год разведаны и утверждены эксплуатационные запасы подземных вод в количестве 90,606 тыс.м³/сут [1].

Главным достоинством подземных вод как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения является их более высокая степень защищенности от поверхностного загрязнения. Однако по условиям защищенности подземных вод различные водоносные горизонты существенно различаются. При этом наиболее высокой защищенностью характеризуются напорные водоносные горизонты, перекрытые выдержанными слабопроницаемыми отложениями. В связи с этим в большинстве случаев в качестве источников хозяйственно-питьевого централизованного водоснабжения используются, как правило, напорные горизонты. Грунтовые воды используются обычно для нецентрализованного водоснабжения рассредоточенного сельского населения путем отбора этих вод из колодцев и неглубоких скважин.

Эти воды, в основном, практически не защищены от загрязнения.

Вода источников, которую планируют либо уже используют в хозяйственно-питьевых целях, должна соответствовать санитарно - гигиеническим и эпидемиологическим нормам, установленным законодательством Российской Федерации. Таким образом, необходимо проводить исследования по оценке качества подземных вод для хозяйственно-питьевого назначения путем проведения полевых и лабораторных исследований проб данных вод в соответствии с требуемыми методиками.

Однако вода подземных источников имеет специфический многокомпонентный состав, который имеет отличительные особенности в зависимости от региона залегания. Из этого следует, что необходимо тщательно выбрать именно те компоненты и показатели, которые целесообразно и необходимо исследовать в воде подземных источников.

Более 80 химических элементов на сегодняшний день обнаружено в подземных питьевых водах, из которых лишь у 27 известна физиологическая роль. Определены группы неорганических соединений, которые могут потенциально находиться в питьевых водах и влиять на их качество.

Выбирая приоритетные показатели, следует обратиться к таким нормативным документам как СанПиН 2.1.4.1074-01 и в ГН 1.2.5.13.15-03, на основании которых производится отнесение пресных подземных вод к питьевым.

Однако, в рамках научно-исследовательской работы, исходя из возможностей технического аппарата и целей исследования, требуется провести анализ существующих данных и также выбрать приоритетные показатели.

Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

- обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также

веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение;

- содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения

- содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека.

Для рассматриваемого объекта исследования, в качестве критериев оценки химического состава подземных вод применимы обобщенные показатели, вредные химические вещества, наиболее встречающиеся на территории РФ и вещества с глобальным распространением.

Также благодаря А.Б. Ческису, на основе статистики обнаружения тех или иных компонентов, а также их потенциальной опасности неорганические компоненты потенциально находящиеся в питьевой воде и в воде источников водоснабжения были разделены на типы А, В, С, D [2].

Проанализировав каждую из групп в рамках исследований вод города Севастополя, было выявлено, что целесообразно определять ряд химических веществ группы А (мышьяк, барий, кадмий, хром, медь, фтор, свинец, ртуть, нитраты, нитриты, селен), а также железо и марганец, у которых наблюдается повышенная концентрация в пресных подземных водах Крыма. Помимо этого, вне зависимости от того, как будет изучаться вода источника по химическому составу, необходимо определять обобщенные показатели качества, органолептические свойства воды [3].

После того, благодаря анализу и отбору требуемых параметров можно приступать к непосредственным полевым и лабораторным исследованиям. Обобщенные показатели определяются путем различных физико-химических методов, органолептические свойства посредством рецепторов исследователя так и приборами и специальными приспособлениями. Содержание тех или иных химических компонентов определяется широким спектром методов, из которых выделяют потенциометрические, электрохимические, фотометрические и атомно-

абсорбционные, а также титриметрические и гравиметрические.

Ниже представлена структурная схема проведения эксперимента по гидрохимической оценке качества подземных вод для города Севастополя (рис. 1). Данная схема кратко показывает основные этапы при проведении оценки качества вод.

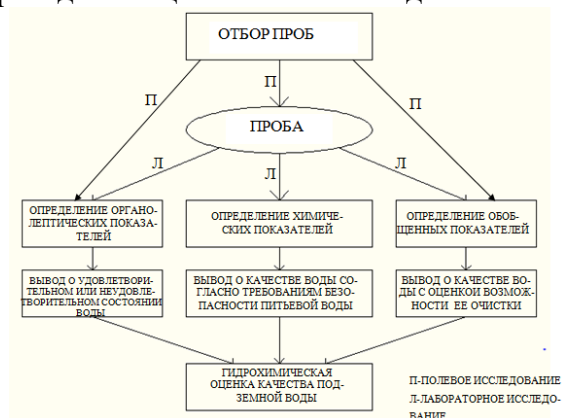


Рис. 1. Структурная схема проведения эксперимента по гидрохимической оценке качества подземных вод для города Севастополя

Залог успешного проведения исследований зависит от правильности выполнения всех этапов и компетентности исследователя. Главное внимание следует уделить этапу пробоотбора, поскольку его корректное выполнение определяют играющую роль в последующих исследованиях, а ошибочные действия при его выполнении могут свести все последующие измерения к нулю. К таким же последствиям может привести неправильная консервация, транспортировка и хранение проб.

Список литературы:

1. Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города федерального значения Севастополя за 2015 год – Утверждено приказом Севприроднадзора от 01.07.2016 №105 – 44 с.
2. Оценка качества подземных вод и методы их анализа: учебное пособие / М.А. Антипов, И.В. Заикина, Н.А. Безденежных. – М.: РГАЗУ, 2010. 136 с.
3. ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества – введ. 1999-07-01, 21с.

Существенным плюсом является то, что некоторые показатели можно определить непосредственно после пробоотбора в полевых условиях, что ускоряет процесс исследования и исключает погрешностей измерений этих параметров в лаборатории.

После проведения всех этапов, а также на промежуточных стадиях исследования делаются выводы о том, какого качества является представленный образец воды. В конце формируется заключение о том, пригодна ли вода конкретного источника к применению в целях хозяйственно-питьевого пользования.

Данная процедура является необходимой для всех источников подземных вод города Севастополя, которые используют как источники питьевой воды, поскольку человек не способен определить насколько безопасно для него употреблять данную воду исходя только из своего субъективного восприятия органолептических свойств воды из этого родника.

Следует отметить, что процедура оценки качества подземных вод включает многосторонний подход к изучению состава подземных вод Севастополя, и именно это сможет обеспечить наиболее точные выводы о возможности использования подземных источников в целях обеспечения населения питьевой водой.

«Исследование выполнено при поддержке РФФИ г. Севастополя в рамках научного проекта №18-35-50004»

«The reported study was funded by RFBR and Sevastopol according to the research project №18-35-50004»

УДК 538.41

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ГИДРОСФЕРУ И ЛИТОСФЕРУ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАССЫ ТАВРИДА

Ю.М.Черкасова, студент,

И.Н. Лукьяненко, аспирант

Л.А.Ничкова, кандидат технических наук, доцент,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: nichkova@sevsu.ru

Аннотация: в тезисах представлен материал: «Антропогенная нагрузка на окружающую среду при строительстве трассы «Таврида» (гидросфера и литосфера), выполнена статистическая обработка данных по влиянию ТБО на гидросферу и литосферу. Загрязнение поверхности земли транспортными и дорожными выбросами накапливается постепенно, в зависимости от числа проходов транспортных средств и сохраняется очень долго даже после ликвидации дороги. Для будущего поколения транспортное загрязнение почвы останется тяжелым наследством прошлого. Накапливающиеся в почве химические элементы, особенно металлы, оксиды азота, углеводороды, оксид углерода, сажа и другие вещества, оседающие на поверхность Земли или поглощаемые растениями, и через них по пищевой цепи переходят в организм животных и человека. Часть их растворяется и выносится стоковыми водами, попадает затем в реки, водоемы и уже через питьевую воду также может оказаться в организме человека. Влияние вибраций на животный и растительный мир от скоростных дорог принято считать незначительным. Ежегодно на подвижных дорожных объектах, которые обеспечивают строительство, ремонт и содержание дорог общего пользования, выбрасывается около 450 тыс. т. пыли, сажи и других вредных веществ

Ключевые слова: Горюче-смазочные материалы, неокислившиеся вещества, автомобильная федеральная трасса, асфальто-бетонные покрытия, максимальная производительность, вредные вещества, выбросы автомобилей, скорость движения.

ANTHROPOGENIC LOAD ON THE ENVIRONMENT DURING THE CONSTRUCTION OF THE HIGHWAY «TAVRIDA» (HYDROSPHERE AND LITHOSPHERE)

Yu.M. Cherkasova, student,

I.N. Lukynenko aspirant

L.A. Nichkova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor ,

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,

Sevastopol, Russian Federation 299053

e-mail: nichkova@sevsu.ru

Abstract: the thesis presents the material: "Anthropogenic load on the environment in the construction of the highway "Tavrida" (hydrosphere and lithosphere), performed statistical processing of data on the impact of solid waste on the hydrosphere and lithosphere. Pollution of the earth's surface by transport and road emissions accumulates gradually, depending on the number of vehicle passes and persists for a very long time even after the elimination of the road. For future generations, soil transport pollution will remain a legacy of the past. Chemical elements accumulated in the soil, especially metals, nitrogen oxides, hydrocarbons, carbon monoxide, soot and other substances deposited on the surface of the Earth or absorbed by plants, and through them through the food chain pass into the body of animals and humans. Some of them are dissolved and carried out by waste water, then falls into rivers, ponds and already through drinking water can also be in the human body. The influence of vibrations on flora and fauna from high-speed roads is considered to be insignificant. Annually on mobile road objects which provide construction, repair and the

maintenance of public roads, about 450 thousand tons of dust, soot and other harmful substances are thrown out.

Keywords: *Fuel and lubricants, non-oxidized substances, automobile federal highway, asphalt-concrete pavements, maximum performance, harmful substances, car emissions, driving speed.*

Ежегодно на подвижных дорожных объектах, которые обеспечивают строительство, ремонт и содержание дорог общего пользования, выбрасывается около 450 тыс. т. пыли, сажи и других вредных веществ.

Официальный старт строительства трассы "Таврида" в Крыму дан 12 мая 2017 года. Четырехполосная автотрасса соединит Керчь, где будет построен мост через Керченский пролив, с Симферополем и Севастополем. Общая протяженность крымского участка "Тавриды" от Керчи до границы с Севастополем составляет 237,5 км. Первый этап строительства дороги (в двухполосном исполнении) планируется завершить к концу 2018 года, второй (четыре полосы) — к концу 2020 года. Расчетная скорость движения по трассе составит 120 км/ч.

Основные факторы, негативно влияющие на окружающую среду при строительстве автомобильной дороги: загрязнение воздуха выхлопными газами, загрязнение почв и водной эрозии горюче-смазочными материалами, образование оврагов и дорожной эрозии, причинение ущерба при строительстве лесным насаждениям, шум, пыль. В случае

строительства трассы «Таврида» оказывает пагубное влияние еще и строительство вдоль всей трассы равномерно установленных и введенных в эксплуатацию 5 асфальтобетонных заводов, которые обеспечивают стройку асфальтобетоном. Максимальная производительность заводов — до 200 тонн материала в час.

Асфальтобетонные покрытия оказывают нарушают водный баланс, лишают экосистему универсального фильтра, каким является почва. Кроме того, они изменяют характер теплообмена почвы с атмосферой, способствуют образованию «острова тепла» на территории города.

Загрязнение поверхности земли транспортными и дорожными выбросами накапливается постепенно, в зависимости от числа проходов транспортных средств и сохраняется очень долго даже после ликвидации дороги. Для будущего поколения транспортное загрязнение почвы останется тяжелым наследством прошлого. Не исключено, что при ликвидации построенных нами дорог загрязненную неокислившимися металлами почву придется убирать с поверхности.

Таблица 1 – Потребление энергии в г бензинового эквивалента и выбросы углекислого газа и загрязняющих веществ, на 1 пассажирокилометр (в % от выбросов автомобиля)

Вид транспорта		Автомобиль	Автобус	Метро	Городская ж.д.
Средняя степень заполнения (по зарубежным данным)		1,25 чел	25%	23%	21%
Потребление энергии в год бензинового эквивалента на 1 пассажирокилометр		60	25	19,5	19
Выбросы в % от выбросов автомобиля с бенз. двиг. на 1 пассажирокилометр					
CO ₂	бенз. двиг.	100%	29%	5%	5%
	дизель	83%	-	-	-
CO	бенз. двиг.	100%	4,5%	0	0
	дизель	3%			
Летуч. органич. соединения	бенз. двиг.	100%	6%	0	0
	дизель	6%			
NO _x	бенз. двиг.	100%	62%	0	0
	дизель	42%			

Накапливающиеся в почве химические элементы, особенно металлы, оксиды азота, углеводороды, оксид углерода, сажа и другие вещества, оседающие на поверхность Земли или поглощаемые растениями, и через них по пищевой цепи переходят в

организм животных и человека. Часть их растворяется и выносится стоковыми водами, попадает затем в реки, водоемы и уже через питьевую воду также может оказаться в организме человека.

Таблица 2 – Основные источники загрязнения атмосферы

Примеси	Основные источники	
	Естественные	Антропогенные
Твердые вещества	Крупномасштабный атмосферный перенос	Сжигание ископаемых и других видов топлива, автотранспорт (истирание дорожного полотна), цементные заводы
Газообразные и жидкие вещества	Перегнивание органического материала, вулканическая активность	Выхлопные газы, промышленность, сжигание ископаемых топлив (угля, нефти, природного газа)
Диоксид серы	Вулканическая активность, окисление серы и сульфатов, рассеянных в море	Сжигание топлива в промышленных и бытовых условиях
Оксид азота	Лесные пожары	Промышленность, автотранспорт, теплоэлектростанции
Оксид углерода	Лесные пожары, природный метан	Автотранспорт, испарение нефтепродуктов
Летучие органические соединения	Лесные пожары, природный метан	Автотранспорт, испарение нефтепродуктов

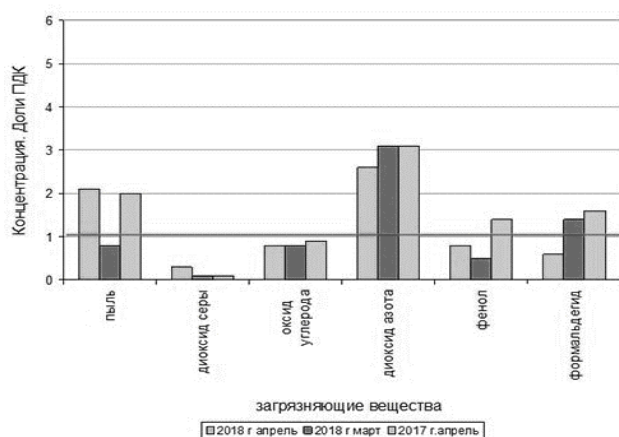


Рис. 1 – Среднесуточные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в долях ПДК

По данным ряда наблюдений из общего количества выбросов твердых частиц, включая металлы, примерно 25 % остается до смыва на проезжей части, 75 % распре-

деляется на поверхности прилегающей территории, включая обочины.

В водоемы со сточными водами поступают в воду нефтепродукты и взвешенные вещества. В поверхностных стоках содержатся тяжелые металлы, такие как свинец и кадмий, а также хлориды, которые используются в качестве противогололедных материалов. Следует добавить, что будет производиться разрушение природного ландшафта: "Место там относительно ровное, а затем небольшие горы высотой не более 50 метров над уровнем долины. Проходить эти горы в случае необходимости будет не очень сложно — там идут известняковые останцы, они достаточно легко пропиливаются".

Будет вырубаться можжевельник колючий: "Этот лес не входит в особо охраняемые зоны Севастополя, то есть там строительство разрешено. В основном

в этом лесу растет дуб и граб высотой до 10 метров. Это не краснокнижные растения. А вот из тех деревьев, которые занесены в Красную книгу, там встречается можжевельник колючий. Его можно вырубать, просто оплата в экологический фонд будет выше, чем у дуба и граба", — говорит старший преподаватель кафедры геоэкологии и природопользования отделения географии — Каширина. Кроме того, трасса заходит на виноградники одного из винодельческих предприятий Крыма, которые придется вырубать, отмечает Новиков.

При строительстве и эксплуатации дорог происходят почворазрушающие процессы: оползни, просадки и эрозия. Причем часто развивается особый вид последней — дорожная эрозия, происходящая в результате размыва и разрушения почв. Из-за этого возникают группы оврагов по колеям грунтовых дорог. Чтобы избежать размыва в кюветах, необходимо сохранять в них травянистый покров, а также сооружать бетонные лотки.

Но в то же время трасса не затронет границы особо охраняемых природных территорий. При ее строительстве будет минимизирован возможный вред окружающей среде. Например, проектом предусмотрена высадка более 320 тысяч деревьев и предусмотрено строительство порядка 100 очистных сооружений (на основании действующих требований, запрещающих сброс неочищенных сточных вод с поверхности автодороги в пределах населенных пунктов, водохранимых зон водоемов, зонах санитарной

охраны источников питьевого водоснабжения).

Общее акустическое воздействие трассы Таврида по предварительным расчетам составит:

— для дневного периода времени = **77,2 дБА**

— для ночного периода времени = **74,3 дБА**

это соответствует нормативам для скоростных дорог вне населённых пунктов, поэтому для снижения шумовой нагрузки от транспортного потока на протяжении всей «Тавриды» поставят четырехметровые акустические экраны, а местных жителей защитят от гула установкой специальных стекол в окна и проветривателей. Речь идет о модернизации более чем 600 зданий.

Помимо шума важным фактором воздействия транспорта является вибрация в жилых и общественных зданиях на жилых территориях. Влияние вибраций на животный и растительный мир от скоростных дорог принято считать незначительным. По всем допустимым параметрам, значительные вибрации затихают не менее чем через 30 метров от дорожного полотна. Расчет вибрационных воздействий очень сложен и будет осуществляться после сооружения трассы Таврида. В тех местах где значение будет превышать допустимое по СН 2.2.4/2.1.8.566-96, будут сооружаться специальные антивибрационные траншеи и экраны.

Кроме того, на трассе появятся зарядные станции для электромобилей, что привлечет владельцев эко-машин и, соответственно, снизит уровень загрязнения воздуха.

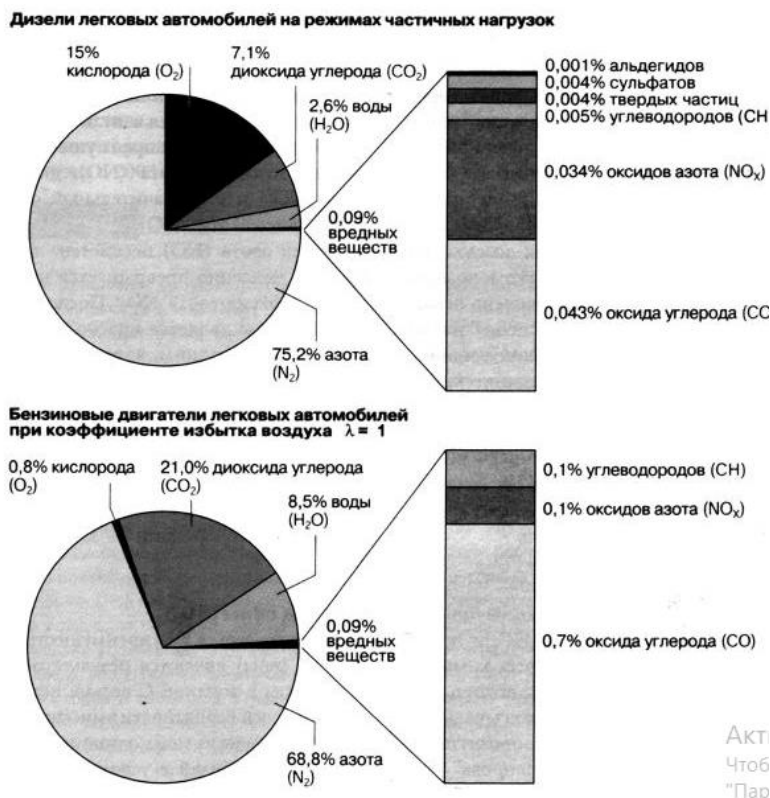


Рис. – 2. Некоторые показатели загрязнения атмосферы легковыми автомобилями

«Сохранение нашего ландшафта, природных ценностей, заповедных земель – одна из приоритетных задач для нас. Просто так кромсать крымскую землю мы не будем. У нас с Максимом Юрьевичем (министр транспорта РФ Максим Соколов – ред.) единая позиция по этому вопросу. Все участки,

которые выделены под разведку, согласовываются с местными администрациями, чтобы это было не в ущерб местным жителям и окружающей среде», – подчеркнул Аксенов.

Источник: РИА Крым: <https://crimea.ria.ru/dorogy/20170130/1108929108.html>

Список литературы:

1. Бродский А.К. Экология: учебник. М.: КНОРУС, 2012. Передельский Л.В. Экология и охрана окружающей среды: учебник. М.: КНОРУС, 2013.

УДК 565.13.658

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. И. Инкулец, магистр

А.С. Юрченко, аспирант

Л.А. Ничкова, канд.техн.наук., доцент,

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, ул. Университетская, 33,

г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: KirienkovaIO@sevastopolteplo.ru

Аннотация: Статья посвящена решению проблемы очистки сточных вод предприятия АО «Омск-Лада» до допустимых концентраций для сброса в городской коллектор с помощью применения четырех типов вмешательства по Р. Акоффу. Для выбора варианта решения проблемы разработаны критерии, которые формировались с целью достижения решения

проблемы, срока окупаемости и соблюдения основных направлений государственной политики в области ресурсосберегающих технологий. Исходя из полученных результатов, для решения проблемы наиболее подходящим вариантом является вариант разработки технологической схемы оборотного водоснабжения (DISSOLUTIONB). В результате разработана технологическая схема оборотного водоснабжения, которая включает два горизонтальных отстойника непрерывного действия, смесительную емкость, установку «ФФУ-1К», ионообменную установку, емкость для накопления очищенной воды и насос. Разработанная система оборотного водоснабжения очищает воду ниже норм и может быть использована для производственных целей. Благодаря внедрению системы оборотного водоснабжения водопотребление снизится с 413 м³/мес до 104,3 м³/мес, а водоотведение с 413 м³/мес до 68,3 м³/мес. Срок окупаемости предполагаемой установки для оборотного водоснабжения предприятия АО «Омск-Лада» составляет 1 год и 6 месяцев.

Ключевые слова: Системный анализ, автотранспортное предприятие, локальные очистные сооружения, оборотное водоснабжение, оборотное водоснабжение автотранспортных предприятий, загрязняющие вещества в сточных водах автотранспортных предприятий, технологическая схема оборотного водоснабжения, режимы работы оборотного водоснабжения.

SYSTEM ANALYSIS OF WASTEWATER TREATMENT OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES

Inkulets A.I., Master
Yurchenko A.S., graduate student
Nichkova L.A., Ph.D., Associate Professor,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The article is devoted to solving the problem of wastewater treatment at Omsk-Lada JSC up to permissible concentrations for discharge into the city collector using four types of intervention according to R. Akoff. To select a solution to the problem, criteria were developed that were formed in order to achieve a solution to the problem, payback period and compliance with the main directions of state policy in the field of resource-saving technologies. Based on the results obtained, the most suitable option for solving the problem is the option of developing a technological circuit for recycling water supply (DISSOLUTIONB). As a result, a technological scheme of circulating water supply was developed, which includes two horizontal continuous sedimentation tanks, a mixing tank, an FFU-1K installation, an ion exchange unit, a tank for storing purified water and a pump. The developed water recycling system purifies water below the norms and can be used for production purposes. Thanks to the introduction of the circulating water supply system, water consumption will decrease from 413 m³ / month to 104.3 m³ / month, and water disposal from 413 m³ / month to 68.3 m³ / month. The payback period of the proposed installation for recycling water supply of Omsk-Lada JSC is 1 year and 6 months

Keywords: System analysis, motor transport enterprise, local treatment facilities, recycled water supply, recycled water supply of motor transport enterprises, pollutants in the wastewater of motor transport enterprises, technological scheme of recycled water supply, operating modes of the circulating water supply.

Современные экологические проблемы городов связаны с перегруженностью на небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий. На сегодняшний день транспорт обеспечивает

движение материальных потоков, комфортные условия жизнедеятельности людей, а также приводит к нарушению принципов функционирования экосистем и расходу природных ресурсов. Транспортное

средство является источником повышенной опасности для здоровья и жизни людей из-за возможного вовлечения в дорожно-транспортные происшествия и загрязнения окружающей среды вредными газообразными выбросами и жидкими стоками.

С целью защиты водных ресурсов от истощения и загрязнения вредными веществами предусматривается комплекс мер, включающий: разработку соответствующих законодательных актов; организацию мониторинга водных объектов; охрану поверхностных и подземных вод, включая очистку промышленных и бытовых стоков; подготовку воды, используемой для питьевых и хозяйственных целей; государственный контроль над использованием и охраной водных ресурсов [1].

АО «Омск-Лада» - это филиал ООО «АЗИЯ АВТО УСТЬ-КАМЕНОГОРСК», которое является совместным предприятием с ОАО «АВТОВАЗ» и Группы Компаний «БИПЭК АВТО-АЗИЯ АВТО». Оно создано для осуществления дистрибуции, розничных продаж и послепродажного обслуживания автомобилей LADA в Омске и Омской области. Основным видом деятельности АО «Омск-Лада», согласно ОКВЭД, является торговля оптовая и розничная автотранспортными средствами и мотоциклами и их ремонт.

Для функционирования и работы предприятия ежемесячное водопотребление составляет в среднем 413 м^3 . Водоснабжение и водоотведения осуществляет ОАО «Омскводоканал». Предприятие расходует воду на производственные нужды (мойка, техническое обслуживание и ремонт) и хозяйственно-питьевые нужды (мойка полов, полив территории, санузлы и т.д.).

Самое большое водопотребление происходит на участке мойки $7,44 \text{ м}^3/\text{сут}$. Данный расход обусловлен оказанием услуг по выполнению комплексного мытья автомобиля. Средний расход воды на мойку одного легкого автомобиля составляет 100-132 л.

Молярный участок на втором месте по водопотреблению $2,54 \text{ м}^3/\text{сут}$ после автомойки; на нем расход воды происходит за счет подготовки к окраске кузова автомо-

биля (мытьё автомобиля перед шлифованием и после него), а также в результате подготовки покрасочной камеры и оборудования.

Участок «антикор» на третьем месте по водопотреблению $1,46 \text{ м}^3/\text{сут}$. Расход воды обусловлен предварительной мойкой автомобиля перед нанесением антикоррозионного покрытия.

На предприятии так же функционирует столовая, санузлы и бытовые помещения. Для ежемесячного функционирования хозяйственно-питьевых водоснабжения необходимо 58 м^3 воды.

В результате деятельности предприятия сточные воды с производства загрязняются вредными веществами. Их концентрация не соответствует допустимой концентрации для сброса в городской коллектор. Для очистки сточных вод до допустимых концентраций в проект планировки предприятия, были включены локальные очистные сооружения.

Локальные очистные сооружения представляют собой два горизонтальных отстойника, размещенные на участке автомойки и малярном участке, для первичной очистки сточных вод от взвешенных веществ. Далее сточные воды поступают на многоярусный отстойник с адсорбционной таблеткой; они представляют собой зацементированные «люки» в грунте в количестве 3 штук ($2 \times 3 \times 2,5 \text{ м}$) со слоем сорбента толщиной 0,8 м. Очистка воды проводится адсорбционным способом. В качестве сорбента используют кокс.

Локальные очистные сооружения функционируют на предприятии с момента введения в эксплуатацию производственного цикла, т.е. с 1980 года. Последний раз замена сорбента была 10 лет назад. Как показал визуальный осмотр, очистные сооружения устарели и требуют капитального ремонта, сорбционная таблетка полностью разрушилась, поэтому очистка сточных вод проводится некачественно. Об этом свидетельствуют протоколы анализов сточных вод предприятия АО «Омск-Лада». Результаты анализов представлены в таблице 2.

Для решения проблемы очистки сточных вод предприятия АО «Омск-Лада» до допустимых концентраций для сброса в городской коллектор применены четыре типа вмешательства по Р. Акоффу [2].

С помощью четырех типов вмешательства по Р. Акоффу представим возможные варианты решения проблемы в таблице 1.

Таблица 1 - Варианты решения проблемы

№ п/п	Наименование типов вмешательства	Вариант решения проблемы
1	ABSOLUTION	Ничего не предпринимать
2	RESOLUTION	Увеличить расход воды (с целью уменьшения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах)
3	SOLUTION	Произвести реконструкцию участка антикор, молярного цеха и ремонт ЛОС
4	DISSOLUTION	Разработка технологической схемы оборотного водоснабжения

Для выбора варианта решения проблемы разработаны критерии. Критерии формировались с целью достижения желаемого результата, это решение проблемы очистки сточных вод предприятия до допустимых концентраций для сброса в городской коллектор сброса в городской коллектор, срок окупаемости, вложенных денежных средств, должен быть не более двух лет и соблюдение основных направлений государственной политики в области экологии - внедрение ресурсосберегающих технологий.

Критерии выбора вариантов решения проблемы:

1. Экологичность;
2. Реальность внедрения в производственный процесс;
3. Снижения концентрации загрязняющих веществ до допустимых концентраций;
4. Окупаемость.

Исходя из полученных результатов, для решения проблемы очистки сточных вод от загрязняющих веществ до допустимых концентраций для сброса в городской коллектор наиболее подходящим вариантом, который удовлетворяет всем критериям, является вариант разработки технологической схемы оборотного водоснабжения (DISSOLUTION).

Для проектирования технологической схемы оборотного водоснабжения полу-

ченные показатели сточных вод следует сравнить с показателями качества оборотной воды для производственных нужд авторемонтных предприятий [3], которые приведены в таблице 2. Как показывают результаты сравнения сточные воды не соответствуют качеству оборотной воды по взвешенным веществам (превышение нормы в 5,7 раз), общей жесткости (превышение на 0,76 раз) и сухому остатку (превышение в 3 раза).

Система оборотного водоснабжения предусматривает раз в месяц спуск вод в городской коллектор. Поэтому полученные показатели сточных вод следует сравнить с показателями допустимых концентраций загрязняющих веществ (ДК) в сточных водах для сброса в городской коллектор, которые установлены в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" [4] и Постановлением Администрации г. Омска от 22.09.2014 № 1263-пРФ «Об утверждении нормативов водоотведения (сброса) по составу сточных вод в централизованную систему водоотведения (канализации) города Омска» [5], таблица 2.

Таблица 2 – Показатели и концентрация ЗВ сточных вод

№ п/п	Название показателя	Значение показателей сточных вод	Нормы для оборотной воды	ДК для сброса в городской коллектор
1	рН	7	6,5...8,5	6,5...8,5
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³	228,5	40	226
3	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,98	15	0,52
4	Сухой остаток, мг/дм ³	3000	1000	3000
5	Жесткость общая, ммоль/л	18,45	14	-
6	БПК _{полн} , мг/дм ³	14	15	180
7	АПАВ, мг/дм ³	0,35	-	9
8	Железо общее, мг/дм ³	2,5	5	0,2
9	Цинк, мг/дм ³	0,117	-	0,04
10	Алюминий, мг/дм ³	0,36	-	0,12
11	Медь, мг/дм ³	0,0146	-	0,004
12	Марганец, мг/дм ³	0,183	-	0,01

Результаты сравнения показывают, что сточная вода превышает показатели ДК по нефтепродуктам в 1,9 раза, по ионам металлов: железу в 12,5 раз, цинку в 2,9 раз, алюминию в 3 раза, меди в 3,7 раз, марганцу в 18 раз.

Для снижения содержания нефтепродуктов, АПАВ и остатка взвешенных веществ выбрана установка «ФФУ-1К» [6] с напорным флотатором и полиуретановым фильтром. Для снижения концентрации ионов металлов общей жесткости планируется установить ионообменную установку RFS-1215/56 [7].

Разработанная технологическая схема оборотного водоснабжения включает два горизонтальных отстойника непрерывного действия, смесительную емкость, установку «ФФУ-1К», ионообменную установку, емкость для накопления очищенной воды и насос.

Система оборотного водоснабжения работает следующим образом. Очищенная вода поступает в участок окраски, «антикор» и мойки автомобилей. После участка окраски сточные воды поступают в горизонтальный отстойник № 1 непрерывного действия. После отстойника № 1 сточные воды поступают в смесительную емкость. Сточные воды с участка «антикор» вместе со сточными водами участка мойки поступают в отстойник № 2 непрерывного действия. Вода с отстойников за день самотеком поступает в смесительную емкость. В смесителе происходит

смешение стоков с участка окраски, мойки и участка «антикор».

Предприятие заканчивает работу в 20:00. После завершения рабочего дня дежурный включает установку «ФФУ-1К». Система оснащена погружным насосом, который подает воду на флотационную установку для очистки воды от нефтепродуктов, АПАВ и остатков

взвешенных веществ, а после чего вода самотеком поступает на полиуретановый фильтр, который так же входит в установку «ФФУ-1К». На фильтре вода проходит доочистку и очищается от остатка нефтепродуктов и АПАВ.

Далее вода поступает на ионообменную установку, где проходит умягчение и очистку воды от катионов металлов. Очищенные сточные воды самотеком поступают в накопитель очищенной воды.

Четырехступенчатый процесс очистки воды, объем которой равен 10,30 м³, длится 9 часов. Пополнение оборотной системы должно происходить ежедневно. Из уравнения баланса получен ежедневный объем пополнения системы оборотного водоснабжения $Q_{\text{попол.об.сис.}} = 1,2 \text{ м}^3/\text{сут}$ [8].

В результате очистки сточных вод в системе оборотного водоснабжения концентрации загрязняющих веществ снижаются до концентраций допустимых для сброса в городской коллектор. В таблице 2 указаны составы воды поэтапной очистки на каждой из трех ступеней

Таблица 3 – Показатели и концентрация ЗВ сточных вод после каждой ступени очистки

№ п/п	Название показателя	Значения концентрации после			Нормы для оборотной воды	ДК для сброса в городской коллектор
		отстойников	«ФФУ-1К»	ионообменной установки		
1	рН	7	7	7	6,5...8,5	6,5...8,5
2	Взвешенные вещества, мг/дм ³	228,5	2,3	2,3	40	226
3	Нефтепродукты, мг/дм ³	0,98	0,001	0,001	15	0,52
4	Сухой остаток, мг/дм ³	3000	3000	60	1000	3000
5	Жесткость общая, ммоль/л	18,45	18,45	-	14	-
6	БПК _{полн} , мг/дм ³	14	0,28	0,28	15	180
7	АПАВ, мг/дм ³	0,35	0,07	0,07	-	9
8	Железо общее, мг/дм ³	2,5	2,5	0,05	5	0,2
9	Цинк, мг/дм ³	0,117	0,117	0,002	-	0,04
10	Алюминий, мг/дм ³	0,36	0,36	0,0072	-	0,12
11	Медь, мг/дм ³	0,0146	0,0146	0,0003	-	0,004
12	Марганец, мг/дм ³	0,183	0,183	0,004	-	0,01

Из таблицы 3 видно, что разработанная система оборотного водоснабжения очищает воду ниже норм и может быть использована для производственных целей.

Благодаря внедрению системы оборотного водоснабжения водопотребление сни

зится с 413 м³/мес до 104,3 м³/мес, а водоотведение с 413 м³/мес до 68,3 м³/мес. Срок окупаемости предполагаемой установки для оборотного водоснабжения предприятия АО «Омск-Лада» составляет 1 год и 6 месяцев.

Список литературы:

1. Внедрение системы оборотного водоснабжения/ Н.Н. Комбин//Материалы XXXI Международной научно-практической конференции «Научное сообщество студентов XXI столетия. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ». – Новосибирск, 2015. – С. 68;
2. Тарасенко, Ф.П. Прикладной системный анализ / Ф.П. Тарасенко – М.: Издательство КноРус, 2010. – 20 с.
3. ОНТП-01-91. РД 3107938-0176-91. «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта» – 1992-01-01. - М.: Стройиздат, 1992. – 70 с
4. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" – 2013-07-29. М.: ИПК Издательство стандартов - 2003- 10 с.;
5. Постановление Администрации г. Омска от 22.09.2014 № 1263-пРФ «Об утверждении нормативов водоотведения (сброса) по составу сточных вод в централизованную систему водоотведения (канализации) города Омска» - 2014 – 09 – 22;
6. Технический паспорт. ФФУ-1К.00.000.ПС//ecosvc.ru: Экосервис. Система оборотного водоснабжения для автомойки URL: http://www.ecosvc.ru/catalog/flotatsionnaya_ustanovka_FFU.htm (дата обращения 25.05.2017);
7. Инструкция по эксплуатации. Ионообменные фильтры с управляющим клапаном// novoterm24.ru: Инструкции по эксплуатации продукции Гейзер URL: <https://novoterm24.ru/nado-znat/pasporta/instruktsii-po-ekspluatatsii-produktsii-geyzer/> (дата обращения 25.05.2017);
8. Ионообменные методы очистки веществ / О. В. Бобрешова [и др.]. – В.: Воронеж. гос. ун-та, 1984. - 371 с.

РАЗДЕЛ 4. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 338.518:663

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАССР НА ПРИМЕРЕ ВИНОДЕЛЬЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.А. Шульга, студент,
Е.Ф. Бариева, старший преподаватель,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: elizaveta.shul@yandex.ru

Аннотация: Огромное количество компаний несут ответственность за жизнь и здоровье миллионов человек и именно поэтому так важно уделять особое внимание качеству выпускаемой продукции и обслуживания клиентов. На сегодняшний день применение принципов системы НАССР является обязательным для всех предприятий, связанных с пищевой промышленностью. Это объясняется тем, что эта система направлена на предотвращение возможных нарушений на каждом этапе производства продукции, а не на обнаружение опасных продовольственных продуктов в конце этого процесса. В ходе анализа рисков четко описывается производственный процесс и характеристики производимых продуктов, выявляются все возможности возникновения патогенных опасностей, и определяется вероятность их появления, а также формируются их качественные и количественные параметры. Контроль производится на абсолютно на всех этапах переработки, производства и дистрибуции продуктов питания, «от фермы до потребителя». Этим изначально обеспечивается эффективный и правильный подход к выбору и обработке сырья, приготовлению питания, условиям к его реализации. Такой подход позволяет не только гарантировать безопасность питания, но и одновременно повышать его конкурентоспособность за счет снижения затрат на проведение контроля безопасности конечного продукта. Статья посвящена вопросам разработки системы НАССР на предприятии ООО "Инкерманский завод марочных вин". Данная система будет отражать основную информацию о продукте, опасных факторах, рисках, мерах контроля, мониторинга, корректирующих действиях и процедурах верификации.

Ключевые слова: система НАССР, качество продукции, анализ рисков, критическая контрольная точка, виноделие, построение системы НАССР, безопасность пищевой продукции, верификация, мониторинг, ГОСТ.

DEVELOPMENT OF HACCP SYSTEM ON THE EXAMPLE OF THE WINERY

E.A. Shulga, student,
E.F. Barieva, Senior Lecturer,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: A huge number of companies are responsible for the lives and health of millions of people and that is why it is so important to devote special attention to the quality of products and customer service. Today, the application of HACCP system principles is mandatory for all food processing enterprises. This is due to the fact that the system aims at preventing possible violations at every stage of food production rather than detecting hazardous food products at the end of the process. Risk analysis clearly describes the production process and product characteristics, identifies all the possibilities of pathogenic hazards, determines the probability of their occurrence, as well as their qualitative and quantitative parameters. Control is carried out at absolutely all stages of pro-

cessing, production and distribution of food «from the farm to the consumer». It initially provides an effective and correct approach in raw material selection and processing, food production and terms of sale. Such approach allows not only to ensure nutrition security but at the same time to enhance its competitiveness by reducing expenses on the safety control of end products. The article is devoted to the development of the HACCP system at the company "Inkerman vintage wine factory". This system will reflect basic information about the product, hazards, risks, controls, monitoring, corrective actions and verification procedures.

Keywords: HACCP system, product quality, hazard analysis, critical control point, wine making, construction HACCP system, food safety, verification, tracking, GOST.

Пищевые отравления в организациях общественного питания и розничной торговле, встречаются часто. По данным Роспотребнадзора за 2017 год, в России зарегистрировано 750 515 случаев заболевания острыми кишечными инфекциями, 37 026 – сальмонеллезные инфекции – и это официальная информация, без учета случаев, когда потребитель не стал куда-либо обращаться [1].

Для этого с целью снижения рисков отравления и возникновения сопутствующих заболеваний разработана система менеджмента качества пищевой продукции, основанная на принципах HACCP.

В данной статье будет рассмотрено построение системы HACCP на примере винодельческого предприятия.

Обеспечение безопасности пищевой продукции, в том числе винодельческой, – одна из важнейших и актуальных стратегических задач в России и в мире в целом. В связи с возросшими требованиями рынка и конкуренцией производителей вина контроль качества производимого вина должен стать комплексом мероприятий. В настоящее время эффективной признается система анализа рисков и критических контрольных точек HACCP («Hazard Analysis and Control Critical Points»), представляющая собой систему оценки и контроля опасных факторов продовольственного сырья, технологических процессов и готовой продукции, которая призвана обеспечить высокое качество и безопасность пищевых продуктов.

В системе HACCP тщательно анализируются технологический и производственный процессы, тем самым делая акцент на предотвращение возникновения рисков и обеспечение безопасности пищевой про-

дукции на всех этапах процесса производства – от получения сырья до отгрузки готовой продукции. В этой системе возможные риски для безопасности продукции, заранее прогнозируются и процессы для контроля таких рисков, определяются в качестве критических контрольных точек [2], [27-39].

Система получила широкое распространение на европейских предприятиях, однако в нашей стране внедрение системы HACCP происходит крайне медленно. Это связано с тем, что немногие предприятия могут позволить себе внедрение данной системы – это чаще всего вызвано финансовыми трудностями, недостаточностью ресурсов или же недостаточным уровнем базовых знаний и подготовкой персонала.

Рассмотрим процесс построения системы HACCP на примере винодельческого предприятия ООО «Инкерманский завод марочных вин».

На первом этапе построения системы необходимо сформировать рабочую группу HACCP; назначить руководителя группы и создать все необходимые условия, ресурсы для эффективной деятельности группы. Далее группа HACCP производит описание рассматриваемого сырья и материала, данная система будет разработана для столовых вин и столовых виноматериалов, которые должны быть приготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ 32030-2013 «Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия» ООО «Инкерманский завод марочных вин» [3], [9-12].

На следующем этапе группа HACCP производит осмотр всех возможных факторов риска, на производственной линии вина, проводит анализ этих рисков и опре-

деляет критические контрольные точки (далее – ККТ). На основании всестороннего изучения нормативной документации и произведенного осмотра производства в контексте поэтапной схемы, группа выделяет ряд таких потенциально опасных факторов: микробиологические, физические, химические, физические и качественные. Посредством ранжирования рисков по двум направ-

лениям: вероятность появления и тяжесть последствий, было выделено 2 критические контрольные точки (табл. 1).

Примерами критических контрольных точек также могут служить тепловая обработка, охлаждение, анализ ингредиентов на химические остаточные вещества, контроль состава продукта и анализ продукта на металлические загрязнения.

Таблица 1. Критические контрольные точки в процессе производства вина

Стадия процесса	Является ли ККТ
Приемка сырья (виноматериала)	Да
Фильтрация	Да

Следующей стадией построения системы является определение критических

параметров для выявленных критических точек и корректирующие действия (табл. 2).

Таблица 2. Характеристики критических контрольных точек и корректирующие действия

ККТ	Определяемые риски	Источник	Предупреждающие действия	Корректирующие действия
Приемка сырья (виноматериала)	Привкус плесени, затхлости	- Природная среда - Оборудование	- Сортировка винограда. - Тщательная подготовка емкостей под вино. - Тщательный бракераж корковых пробок.	- Открытая переливка с окуриванием. - Введение в вино свежих винных дрожжей. - Оклейка бентонитом. - Обработка вина активированным древесным углем.
Фильтрование	Запах и привкус асбеста, фильтровальной ткани, земли	- Природная среда - Оборудование - Персонал	- Тщательная обработка фильтровальных тканей, новых железобетонных емкостей, сортировка винограда.	- Введение в вино свежих дрожжей с последующей фильтрацией и сульфитацией – 20-30 мг/л. - Оклейка бентонитом. - Обработка вина активированным древесным углем.

Выявленные критические контрольные точки, критические параметры и созданные корректирующие действия – должны систематически изучаться для выявления точек, где должен быть усилен контроль или где необходимы другие модификации. Таким образом, систему можно приспособить

к изменяющимся условиям путем непрерывной точной настройки или коррекции.

Не реже одного раза в год должна проводиться верификация – проведение соблюдения периодичности контроля по лабораторным журналам, внутренние аудиты

цеха приёмки виноматериала, фильтрации вина и результаты надзорных аудитов.

Ответственным исполнителем является главный аудитор, который по итогу проведения внутренних аудитов составляет отчёт по выявленным несоответствиям с указанием срока устранения данных несоответствий.

Контроль за выполнением предупреждающих и корректирующих действий по результатам анализа системы менеджмента безопасности пищевой продукции осуществляет руководитель группы безопасности пищевой продукции предприятия [4], [24-89].

Таким образом, в ходе исследования была разработана система НАССР для предприятия ООО «Инкерманский завод марочных вин», в процессе её разработки было выявлено 2 критические точки – это: приемка сырья (виноматериала) и фильтрация, а также выявлены риски. Впоследствии чего были предложены предупреждающие действия, а в случае выхода параметров критических контрольных точек из допустимых границ предложены корректирующие действия для их устранения, т.е. предложены эффективные методы контроля и мониторинга разработанной системы.

Список литературы:

1. <https://hacsp-likbez.ru/dejatelnost-predpriyatij-obshhestvennogo-pitanija-jeto-bolshaja-otvetstvennost/> (дата обращения 12.12.2018)
2. По системе анализа опасностей и критических точек управления (НАССР): учебное пособие. – Бишкек: БаракЭлде, 2012. – 73с.
3. ГОСТ 32030-2013. Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия. – Введ. 2014-07-01. - М.: Стандартиформ, 2014. – 17с. Методические рекомендации по внедрению принципов НАССР на предприятиях малого и среднего бизнеса, включая общественное питание. - Минск: БелГИМ, 2014. - 112 с.

УДК 621.753.5

ИННОВАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.В. Зырянова, студент,
В.А. Зырянова, студент,
Д.С. Василега, канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
г. Тюмень, Российская Федерация
e-mail: tata25612@yandex.ru

Аннотация: Рынок инжиниринговых услуг в мире взял свое начало в США еще в начале XX в., основной сферой деятельности которого являлось гражданское строительство. Ближе к 1960 году инжиниринг стал автономной областью международной коммерческой деятельности. На сегодняшний день он стал одной из главных составляющих любой развитой экономики, а государственные заказы являются неотъемлемым элементом производства крупнейших инжиниринговых компаний. Инжиниринговые центры имеют важное значение в реализации прикладных научных исследований по разработке новых материалов, изделий и технологических процессов их изготовления. Большой объем фундаментальных и прикладных научных разработок в области выполняется на базе Тюменского индустриального университета. Одним из главных направлений деятельности Тюменского индустриального университета является формирование университета как центра науки и инноваций. В статье рассмотрены преимущества создания инжиниринговых центров в Российской Федерации, инновационная инфраструктура Тюменской области, главным элементом которой выступает ГАУ ТО «Западно-Сибирский инновационный центр» (Тюменский Технопарк), его роль

в инновационном процессе региона. В работе представлены результаты анализа рейтинга инновационной активности Тюменской области, приведена статистика действующих вузов области, численность студентов и профессорско-преподавательского состава.

Ключевые слова: инновации, инфраструктура, технопарк, инжиниринговый центр, региональная инновационная структура, инжиниринг, деятельность, услуги, инновационный процесс, Тюменская область, инновационная деятельность.

INNOVATIVE INFRASTRUCTURE OF THE TYUMEN REGION

T. V. Zyryanova, student,

V. A. Zyryanova, student

D. S. Vasilega, cand. sc. tech, associate professor,

FGBOU IN Tyumen industrial university, Tyumen, Russian Federation

Abstract: The market of engineering services in the world originated in the USA at the beginning of the 20th century which main field of activity was civil engineering. Engineering by the autonomous region of the international commercial activity became closer by 1960. Today it became one of the main components of any developed economy, and the state orders are the integral element of production of the largest engineering companies. The engineering centers are important in realization of applied scientific research on development of new materials, products and technological processes of their production. The large volume of fundamental and applied scientific developments in the area is carried out on the basis of the Tyumen industrial university. One of the main directions of activity of the Tyumen industrial university is formation of the university as center of science and innovations. In article advantages of creation of the engineering centers in the Russian Federation, innovative infrastructure of the Tyumen region as which main element GAU THAT "The West Siberian innovative center" (the Tyumen Science and technology park), its role in innovative process of the region acts are considered. In work results of the analysis of rating of innovative activity of the Tyumen region are presented, statistics of the operating higher education institutions of area, number of students and the faculty is provided.

Keywords: innovations, infrastructure, science and technology park, engineering center, regional innovative structure, engineering, activity, services, innovative process, Tyumen region, innovative activity.

В России отдельные элементы инновационной структуры берут свое начало уже в 1990 годы. Технопарки – это субъект научной и инновационной структуры, который отвечает за создание условий для развития производства в научно-технической сфере при наличии оснащенной и экспериментальной базы и высокой концентрации квалификационных кадров. Технопарки были сформированы для воплощения важных научных проектов в жизнь, с целью создания эффективного механизма, для передачи результатов научно-исследовательской деятельности ученых, студентов вузов, а также разных научно-исследовательских центров в экономику, чтобы сократить инновационный цикл в Российской Федерации. При помощи технопарков происходит поддержка новых

идей и разработок в финансовой сфере и другого содействия со стороны государства, а также рост привлекательности отечественной науки.

Одним из главных элементов мирового рынка услуг является инжиниринг. Инжиниринг — это выделенный в самостоятельную область деятельности комплекс услуг коммерческого характера, который заключается в подготовке процесса производства и реализации продукции по обслуживанию строительства и эксплуатации промышленных, инфраструктурных, сельскохозяйственных и других объектов. Это услуги интеллектуального характера, которые направлены на оптимизацию инвестиционных проектов на всех этапах их реализации.

Рынок инжиниринговых услуг в мире взял свое начало в США еще в начале XX

в., основной сферой деятельности которого являлось гражданское строительство. Ближе к 1960 году инжиниринг стал автономной областью международной коммерческой деятельности [3].

На сегодняшний день он стал одной из главных составляющих любой развитой экономики, а государственные заказы являются неотъемлемым элементом производства крупнейших инжиниринговых компаний.

Международная торговля инжиниринговыми услугами заключается в предоставлении одним государством другому инженерно-расчетных, консультационных и инженерно-строительных услуг в процессе проектирования и сооружения за рубежом промышленных и иных объектов.

Обычно инжиниринговая компания имеет в своем составе несколько крупных фирм, каждая из них занимается определенной деятельностью: проектирование, строительство, поставка оборудования и его установка, монтажные работы, ведение проекта, технического надзора, инженерное сопровождение инвестиционных проектов, последующие работы. Предприятия, которые предоставляют свои работы «под ключ», обычно называют инжиниринговыми компаниями полного цикла [1].

Инжиниринговые центры имеют важное значение в реализации прикладных научных исследований по разработке новых материалов, изделий и технологических процессов их изготовления. Инжиниринговый центр – это юридическое лицо, которое предоставляет инженерно-консультационные услуги по подготовке процесса производства и реализации продукции (работ, услуг), подготовке строительства и эксплуатации промышленных, инфраструктурных и других объектов, предпроектные и проектные услуги (подготовка технико-экономических обоснований, проектно-конструкторских разработок и другие подобные услуги) (Постановление Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2014 г. № 134). Инжиниринговые центры ведут деятельность по реализации прикладных научных исследований, подготовкой технико - экономических

обоснований планируемых капиталовложений, планированием, а также подготовкой кадров. Главная роль отводится конструкторской деятельности, которая заключается в создании проектов и испытании прототипов технических устройств, подготовке конструкторской документации.

Создание инжиниринговых центров ведет за собой ряд преимуществ: внедрение результатов исследований, оборудования, которые были получены ранее высшим учебным заведением; извлечение из деятельности дополнительного дохода; участие студентов в реальных проектах для развития научно-практической, исследовательской деятельности с последующим трудоустройством; увеличение прибыли и объемов производства путем внедрения передовых разработок; увеличение предложения на рынке инжиниринга.

Центральным элементом инновационной инфраструктуры Тюменской области является ГАУ ТО «Западно - Сибирский инновационный центр» (Тюменский Технопарк).

Технопарк был создан в ноябре 2008 года для развития новых технологий и продвижения высокотехнологичной продукции в таких отраслях, как добыча и переработка нефти и газа, строительство, машиностроение и приборостроение, медицина и здравоохранение, экология и рациональное природопользование, информационные технологии, агропромышленный комплекс [2].

Основная цель Тюменского Технопарка направлена на комплексную поддержку проектов на всех стадиях инновационного процесса: от создания опытного образца до внедрения новых технологий в серийное производство.

ГАУ ТО «Западно - Сибирский инновационный центр» оказывает резидентам – субъектам малого и среднего бизнеса, которые реализуют инновационные проекты, следующие услуги:

1. Имущественные:

- обеспечение в безвозмездное использование, арендой на льготных условиях оборудованных офисных помещений; комнат переговоров, конференц-залов, выставочных площадей.

2. Консультационные:

- создание бизнес-плана инновационного проекта;
- построение программы продвижения инновационной продукции;
- оказание услуг по привлечению потенциальных инвесторов;
- юридические и бухгалтерские консультации; - оказание патентного поиска.

3. Информационные:

- PR-продвижение проекта в СМИ.

4. Организация презентации инновационного проекта:

- оказание услуг в организации участия в выставках, семинарах, конференциях, форумах, круглых столах;
- помощь в организации встреч с потенциальными инвесторами и заказчиками.

5. Услуги Центра прототипирования.

6. Услуги Регионального центра инжиниринга.

Региональный Центр Инжиниринга (РЦИ) – это площадка, которая предоставляет доступ к услугам высококвалифицированных российских экспертов и аудиторов в режиме единого окна.

На сегодняшний день договор о сотрудничестве по развитию и продвижению перспективных проектов малых инновационных компаний (резидентов Технопарка) действуют между ГАУ ТО «Западно - Сибирский инновационный центр» и

- ведущими ВУЗами г. Тюмени:
 - Тюменским индустриальным университетом;
 - Тюменским государственным университетом;
 - Государственным аграрным университетом Северного Зауралья;
 - Тюменским государственным медицинским университетом;
- Крупными компаниями:
 - Научно-производственное объединение бурового машиностроения ООО НПО «СибБурМаш»;
 - ООО «ТюменНИИгипрогаз»;
 - ФАУ «Западно-Сибирский научно-исследовательский институт геологии и геофизики»;
 - ООО «РН-Уватнефтегаз».
- Технопарками и Ассоциациями:

– АУ Ханты-Мансийского автономного округа - Югры «Технопарк высоких технологий»;

– ОАО «Томский международный деловой центр «Технопарк»;

– ГАУ Ямало-Ненецкого автономного округа «Окружной технологический парк «Ямал»;

– АО «Технопарк Санкт-Петербурга»;

– «Фонд развития интернет инициатив» (ФРИИ);

– АНО «Центр поддержки и развития научных и образовательных инициатив «Инновации Технологии Тренды»;

– Курганский центр молодежного инновационного творчества;

– НО «Тюменская ассоциация нефтегазовосервисных компаний»;

– НП «Ассоциация по развитию информационных технологий ТО»; и др.

Учредителем ГАУ ТО «Западно - Сибирский инновационный центр» является Комитет по инновациям Тюменской области.

Комитет активно поддерживает субъекты малого и среднего предпринимательства, которые осуществляют инновационную деятельность в следующих формах:

1. Выделяются субсидии на разработку опытного образца технологической инновации. Субсидия предоставляется в качестве софинансирования 90% затрат:

- произведенных на создание опытного образца;
- по договору на создание опытного образца, который заключен на условиях оферты. Максимальная сумма субсидии не ограничена.

2. Выделяются субсидии на реализацию инновационных проектов, которые получили поддержку ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере». Итоговая сумма всех субсидий, которые предоставляются на одного претендента в текущем финансовом году не должна превышать стоимости работ по контракту, который был заключен с Фондом.

Категория получателей: юридические лица или индивидуальные предприниматели, которые осуществляют деятельность,

нацеленную на реализацию инновационного проекта, заключившие договор с Фондом, выполнение работ по которому завершается в текущем году либо завершено в предыдущем году, предметом которого является выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

3. Выделение грантов на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для реализации инновационных проектов, которые имеют потенциал коммерциализации. Сумма грантов субъектам малого и среднего предпринимательства не ограничена.

Тюменская область является одним из крупнейших динамично развивающихся субъектов Российской Федерации. Особое внимание в регионе уделяется активизации инновационного процесса. По рейтингу инновационной активности регионов России Тюменская область находится на 14 месте по итогам 2017 года, а по итогам 2018 года – на 11 месте [6].

Затраты организаций Тюменской области (без АО) на научные исследования и разработки по итогам 2017 года составили 13154,9 млн. руб. (в 2016 году – 11180,4 млн.руб.) [4]. Сравнив показатели 2017 и 2010 (5314,1млн.руб.) гг. , которые увеличились почти в 2,5 раза, можно сделать вывод, что в Тюменской области продолжает набирать обороты инновационная деятельность, и с каждым годом государство все больше заинтересовано оказывать поддержку предприятиям и ВУЗам в их научно-практической, исследовательской деятельности. При этом наибольшую долю в числе инновационно активных организаций имеют компании обрабатывающего сектора экономики.

Динамично растет научный потенциал вузов Тюменской области, в их структурных подразделениях сосредоточена подавляющая (более 70%) часть кадров высшей квалификации научно-исследовательского комплекса области. По состоянию на 01.10.2017г. в Тюменской области функционирует 5 образовательных организаций высшего образования (5 государственных) и 6 филиалов государственных и негосу-

дарственных вузов (3 и 3 соответственно) с общей численностью студентов 58 219 чел.

Численность студентов, обучающихся в государственных вузах и в филиалах государственных вузов, составляет 56 889 чел., в негосударственных вузах и их филиалах обучается 1 330 чел.

Численность студентов, выпущенных из государственных вузов и филиалов государственных вузов, составляет 12 762 чел., из негосударственных вузов и их филиалов выпущено 226 чел.

Численность профессорско - преподавательского состава (далее – ППС) в государственных вузах – 2 556 чел., из них имеют ученую степень:

- докторов наук – 376 чел. (14,7% от общего числа ППС);

- кандидатов наук – 1 424 чел. (55,7% от общего числа ППС) [5].

Большой объем фундаментальных и прикладных научных разработок в области выполняется на базе Тюменского индустриального университета и Тюменского государственного университета.

Одним из главных направлений деятельности Тюменского индустриального университета является формирование университета как центра науки и инноваций. С помощью реализации комплекса программных мероприятий обеспечена модернизация исследовательской, опытно - экспериментальной и научно - производственной инфраструктуры университета. В вузе создана и оснащена уникальным оборудованием лаборатория гидрогеохимии. Осуществлен запуск лаборатории физики, химии и механики мерзлых пород. К производству инновационной продукции приступил Научно-производственный инновационный центр электроники и лазерной техники. Высокотехнологичным оборудованием дооснащены цеха Экспериментального завода буровой техники. В сентябре 2014 года вуз стал победителем конкурса Правительства РФ среди ведущих технических вузов России и получил господдержку на создание и развитие Инжинирингового центра.

В Тюменском государственном университете активно действует научно - образовательный центр по направлению «Нанотех-

нологии», основная цель которого - подготовка специалистов и создание экспериментальной базы для проведения научно-исследовательской и инновационной работы в области нанотехнологий.

Вузы Тюменской области совместно с университетами и научными центрами зарубежных стран осуществляют деятельность в рамках грантовых и научных программ и проектов: Например, в 2013 году выполнялись работы по гранту некоммерческого партнерства «Глобальная энергия» (ТюмГНГУ); по трем проектам программы Европейского Союза TEMPUS (ТюмГУ). Также по проектам TEMPUS научные исследования выполнял ТюмГМУ. Для того, чтобы улучшить качество подготовки специалистов и выявления молодежи, которая ориентирована на научно - исследовательскую и проектную деятельность Департамент образования и науки Тюменской области каждый год проводит региональный конкурс студенческих научных работ. Конкурс – это мероприятие, объединяющее интеллектуальную элиту вузовской науки, оно расширяет горизонты научного знания и молодого поколения. Из года в год среди участников конкурса становятся более 200 студентов вузов Тюменской области. За последние три года общего количества участ-

ников конкурса увеличилась, а также участников, которые подтвердили актуальность своих исследований и разработок в региональной экономике. С 2013 года каждая работа подвергается процедуре на актуальность и оригинальность, отбираются лучшие работы и их передают на экспертизу независимым экспертам, которые входят в категорию потенциальных работодателей для их оценки и формирования предложений по их внедрению.

Ежегодно в регионе проводится Областная межвузовская студенческая олимпиада «Интеллект», которую организуют Департамент образования и науки Тюменской области и Совет ректоров вузов Тюменской области. В 2017 году организатором олимпиады выступил Тюменский Индустриальный Университет. Цель олимпиады - совершенствование качества подготовки специалистов, повышение интереса студентов к избранной профессии, выявление одаренной молодежи, которая способна к интеллектуальной деятельности, и формирование кадрового потенциала для экономики и социальной сферы региона. В итоговом туре олимпиады каждый год участвуют более 450 студентов из 19 образовательных организаций Тюменской области, в том числе из автономных округов.

Список литературы:

1. Апполонов Е.М. Инжиниринговые центры и их место в инновационном развитии экономики / Е.М. Апполонов, В.В. Авилова // Управление устойчивым развитием: Межвуз. сб. научн. тр. – Казань: КНИТУ, 2017. – №3(10). – С. 7.- 10.
2. Концепция развития Регионального центра инжиниринга ГАУ ТО «Западно-Сибирский инновационный центр» г. Тюмень, 2017 г.
3. Чекмеев И.Ю. Инжиниринговый центр как элемент инновационной инфраструктуры региона / И.Ю. Чекмеев, Е.В. Иода // Социально-экономические явления и процессы. – 2014. – Т. 9, №9. – С. 84.-95.
4. <http://www.gks.ru/> (дата обращения 27.01.2019).
5. <http://tumstat.gks.ru/> (дата обращения 27.01.2019).
6. <http://www.i-regions.org/> (дата обращения 27.01.2019).

МЕТРОЛОГИЯ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

В.А. Зырянова, студент,
Т.В. Зырянова, студент,
Д.С. Василега, канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
г. Тюмень, Российская Федерация
e-mail: Zyranova.1008@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрена роль метрологии в жизни человека, выделены ее основные задачи. Так же, благодаря исследованию научных статей на данную тему, представлены пути развития метрологии не только как науки, но и способы применения ее на практике. Это связано с тем, что данная наука в наши дни мало известна современному обществу. Поэтому хотелось подробнее разобраться в происхождении метрологии и использовании ее на практике. Исследовав законы, связанные с метрологией, выявили, что метрология напрямую зависит от законодательных актов, когда дело касается любых взаимоотношений. Любое современное производство немыслимо без точного, объективного контроля технологического процесса, осуществляемого с помощью средств измерений. Автоматизация производства так же невозможна без измерений, так как нельзя управлять объектом, не имея информации об объекте. Предметом метрологии является обработка количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной достоверностью. Поэтому проблема обеспечения высокого качества продукции тесно связана с проблемой качества измерений. Вследствие чего метрология имеет большое значение не только для естественных и технических наук, но и прогресса в целом. Метрология должна опережать другие области науки и техники, так как для каждой из них точные измерения являются одним из основных путей их совершенствования.

Ключевые слова: метрология, наука, измерения, единицы измерения, физические величины, размеры, роль, возникновение, трудовой процесс, деятельность, взаимодействие, человек, общество, применение, важность.

METROLOGY IN HUMAN LIFE

V.A. Zyryanova, student,
T.V. Zyryanova, student,
D.S. Vasilega, cand. sc. tech,
FGBOU IN Tyumen industrial university, Tyumen, Russian Federation

Abstract: In article the metrology role in human life is considered, its primal problems are allocated. Also, thanks to a research of scientific articles on this subject, paths of development of a metrology not only as sciences, but also its methods of application in practice are presented. It is bound to the fact that this science is a little known to the modern society today. Therefore there was a wish to understand in more detail origin of a metrology and its use in practice. Having investigated laws, the bound to a metrology, revealed that the metrology directly depends on acts when business concerns any relationship. Any modern production is impossible without exact, objective control of the technological process exercised by means of measuring instruments. Automation of production is also impossible without measurements as it is impossible to operate an object, without having information on an object. A subject of a metrology is processing of the quantitative information on properties of objects and processes with the given reliability. Therefore the problem of quality providing products is intimately bound to a problem of quality of measurements. Owing to what the metrology is of great importance not only for natural and technical science, but also progress in general. The metrology has to advance others of science and technology as for each of them precise measurements are one of the main paths of their perfecting.

Keywords: *metrology, science, measurements, units of measure, physical quantities, sizes, role, emergence, labor process, activity, interaction, person, society, application, importance.*

Мы живем в современном обществе, но мало кто знает о такой науке как метрология, многие путают ее с метеорологией или думают, что это связано с метро. Однако данная наука никак не взаимодействует с ними, если мы заглянем в словарь, то наиболее часто встречающееся определение: «Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности». Поэтому давайте поподробнее разберемся в роли метрологии в жизни человека.

На самом деле, метрология как наука и область практической деятельности появилась за долго до нас с вами. Наименование единиц измерения и их размеры появились в древние времена. Человеческое общество развивалось, но на всем пути люди нуждались в измерениях, чтобы взаимодействовать между собой, а также с природой и окружающими предметами. [1]

Конечно, в древности все единицы измерения были более примитивны. Чаще всего они были связаны с трудовой деятельностью человека или имели антропометрическое происхождение. Не было никаких учебников, которые бы рассказывали об эталонах измерений, все создавалось с ориентацией на такие единицы, что были «под руками и ногами». [2]

В наши дни метрология играет большую роль. Нет ни одной сферы человеческой деятельности, где бы она не применялась. По подсчетам ученых мы ежедневно производим более двадцати миллиардов различных измерений, порой, даже не задумываясь об этом. В большинстве трудовых процессов метрология на данный момент является неотъемлемой частью.

Физические величины являются основным объектом измерения в метрологии. Каждый человек использует зрение, слух, вкус, обоняние и осязание, но мало кто знает, что это все тоже метрология. Многие люди проживают всю жизнь, не ведая об этом. Эталоны, единство измерений, все это возникает ежедневно и сопровождает

нас с вами. Такие измерения, осуществляемые по средствам чувств человека, называются органолептическими. [3]

Уже в первые минуты жизни человеку приходится сталкиваться с измерительными приборами: линейка, весы, термометр. А вокруг нас, в быту, множество приборов и средств измерений: часы, рулетки, электрические, водяные и газовые счетчики и многое другое. Практически не существует ни одного предприятия или жилья, где не было бы средств измерений. [4]

Метрологическая состоятельность большинства видов деятельности практически основывается на том, что создана и поддерживается в актуальном состоянии эталонная база, включающая в себя эталоны единиц измерения массы, длины, времени, температуры, силы тока, количества энергии и многого другого. То есть без практики взаимодействия с жизнью она невозможна, хотя некая «практика» может иметь место и в условиях метрологической несостоятельности деятельности. Метрология в самом широком понимании представляет собой науку об измерениях, о методах и средствах, обеспечении их единства, о способах достижения требуемой точности. Метрология является теоретической основой измерительной техники. И чем больше развивается измерительная техника, тем большее значение приобретает метрология, создающая и совершенствующая теоретические основы измерений, обобщающая практический опыт в области измерений и направляющая развитие измерительной техники. [5]

Не стоит забывать, что на законодательном уровне метрология имеет строгие требования и стандарты. Сейчас всеми вопросами метрологии занимается Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации - Госстандарт России. Координирует деятельность метрологических организаций различных стран Международное бюро мер и весов (МБМВ). Оно организует периодическое сличение национальных эталонов длины, массы,

электрического сопротивления и ряда других, а также ведет координацию всемирного времени (с 1986 г.). Законодательная база метрологии включает в себя следующие основные документы:

- Закон РФ "Об обеспечении единства измерений", который принят Государственной Думой 11 июня 2008 года

- РМГ 29-99. "Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения."

- МИ 2247-93 ГСИ." Метрология. Основные термины и определения."

- ГОСТ 8.417-2002 "ГСИ. Единицы физических величин."

- ПР 50.2.006-94 "ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения."

- ПР 50.2.009-94 "ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения "

- ПР 50.2.014-94 "ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений."

Рассмотрим подробнее первый из них. Почти за 12 лет существования в закон внесли 7 поправок, последняя из которых вступила в силу в 2015 году. Закон регулирует отношения государственных органов управления России с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений. Закон защищает потребителя от последствий недостоверных результатов измерений. В соответствии с данным Законом для определения величин используется средства измерений, которые допущены в установленной

порядке к применению, согласно условиям эксплуатации, а также установленным требованиям Российской Федерации. Закон устанавливает различные меры пресечения или предупреждения нарушений, включая административную, административно-правовую и уголовную ответственность. Государственный метрологический контроль и надзор осуществляют должностные лица Госстандарта России - главные государственные инспекторы и государственные инспекторы по обеспечению единства измерений Российской Федерации, республик в составе Российской Федерации. До 1993 года правовые нормы в области метрологии устанавливались постановлениями правительства. Закон «Об обеспечении единства измерений» установил немало нововведений – от терминологии до лицензирования метрологической деятельности в стране.

Значение метрологии переоценить сложно. Она объединяет теорию и практику в любых отраслях знаний. Как нельзя обойтись без математики в теоретических расчетах, так нельзя обойтись без метрологии при реализации этих расчетов. Без сомнения можно сказать, что метрология играет огромную роль в нашей жизни, порой, сталкиваясь с ней, мы даже и не задумываемся об этом.

Поэтому я считаю, что необходимо поддерживать и развивать метрологию в России. Потому что от данной науки напрямую зависит решение задач в жизненно важных сферах, а также обеспечивается единство измерений, без которых мы не сможем существовать.

Список литературы:

1. Артемьев Б.Г. Метрология и метрологические измерения/Б.Г.Артемьев// – М., 2010.–с. 544 (Дата обращения: 3.12.2018)
2. Жагора Н.А. О метрологии – кратко,3-е издание/Н.А. Жагора// – Минск: БелГИМ, 2012. – с. 9-10 (Дата обращения: 3.12.2018)
3. Кириллов А.И. Без галстуков о метрологии/А.И. Кириллов// Мир измерений. -2011. - №4. – С.5-8 (Дата обращения: 3.12.2018)
4. Метрология. [Электронный ресурс]. -Метрологическое обеспечение производства // metrob.ru.2018. URL: <http://metro.ru> (Дата обращения: 3.12.2018)
5. Сергеев А.Г. Метрология: история, современность, перспективы: учебное пособие/А.Г. Сергеев// – Москва: Логос, 2009. – с.171- 196 (Дата обращения: 3.12.2018)

УДК 006.91

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВНЕСЕНИЯ В РЕЕСТР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, ПРОШЕДШИХ ИСПЫТАНИЯ В ЦЕЛЯХ УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА В ДРУГИХ ГОСУДАРСТВАХ

Е.А. Барыгина, студент

С.Е. Кравцова, канд. техн. наук, доцент,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Курчатова, 7, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

Аннотация: Средства измерений используются при осуществлении деятельности во всех областях экономики и промышленности, при осуществлении научных исследований, в образовании. К средствам измерений, используемым в сферах государственного регулирования обеспечения единства измерений, перечень которых определен статьей 1 Федерального закона "Об обеспечении единства измерений", предъявляются специфические требования, в части обязательности процедуры утверждения типа, и подтверждения соответствия нормативной и технической документации, необходимой для внесения в государственный реестр средств измерений. Утверждение типа средства измерения является видом государственного метрологического контроля и проводится в целях обеспечения единства измерений в стране. Для предприятий и организаций Крыма и Севастополя, в связи с входом в правовое поле Российской Федерации, актуальна проблема использования средств измерений, прошедших процедуру утверждения типа и подтверждения соответствия в Украине, которая вышла из соглашения о взаимном признании результатов испытаний в целях утверждения типа. В работе анализируются возможные варианты действий предприятий и обосновывается необходимость разработки методики внесения в реестр средств измерений Российской Федерации средств измерений, прошедших испытания в целях утверждения типа в других государствах.

Ключевые слова: взаимное признание, средство измерения, Государственный реестр средств измерений, испытание, утверждение типа, единство измерений.

DEVELOPMENT OF METHODS OF IMPLEMENTATION OF MEASUREMENT MEANS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN REGISTRATION OF MEASUREMENTS, PAST TESTS FOR THE PURPOSE OF TYPE APPROVAL IN OTHER STATES

E.A. Barygina, student

S.E. Kravtsova, cand. sc. tech.

Sevastopol State University, 7 Kurchatova st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: Measuring instruments are used in the implementation of activities in all areas of the economy and industry, in the implementation of scientific research, in education. To the measuring instruments used in the areas of state regulation of ensuring the unity of measurements, the list of which is defined by article 1 of the Federal law "On ensuring the unity of measurements", specific requirements are imposed, in terms of the mandatory type approval procedure, and confirmation of compliance with regulatory and technical documentation required for inclusion in the state register of measuring instruments. Approval of the type of measuring instrument is a type of state metrological control and is carried out in order to ensure the unity of measurements in the country. For enterprises and organizations of Crimea and Sevastopol, in connection with the entry into the legal field of the Russian Federation, the actual problem is the use of measuring instruments that have passed the procedure of type approval and conformity assessment in Ukraine, which came out of the agreement on mutual recognition of results of testing to the type-approval. This paper analyzes the possible options of businesses and the necessity of development of methods of entry in the regis-

ter of measuring instruments of the Russian Federation of measuring instruments that have passed the test for the purposes of type approval in other States.

Keywords: *mutual recognition, measuring instrument, State register of measuring instruments, testing, type approval, measurement uniformity.*

После референдума 2014 г. и перехода Крыма и г. Севастополя в правовое поле Российской Федерации, перед предприятиями и организациями различных отраслей стал вопрос об использовании средств измерений (СИ), которые прошли испытания с целью утверждения типа и были занесены в реестр Украины, но отсутствуют в Государственном реестре средств измерений Российской Федерации.

Самым простым и малозатратным решением данной проблемы является поиск, закупка и использование СИ с уже готовой документацией и аналогичными характеристиками в Едином реестре Российской Федерации. Если в Едином реестре Российской Федерации такого СИ нет, тогда возможны два варианта решения данной проблемы:

- добиться взаимного признания на основании Соглашения «О проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» от 13.03.1992 г. [1];

Способ первый «взаимное признание». Для того, чтобы пройти процедуру взаимного признания со стороны Российской Федерации, необходимо составить письмо-запрос в ФГУП ВНИИМС, в котором сформулирован запрос о признании СИ и о его внесении в реестр РФ. С запросом отправляется пакет документов, выданных Украиной на данное оборудование.

Способ второй «обычная процедура». В случае, если ФГУП ВНИИМС не дает разрешение на взаимное признание, то необходимо пройти процедуру внесения в реестр в полном объеме, то есть пройти испытания с целью утверждения типа СИ.

Законодательством РФ определена сфера Государственного регулирования обеспечения единства измерений – те обла-

сти, где недостоверные измерения чреваты особыми рисками. Для средств измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений предусмотрена обязательная процедура - утверждение типа СИ [3].

Для проведения испытаний, необходимо разработать пакет документов, структура которого приведена на рисунке 1, и отправить их оригиналы в аккредитованную испытательную лабораторию.

Решение об утверждении типа СИ принимается Росстандартом на основании положительных результатов испытаний, проводимых с целью определения метрологических и технических характеристик однотипных средств измерений [3].

Испытания могут проводить только юридические лица, аккредитованные в национальной системе аккредитации на выполнение данного вида работ. В нашем случае – это ВНИИМ им. Менделеева.

После заявитель или испытатель, направляет во ВНИИМС, заявку на утверждение типа, оформленную в соответствии с [2].

К заявке на утверждение типа средств измерений прилагают:

- копию заявки на проведение испытаний;
- отчет об испытаниях средств измерений в целях утверждения типа;
- акт испытаний с протоколами испытаний и двумя экземплярами проекта описания типа средств измерений;
- программу испытаний;
- методику поверки;
- комплект эксплуатационных документов, фотографии и рекламные проспекты на средства измерений и (при необходимости) копию технических условий [2].

Заявитель должен предоставить следующие документы для испытаний СИ в целях утверждения типа:

образцы средств измерений (не менее 3 экз.)
проект технических условий, подписанный руководителем
эксплуатационные документы по ГОСТ 2. 601-68
комплект документации к предоставляемому средству измерений с переводом на русский язык
программу испытаний, утвержденную ГЦИ СИ
проект НД по поверке средств измерений
проект описания типа средств измерений с фотографиями общего вида 13×18 или 18×24 в 3 экз.

Проект описания типа средств измерений включает:

наименование средства измерения и обозначение их типа
обозначение стандартов и ТУ, в соответствии с которыми выпускается средство измерения
назначение и область применения
описание (принцип действия, описание конструкции, число модификаций, их обозначение и особенности, основные технические характеристики, включая метрологические)
знак утверждения типа (место и способ нанесения знака на образцы и эксплуатационную документацию)
наименование и обозначение нормативного документа по поверке, перечень основного оборудования, необходимого для поверки средств измерений и условия эксплуатации
Основные НД на средства измерений конкретного типа

Рис. 1 – Необходимые документы для испытаний СИ в целях утверждения типа

В соответствии с Федеральным законом от 18.06.2008 № 102-ФЗ (с изменениями на 13 июля 2015 года) "Об обеспечении единства измерений" [4], тип стандартных образцов или тип средств измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежит обязательному утверждению. При утверждении типа средств измерений устанавливаются показатели точности, интервал между поверками средств измерений, а также методика поверки данного типа средств измерений. Следовательно, использовать на территории Российской Федерации СИ, которое не прошло испытаний с целью утверждения типа, нельзя, а точнее не законно. Юридические лица, их руководители и работники, индивидуальные предприниматели, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации [4].

При этом с 1 января 2016 г. на территории Украины вступил в силу новый закон от 5 июня 2014 г. № 1314 VII «О метрологии и метрологической деятельности», в котором регламентируется новый порядок проведения поверки СИ, находящихся в эксплуатации, и оформления его результатов, а также нормы времени, необходимого для проведения поверки таких средств, уста-

навливаются нормативно-правовыми актами центрального органа исполнительной власти, обеспечивающего формирование государственной политики в сфере метрологии и метрологической деятельности [5].

Методики поверки, которые были признаны ранее Российской Федерацией в рамках Соглашения «О проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» от 13 марта 1992 г. [6] были пересмотрены в 2015 г.

В связи с не подписанием Украиной Соглашения «О взаимном признании результатов испытаний с целью утверждения типа, метрологической аттестации, поверки и калибровки средств измерений» от 29.05.2015 г. [1], а также в связи с принятием Украиной нового закона, в Российской Федерации не признаются результаты испытаний СИ в целях утверждения типа и первичной поверки, выполненные на территории Украины с 17 февраля 2016 г.

В заключении требуется сказать, что наличие данной проблемы делает актуальной задачу формирования методики внесения в реестр средств измерений Российской Федерации средств измерений, прошедших испытания в целях утверждения типа в других государствах.

Список литературы:

1. Соглашение от 29.05.2015 г. «О взаимном признании результатов испытаний с целью утверждения типа, метрологической аттестации, поверки и калибровки средств измерений» [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420336541> (дата обращения 15.11.2018)
2. Правила по межгосударственной стандартизации от 01.03.2015 г. № 122-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. «Порядок утверждения типа средств измерений» [Электронный ресурс] URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293772/4293772486.pdf> (дата обращения 15.11.2018)
3. Официальный сайт ВНИИМС [Электронный ресурс] 2018. URL: <https://www.vniims.ru/> (дата обращения 10.11.2018)
4. Федеральный закон от 26.06.2008 г. №102 "Об обеспечении единства измерений" [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902107146> (дата обращения 15.04.2018)
5. Разъяснение о применении средств измерений украинского производства на территории Российской Федерации от 19.10.2018 г.
6. Соглашение от 13 марта 1992 г. «О проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1902961> (дата обращения 15.11.2018)

УДК 006.072

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

А.В. Гусева, студент,
М.Н. Белая, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: belaya_079@mail.ru

Аннотация: В статье анализируется период становления технических условий, как документа в области стандартизации, начиная с 1992 года и по настоящее время, отражающего требования не только к качеству и безопасности продукции, но и требования к приемке продукции, методам контроля продукции, транспортировке и хранению продукции. В статье делается акцент на технические условия, разработанные для пищевой продукции. С 2003 года, с момента вступления в силу Федерального закона «О техническом регулировании», отменяется действие Закона Российской Федерации «О стандартизации», в котором технические условия на продукцию были отнесены к техническим документам. С 2003 года по 2016 год технические условия оказались «вне закона». Особое внимание техническим условиям уделяется с 2016 года, с момента вступления в силу Федерального закона от 29 июня 2015 года № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», так как технические условия относят к виду стандартов организации. Технические условия, как стандарт организации, способствуют реализации единой Государственной политики в сфере стандартизации, а именно в Федеральном законе «О стандартизации в Российской Федерации», в качестве целей стандартизации указывается улучшение качества и повышение конкурентоспособности продукции российского производства.

Ключевые слова: технические условия, качество, безопасность, документ стандартизации, национальные стандарты, потребители, продукция.

SPECIFICATIONS: YESTERDAY, TODAY AND TOMORROW

A.V. Gyseva, student,
M.N. Belaya, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: *The article analyzes the period of formation of technical conditions, as a document in the field of standardization, starting from 1992 and up to the present, reflecting requirements not only for product quality and safety, but also requirements for product acceptance, product control methods, product transportation and storage. The article focuses on the technical conditions developed for food products. Since 2003, since the entry into force of the Federal Law "On Technical Regulation", the effect of the Law of the Russian Federation "On Standardization", in which the technical specifications for the products were referred to technical documents, has been canceled. From 2003 to 2016, the technical conditions were "out of law". Special attention has been paid to the technical conditions since 2016, since the entry into force of the Federal Law of June 29, 2015 No. 162-FZ "On Standardization in the Russian Federation", since technical conditions refer to the type of organization's standards. Technical conditions, as a standard of organization, contribute to the implementation of a unified state policy in the field of standardization, namely, in the Federal Law "On Standardization in the Russian Federation", quality improvement and competitiveness of Russian products are indicated as standardization goals.*

Keywords: *technical conditions, quality, safety, standardization document, national standards, consumers, products.*

Президент Московского отделения Академии проблем качества Бас В.Н. сказал, что «... качество начинается с ... чистого листа! Того листа, на котором впервые начинают прописываться требования к будущей продукции...» [1].

В соответствии с [1], в настоящее время, большая часть продукции выпускается по техническим условиям (ТУ), особенно продукция малого или среднего бизнеса.

Вокруг ТУ «ходит» много противоречий. Какую продукцию выберет потребитель: продукцию, которая изготовлена и соответствует требованиям ТУ или национальным стандартам? Большая часть потребителей отдаст предпочтение национальному стандарту. Но, не каждый потребитель, перед тем как приобрести продукцию, изучает информацию, представленную на упаковке.

Становление технического условия на пищевую продукцию, как документа, определяющего не только требования к качеству и безопасности пищевой продукции, но и требования, определяющие процедуры, с помощью которых можно установить, соблюдены ли эти требования, можно разделить на несколько этапов (периодов).

С 1992 года и по 2001 год на территории Российской Федерации, с целью обеспечения качества и безопасности пищевой продукции приняты и введены в действия основные законодательные документы:

- закон Российской Федерации «О защите прав потребителей» от 07.02.1992 г. № 2300-1;

- закон Российской Федерации «О стандартизации» от 10.06.1993 г. № 5154-1 (на сегодняшний момент Закон утратил силу);

- Закон Российской Федерации «О сертификации продукции и услуг» от 10.06.93 г. № 5151-1 (на сегодняшний момент Закон утратил силу);

- закон Российской Федерации «О государственном регулировании в области генно-инженерной деятельности» от 05.06.1996 г. № 3348-1;

- Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ;

- Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» от 02.01.2000 г. № 29-ФЗ.

В развитие указанных выше законов приняты постановления Правительства Российской Федерации «О мониторинге

качества, безопасности пищевых продуктов и здоровья населения» (№ 883 от 22.11.2000), «О государственной регистрации новых видов пищевых продуктов, материалов и изделий» (№ 998 от 21.12.2000), «О государственном надзоре и контроле в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов» (№ 917 от 21.12.2000), «Положение о государственной санитарно-эпидемиологической службе Российской Федерации» и «Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании» (№ 554 от 24.07.2000), а также постановления главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 7 от 06.04.99 г. «О порядке гигиенической оценки и регистрации пищевой продукции, полученной из генетически модифицированных источников (ГМИ)» и № 14 от 08.11.2000 г. «О порядке проведения санитарно-эпидемиологической экспертизы пищевых продуктов, полученных из генетически модифицированных источников».

В данных документах ТУ не рассматривались.

С 2001 года и по настоящее время, в связи с ведением Федерального закона «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ [2], меняется механизм стандартизации.

Национальные стандарты становятся для производителей обязательными только в том случае, если производитель изготавливает продукцию в соответствии с требованиями национального стандарта. Обязательными к применению становятся требования к продукции, установленные в принятых технических регламентах.

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» техническое регулирование это правовое регулирование обязательных требований к продукции и сопутствующим процессам в сфере оценки соответствия. Правовое регулирование реализуется через выполнение требований, установленных в технических регламентах.

Данный закон не определяет ТУ как документ в области стандартизации, но в 2001 году разработан национальный стан-

дарт ГОСТ Р 51740-2001 (в настоящее время утратил силу) регламентирующий общие требования к построению, изложению, содержанию, оформлению, обозначению, согласованию, утверждению, регистрации, применению, обновлению, отмене технических условий на российские пищевые продукты, предназначенные для реализации населению и для промышленной переработки на пищевые цели.

Особое внимание уделяется разработке технических регламентов, позволяющих обеспечить безопасность продукции и сопутствующих процессов. Но, разработка, принятие, введение в действие и соответственно применение технических регламентов с 2003 года и по настоящее время развивается медленно. Активное время принятия технических регламентов начнется только с 2011 года. С 2011 года принят главный технический регламент Таможенного Союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Целью принятия технического регламента является [3]:

- защита жизни и (или) здоровья человека;
- предупреждение действий, вводящих в заблуждение приобретателей (потребителей);
- защита окружающей среды.

В основном технические условия разрабатываются на новый объект - новую продукцию. Это та продукция, на которую еще нигде не установлены требования. Т.е. требования к продукции не регламентированы в стандартах, а тем более в законах, в том числе в технических регламентах.

В этом случае технические условия являются основой для разработки национальных стандартов, или даже технических регламентов.

С 2003 года начинается активная пора научных публикаций относительно нового механизма в сфере технического регулирования – обязательное применение требований, установленных в технических регламентах. Например, в одном из ведущих периодических изданий «Стандарты и качество» автор Берновский Ю.Н. в своей статье рассматривает актуальные, на тот момент, вопросы о разработке технических условий на продукцию [4].

В связи с принятием, в 2015 году, Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации», ТУ относят к документам по стандартизации. Новая редакция ГОСТ Р 51740-2001 подготовлена с учетом положений статьи 21 «Стандарты организаций и технические условия» Федерального закона от 29.06.2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» [5]. В настоящее время действует национальный стандарт ГОСТ Р 51740-2016 «Технические условия на пищевую продукцию. Общие требования к разработке и оформлению» устанавливающий общие требования к построению, изложению, содержанию, оформлению, обозначению, согласованию, утверждению, регистрации, обновлению, отмене ТУ на пищевую продукцию, произведенную и (или) выпускаемую в обращение на территории Российской Федерации [6].

Технические условия, приобретают новый статус, статус стандарта организации, утверждаемого изготовителем продукции или разработчиком ТУ.

Если разработчик ТУ изначально правильно отразит требования к качеству и безопасности продукции, требования к приемке, к контролю, транспортировке и хранению продукции, то нельзя сказать, что произведенная в соответствии с требованиями, установленными в ТУ, будет хуже, чем продукция, произведенная в соответствии с требованиями национальных стандартов.

Технические условия – это документ, который, с одной стороны, определяет технические требования к продукции. А с другой – определяет процедуры, с помощью которых можно установить, соблюдены ли эти требования.

Технические условия содержат максимальное количество информации, отличающей продукт от сходных. Это позволяет потребителю сделать компетентный выбор в пользу определенного товара и применять его безопасно и с максимальной эффективностью.

Список литературы:

1. Берновский Ю.Н. Технические условия на выпускаемую продукцию или как написать ТУ правильно. – М.: Формат-М, 2013. – 112 с.
2. О техническом регулировании: [Федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ], [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/
3. О безопасности пищевой продукции: [Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС №021/2011], [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124768/00dd811677fbc1241874d9e9aab09a2506b2424d/
4. Берновский Ю.Н. Технические условия в условиях технического регулирования [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал ежемесячного научно-технического и экономического журнала Стандарты и качество – Режим доступа: <https://ria-stk.ru/stq/adetail.php?ID=5755>
5. О стандартизации в Российской Федерации: [Федеральный закон от 19.06.2015 №162-ФЗ], [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/
6. ГОСТ Р 51740-2016 Технические условия на пищевую продукцию. Общие требования к разработке и оформлению. – М.: Стандартиформ, 2016. – 35с.

УДК 006.015.8

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

И.В. Гутовская, студент,

М.Н. Белая, канд. техн. наук,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: belaya_079@mail.ru

Аннотация: В статье представлено описание основных правовых документов, регламентирующих требования безопасности продукции и сопутствующих процессов в сфере жилищно-коммунального хозяйства. В качестве правовых документов анализируются технические регламенты, относящиеся к сфере жилищно-коммунального хозяйства. К техническим регламентам, устанавливающие требования безопасности объектов технического регулирования в сфере жилищно-коммунального хозяйства относятся: Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и технический регламент Таможенного союза «Безопасность лифтов». Определены основные требования, установленные в технических регламентах: требования безопасности, основные виды оценки соответствия и формы подтверждения соответствия. Особое внимание уделяется одному из актуальных объектов технического регулирования - лифты. С 2017 года все организации, предприятия занимающиеся эксплуатацией лифтов, должны подтвердить соответствие данных объектов технического регулирования. Т.е. все лифты, находящиеся в эксплуатации и не имеющие сертификата соответствия, должны быть поставлены на учет через проведения оценки соответствия в форме декларирования соответствия. В статье приводятся основные доказательства соответствия, применяемые при декларировании соответствия. Отмечена ответственность за нарушение требований промышленной безопасности опасных производственных объектов технического регулирования.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, безопасность, подтверждение соответствия, декларирование, технические регламенты, техническое регулирование, оценка соответствия

MODERN CONCEPT OF DEVELOPMENT OF TECHNICAL REGULATION IN THE SPHERE OF HOUSING AND COMMUNAL ECONOMY

I.V. Gutovvskaya, student,

M.N. Belaya, cand. sc. tech,

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,

Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: The article describes the main legal documents regulating the requirements of product safety and related processes in the field of housing and communal services. As legal documents, technical regulations related to housing and communal services are analyzed.

Technical regulations that establish safety requirements for technical regulation objects in the housing and utilities sector include: Federal Law "Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures" and Technical Regulations of the Customs Union "Safety of Elevators".

The main requirements established in technical regulations are defined: safety requirements, main types of conformity assessment and forms of conformity assessment. Particular attention is paid to one of the most important objects of technical regulation - elevators. From 2017, all organizations and enterprises involved in the operation of elevators must confirm the compliance of these technical regulation objects. Those, all elevators in operation and not having a certificate of conformity should be registered through the conduct of conformity assessment in the form of a declaration of conformity. The article presents the main evidence of compliance applied in the declaration of

compliance. Liability for violation of industrial safety requirements of hazardous production facilities of technical regulation is noted.

Keywords: *housing and communal services, safety, conformity assessment, declaration, technical regulations, technical regulation, conformity assessment*

Жилищно-коммунальное хозяйство отражает объекты социальной инфраструктуры с целью обслуживания жителей. Жилищно-коммунальное хозяйство представляет определенный комплекс, обеспечивающий функционирование жилых зданий, создающих безопасное, удобное и комфортабельное проживание и нахождение в них людей (потребителей) [1].

Для обеспечения безопасного проживания, на государственном уровне, определены нормы и правила, регламентирующие требования в сфере технического регулирования.

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» № 184 от 27 декабря 2002 г. под техническим регулированием понимают правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции или к продукции процессам, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия [2].

К процессам относятся процессы:

- проектирования (включая изыскания),
- производства,
- строительства,
- монтажа,
- наладки,
- эксплуатации,
- хранения,
- перевозки,
- реализации,
- утилизации.

Правовое регулирование обеспечивается выполнением обязательных требований безопасности к объектам технического регулирования, установленных в технических регламентах.

Безопасность продукции и связанных с ней процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации направлена на исключение недопу-

стимого риска, связанного с причинением вреда жизни или здоровью граждан.

К техническим регламентам, устанавливающие требования безопасности объектов технического регулирования в сфере жилищно-коммунального хозяйства относятся: Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и технический регламент Таможенного союза «Безопасность лифтов».

Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» направлен на защиту жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охрану окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений; предупреждение действий, вводящих в заблуждение приобретателей; обеспечение энергетической эффективности зданий и сооружений [3].

В соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. к объектами технического регулирования являются здания и сооружения любого назначения (в том числе входящие в их состав сети инженерно-технического обеспечения и системы инженерно-технического обеспечения), а также связанные со зданиями и с сооружениями процессы проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса) [3].

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» каждый технический регламент должен отражать требования безопасности и формы оценки и (или) подтверждения соответствия.

К требованиям безопасности, в соответствии с Федеральным законом «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», относятся [2]:

- механическая безопасность;
- пожарная безопасность;

- безопасность при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях;
- безопасность для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях;
- безопасность для пользователей зданиями и сооружениями;
- доступность зданий и сооружений для инвалидов и других групп населения с ограниченными возможностями передвижения;
- энергетическая эффективность зданий и сооружений;
- безопасный уровень воздействия зданий и сооружений на окружающую среду.

Оценка соответствия зданий и сооружений осуществляется в формах обязательной и (или) добровольной.

Формами обязательной оценки соответствия зданий и сооружений являются:

- заявление о соответствии проектной документации;
- государственная экспертиза результатов инженерных изысканий и проектной документации;
- строительный контроль;
- государственный строительный надзор;
- заявление о соответствии построенного, реконструированного или отремонтированного здания или сооружения проектной документации и требованиям Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;
- ввод объекта в эксплуатацию.

Добровольная оценка соответствия зданий и сооружений осуществляется в форме негосударственной экспертизы результатов инженерных изысканий и проектной документации, авторского надзора, обследования зданий и сооружений, состояния их оснований, строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения и в иных формах, предусмотренных законодательством Российской Федерации.

Технический регламент на безопасность лифтов, распространяется на все лифты и устройства безопасности лифтов (буферы, ловители, ограничители скорости, замки дверей шахты, гидроаппараты безопасности) [4].

Технический регламент Таможенного союза «Безопасность лифтов» устанавливает требования к лифтам и устройствам безопасности лифтов в целях защиты жизни и здоровья человека, имущества, а также предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей (пользователей) относительно их назначения и безопасности.

Данный технический регламент рассматривает вопросы безопасности лифта при проектировании, изготовлении, монтаже и в течение назначенного срока службы. Оценка соответствия лифтов проводится в виде обязательного подтверждения соответствия.

Согласно пункту 3 постановления Правительства от 24 июня 2017 г. № 743 все лифты [5], на которые распространяется действие Правил, введенные в эксплуатацию до момента вступления в силу Правил (в том числе ранее снятые с регистрации) и находящиеся в настоящее время в эксплуатации, подлежат постановке на учет в срок, не превышающий 4 месяцев со дня вступления в силу указанных Правил.

Данные правила начали действовать с 08 июля 2017 года. Т.е. все лифты, находящиеся в эксплуатации и не имеющие сертификата соответствия, должны быть поставлены на учет через проведения оценки соответствия в форме декларирования соответствия.

Следовательно, одним из актуальных вопросов в сфере технического регулирования является оценка соответствия лифтов введенных в эксплуатацию до 08 июля 2017 г., т.е. проведение декларирования соответствия лифтов.

Декларирование соответствия может осуществляться (проводиться) на основании: принятия декларации о соответствии на основании собственных доказательств, которые представит изготовитель; принятия декларации о соответствии на основании собственных доказательств и доказательств, полученных с участием органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий.

К собственным доказательствам соответствия, которые может представить изготовитель продукции, относится: техниче-

ская документация; результаты собственных испытаний или другие документы, используемые в качестве доказательства соответствия.

Декларирование соответствие проводится на основании установленных схем декларирования соответствия.

Схемы декларирования соответствия содержат различные доказательства соответствия:

- собственные доказательства соответствия, представленные изготовителем, в техническом файле (техническая документация);
- испытания типового образца, проводимые аккредитованной испытательной лабораторией;
- выборочные испытания партии выпускаемой продукции;
- испытания каждой единицы продукции;
- сертификация системы качества на стадиях проектирования и (или) производства, или на этапах контроля и испытаний;
- осуществление инспекционного контроля за системой качества.

Процесс подтверждения соответствия, в виде декларирования соответствия, затрудняется тем, что эксплуатирующие лифты нельзя отнести к типовому образцу и невозможно провести сертификацию систем качества тех производств, которые из-

готовляли лифты, находящихся в эксплуатации.

Следовательно, декларирование соответствия эксплуатирующих лифтов необходимо проводить по схеме предусматривающей испытания каждой единицы продукции.

Законодательство четко не определяет, какая мера ответственности грозит управляющей организации, если она в установленный срок не уведомила Ростехнадзор о вводе лифта в эксплуатацию и не поставила его на учет.

Но, в соответствии с Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях по части 1 статьи 9.1 за нарушение требований промышленной безопасности опасных производственных объектов влечет:

- наложение административного штрафа на граждан в размере от двух тысяч до трех тысяч рублей;
- на должностных лиц - от двадцати тысяч до тридцати тысяч рублей или дисквалификацию на срок от шести месяцев до одного года;
- на юридических лиц - от двухсот тысяч до трехсот тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток.

Список литературы:

1. Жилищный кодекс от 29.12.2004 N 188-ФЗ [Электронный ресурс] 2018. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057 (дата обращения: 18.11.2018).
2. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 N 184-ФЗ [Электронный ресурс] 2018. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241 (дата обращения: 18.11.2018).
3. Федеральный закон технический регламент о безопасности зданий и сооружений от 30.12.2009 № 384-ФЗ [Электронный ресурс] 2018. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720 (дата обращения: 18.11.2018).
4. Федеральный закон технический регламент о безопасности лифтов от 18.10.2011 № 824-ФЗ [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902307835> (дата обращения: 18.11.2018).
5. Постановление Правительства от 24 июня 2017 г. № 743 «Об организации безопасного использования и содержания лифтов, подъемных платформ для инвалидов, пассажирских конвейеров (движущихся пешеходных дорожек), эскалаторов, за исключением эскалаторов в метрополитенах».

УДК 006.86:65.012

**РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТОДАМИ ИСПЫТАНИЙ
В АККРЕДИТОВАННОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

М. Коршунова, студент,
М.Н. Белая, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: belaya_079@mail.ru

Аннотация: Одним из основных требований межгосударственного стандарта ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» является разработка процедуры управления методами испытаний. Каждая испытательная лаборатория, тем более лаборатория, претендующая на аккредитацию в национальной системе аккредитации, должна иметь действующую систему менеджмента качества. Процедура управления методами испытаний, в соответствии с пунктом 5.4 межгосударственного стандарта ГОСТ ИСО/МЭК 17025, является одним из процессов системы менеджмента качества аккредитованной испытательной лаборатории. В статье рассматриваются условия применения стандартизированных методик испытаний, а также условия разработки и применения нестандартных методик испытаний. Авторами разработана процедура управления методами испытаний в аккредитованной испытательной лаборатории и представлена в виде алгоритма. Для оценки пригодности методики испытаний в статье предложен вариант контрольного листа для оценки пригодности метода испытаний. Контрольный листок позволит собрать полную и актуальную информацию о применяемых методах испытаний в лабораториях, претендующих на аккредитацию в национальной системе аккредитации Российской Федерации, что позволит получить информацию о правильности выполнения испытаний и прослеживаемости данных об оценке метода испытаний.

Ключевые слова: испытательная лаборатория, методика испытаний, метод испытаний, оценка пригодности, контрольный лист.

**DEVELOP PROCEDURES FOR THE ADMINISTRATION OF TESTS IN ACCREDITED
TESTING LABORATORY**

M. Korschunova, student,
M.N. Belaya, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: One of the main requirements of the interstate standard GOST ISO / IEC 17025-2009 “General requirements for the competence of testing and calibration laboratories” is the development of a test method control procedure. Each testing laboratory, especially a laboratory applying for accreditation in the national accreditation system, must have a valid quality management system. The control procedure for test methods, in accordance with clause 5.4 of the interstate standard GOST ISO / IEC 17025, is one of the processes of the quality management system of an accredited testing laboratory. The article discusses the conditions for the use of standardized test methods, as well as the conditions for the development and application of non-standard test methods. The authors developed a procedure for managing test methods in an accredited testing laboratory and presented in the form of an algorithm. To assess the suitability of the test method, the article proposed a version of a checklist for assessing the suitability of the test method. The checklist will allow you to collect complete and up-to-date information on the applied test methods in laboratories applying for accreditation in the national accreditation system of the Russian Federation, which

will provide information on the correctness of testing and traceability of data on the evaluation of the test method.

Keywords: *testing laboratory, test method, test method, suitability assessment, checklist.*

В современных экономических условиях гарантом качества продукции или услуг является сертификат соответствия, выданный аккредитованным органом по сертификации. Будь то добровольное, или обязательное подтверждение соответствия оценка соответствия будет включать в себя такие виды деятельности как испытание, контроль, сертификация, а также аккредитация органов по оценке соответствия [1].

Таким образом, оценка соответствия в обязательном порядке включает в себя проведение испытаний.

Под испытанием понимают определение одной или более характеристик объекта оценки соответствия согласно процедуре, то есть согласно установленному способу осуществления процесса [1].

В соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» п. 5.4 «Методики испытаний и калибровки, а также оценка пригодности методик» для применения в системе менеджмента качества целесообразно разработать процедуру управления методами испытаний, которая устанавливает порядок оценки пригодности методов испытаний, их верификацию для включения в область аккредитации испытательной лаборатории (ИЛ) [2].

Правильность применения методов испытаний и достоверность получаемых при этом результатов подтверждается путем расчета неопределенности измерений по всем реализуемым в испытательной лаборатории методам, а также выполнения ежегодных планов контроля качества испытаний.

Оценка пригодности метода испытаний может осуществляться путем заполнения определенных форм контрольного листа оценки метода после разработки (при необходимости), или если установлены требования во внутренних организационно-методических документах (например, к таким документам могут относиться рабочие

инструкции, паспорта рабочих мест проведения испытаний).

Оценка пригодности должна проводиться для каждого метода испытаний, а результаты оценки периодически проверяются во время проведения внутренних и внешних аудитов. Испытательная лаборатория должна использовать в своей деятельности стандартизированные методики испытаний. Методика испытаний включает в себя отбор образцов, обращение с ними, транспортирование, хранение и подготовку объектов к испытаниям, а также статистические методы анализа данных испытаний.

Преимущественно в своей деятельности ИЛ должна использовать методики, изложенные в международных, региональных, или национальных стандартах.

Национальные стандарты и другие документы по стандартизации содержат только аттестованные методики испытаний. В случае, если в стандарте предусмотрено применение нескольких методик испытаний одного и того же параметра при одинаковых условиях, то одна из них должна быть определена в качестве арбитражной [3].

Отклонения от стандартных методик испытаний допускаются только при условии их документального оформления, технического обоснования, одобрения и согласия заказчика.

При необходимости ИЛ может разработать дополнительную документацию на случай альтернативных вариантов методики или дополнительных подробностей.

При применении нестандартных методик, то есть методик, разработанных или дополненных ИЛ они должны пройти оценку пригодности. ИЛ должна регистрировать результаты оценки пригодности, и принятые решения о принятии метода для целевого использования.

Для оценки пригодности методики испытаний целесообразно применять контрольные листы. Контрольный лист оценки метода испытаний должен отражать следующую информацию:

- обозначение и название метода испытаний (приводится обозначение и название метода испытания. Обозначение и название метода должно соответствовать обозначению и наименованию, указанному в паспорте ИЛ);
- название испытаний и (или) характеристик (параметров) продукции (приводится название испытаний и (или) характеристик соответствующие области аккредитации);
- стандартизированный (официальный) метод испытаний или разработан испытательной лабораторией;
- оборудования (номер, дату, кем выдано);
- оборудование (приводятся данные о названии, типе, номере (заводской и инвентарный при наличии) основного испытательного оборудования, ссылки на сертификат о поверке (калибровке);
- место нахождения оборудования (указывается место, где оно расположено (номер корпуса, помещения и т.д.). Если оборудование взято в аренду, о нем приводятся данные в примечании. Если арендованное оборудование находится вне ИЛ, необходимо предоставить данные о доступе (до-

пуске) исполнителей к такому оборудованию);

- участие в межлабораторных сличительных испытаний (название всех участников сличительных испытаний, название программы, год, данные о контрольном образце, выводы);
- приводятся данные о способах проверки и метрологические характеристики с обязательными ссылками на отчет о проверки пригодности метода;
- оценка правильности выполнения испытаний;
- прослеживаемость данных.

Данные по оценке правильности выполнения испытаний и прослеживаемости данных заполняет аудитор (эксперт) проводящий оценку метода испытаний.

Процедура управления методикой испытаний представлена на рисунке 1. Согласно представленной процедуре в деятельности ИЛ могут использоваться стандартизированные методики испытаний, или разработанные (актуализированные) ИЛ под специфику своей области аккредитации и требований заказчиков.

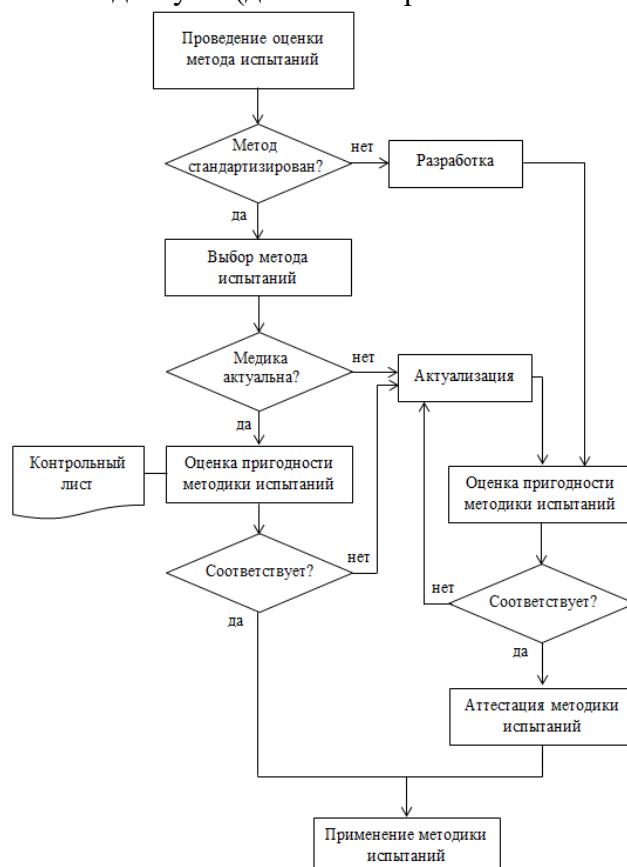


Рис. 1. Процедура управления методикой испытаний

В случае применения стандартизированной методики необходимо определить актуальность ее применения в условиях конкретной ИЛ, провести оценку пригодности в соответствии с предложенным вариантом контрольно листа.

Если методика не соответствует по параметру актуальности, то ее необходимо актуализировать.

После актуализации методики испытаний необходимо оценить пригодность ее применения. Оценки пригодности применения подлежат также вновь разрабатываемые методики испытаний.

В случае актуализации или разработки необходимо дополнительно проходить аттестацию методики испытаний, что в свою очередь приводит к дополнительным затратам.

В соответствии с представленной процедурой, использование стандартизированных методик является проще и удобней в применении, отбрасывается необходимость

проведения аттестации методики испытаний.

Однако, в практике нередко встречаются случаи, когда методы, описанные в стандартных методиках не удовлетворяют условиям проведения испытаний в конкретной ИЛ, или необходимо более подробно описать метод испытаний в соответствии со спецификой деятельности ИЛ.

Применение процедуры управления методами испытаний с установленной в ИЛ периодичностью позволяет вовремя выявлять недостатки используемых методов, что в свою очередь способствует своевременному принятию управленческих решений с целью повышения качества проводимых испытаний.

Представленная процедура может также использоваться при разработке системы менеджмента качества как документированная процедура.

Список литературы:

1. ГОСТ ISO/IEC 17000-2012. Оценка соответствия. Словарь и общие принципы. – Введ. 03.01.2012. – М.: Стандартиформ, 2014. – 18 с.
2. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введ. 01.01.2012. - М.: Стандартиформ, 2014. – 34с.
3. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений. Введ. 15.12. 2009. – М.: Стандартиформ, 2011. – 20с.

УДК 664.1:543.06

ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САХАРА

Е.С. Шахова, студент,

М.Н. Белая, канд. техн. наук,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: elizaveta_shakhova98@mail.ru

Аннотация: В данной статье продолжена работа по рассмотрению вопроса об оценке уровня качества кускового сахара. Статья направлена на применение алгоритма оценки уровня качества комплексного показателя калитметрическим методом. В работе применяется комплексный метод оценки уровня качества, позволяющий получать оценку как по групповым показателям качества, комплексным показателям качества, так и по обобщенному показателю качества, характеризующий уровень качества продукции. Для оценки уровня качества сахара в статье определены: значения коэффициентов важности единичных показателей качества методом ранжирования, значения единичных показателей качества сахара. При определении коэффициентов весомости в работе предложено проводить оценку согласованности мнений

экспертов, через коэффициент Кендала, что позволит получить объективную оценку по ранжированию показателей качества. Также проведена оценка комплексного показателя качества продукта и уровня качества этого комплексного показателя. Для осуществления практической части работы проведены контрольная закупка образцов. Проведен опрос экспертов и потребителей. Таким образом, имея объект оценки (органолептические показатели), субъекты (эксперты и потребители), нормированные значения объекта и используя разработанный алгоритм, возможно провести оценку уровня качества.

Ключевые слова: органолептические показатели, весомость показателя, единичный показатель, комплексный показатель, алгоритм оценки, оценка уровня качества, уровень качества.

ASSESSMENT THE LEVEL OF QUALITY ORGANOLEPTIC INDICATORS OF SUGAR

E.S. Shakhova, student,
M.N. Belaya, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: This article continues the work on the assessment of the quality level of lump sugar. The article is aimed at applying the algorithm for assessing the quality level of a complex indicator by the qualimetric method. The work uses a comprehensive method of assessing the level of quality, which allows us to obtain an assessment both in terms of group quality indicators, complex quality indicators, and a generalized quality indicator characterizing the quality level of the product. To assess the level of quality of sugar, the article defines: the values of the coefficients of importance of individual quality indicators by the method of ranking, the values of individual indicators of sugar quality. In determining the weight coefficients in the work, it was proposed to assess the consistency of expert opinions, through the Kendal coefficient, which will allow an objective assessment of the ranking of quality indicators. An assessment was also made of a complex indicator of product quality and the level of quality of this complex indicator. For the implementation of the practical part of the work, the control purchase of samples was carried out. A survey of experts and consumers. Thus, having the object of evaluation (organoleptic indicators), subjects (experts and consumers), the normalized values of the object and using the developed algorithm, it is possible to assess the quality level.

Keywords: organoleptic indicators, weight of the indicator, single indicator, complex indicator, algorithm of an assessment, an assessment of quality level, quality level.

Любой пищевой продукт обладает рядом органолептических показателей, оценив которые можно судить о качестве продукта. В предыдущих работах были рассмотрены классификации сахара в зависимости от исходного сырья, по виду реализуемого продукта и в зависимости от категории [1]. Также, были указаны показатели, на основании которых осуществляется оценка, помимо органолептических, к ним относятся физико-химические показатели. Все нормированные значения показателей установлены в ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия. В данной статье наибольший интерес для нас представляют органолептические показатели и по ГОСТ 33222-2015 к ним относятся:

1. Внешний вид
2. Цвет
3. Запах
4. Вкус
5. Чистота раствора

В соответствии с ГОСТ 12576-2014 «Сахар. Методы органолептического анализа» органолептические показатели сахара определяют в следующей последовательности: внешний вид, цвет, запах, чистота раствора, вкус [2].

Для объективности результатов целесообразно привлекать экспертов и потребителей, предварительно ознакомившихся с методикой оценки.

Итак, первый этап оценки уровня качества представляет собой определение зна-

чения коэффициентов важности единичных ПК методом ранжирования. Метод ранжирования представляет собой один из способов проведения экспертного оценивания, при котором каждому из свойств объекта эксперт присваивает ранг, характеризующий важность рассматриваемого свойства. В данном случае, этими свойствами являются органолептические показатели. Обозначим их в соответствии с приведенным списком, как: О1 – внешний вид, О2 – цвет, О3 – запах и т.д.

Ранее, для исследований, была проведена контрольная закупка, в результате которой выбраны, пять наиболее часто встречающихся на отечественном рынке производителей [3]. Для оценки уровня качества органолептических показателей выбран один из производителей – ООО «Тула Продукт».

В опросе принимали участие 7 экспертов, его результаты представлены в таблице 1. Помимо опроса экспертов, этот этап включает обработку экспертных оценок путем согласованности их мнений и подсчете сводных характеристик опроса по каждому показателю [3]. Каждый эксперт присваивал ранг значимости для каждого из показателей, где 5 – самый значимый, 1 – не несущий информативности в сравнении с другими показателями.

Согласованность мнений экспертов оценивают на основе коэффициента согласованности W , который принимает значения в интервале $[0; 1]$:

$$W = \frac{12 \cdot S}{n^2(m^3 - m)} \quad (1)$$

где S – сумма квадратов отклонений рангов или баллов каждого объекта от среднего арифметического значения;

n – количество экспертов;

m – количество оцениваемых показателей.

Для расчета коэффициента согласованности необходимо рассчитать значение S по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m Q_{ij} - Q_{cp} \right]^2 \quad (2)$$

где Q_{ij} – оценка в рангах, данная i -му объекту j -м экспертом;

Q_{cp} – среднеарифметическое значение рангов.

В ходе выполнения расчетов, получим:

$$S = 442.$$

Следовательно, по формуле (1):

$$W = \frac{12 \cdot 442}{7^2(5^3 - 5)},$$

$$W = 0,902.$$

Так как коэффициент W близок к 1, то можно судить о высокой степени согласованности экспертов.

Далее необходимо определить коэффициенты весомости:

$$g_i = \frac{\sum_{j=1}^n Q_{i,j}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} Q_{i,j}} \quad (3)$$

где n – количество экспертов;

m – число оцениваемых показателей;

Q_{ij} – оценка в рангах, данная i -му объекту j -м экспертом.

Результаты расчетов всех коэффициентов представлены в таблице 1.

В соответствии с принятой шкалой, считается, что показатели, для которых $g_i \geq \frac{1}{m}$ ($g_i \geq 0,2$), являются существенно значимыми. Они и являются определяющими для выбранного объекта квалитетрии.

Таблица 1. Ранговые оценки единичных ПК

Эк.	O1	O2	O3	O4	O5	Σ
	Ранги					
1	5	1	4	3	2	15
2	5	1	4	3	2	15
3	5	2	4	3	1	15
4	4	2	5	3	1	15
5	4	1	5	3	2	15
6	4	1	5	3	2	15
7	5	2	4	3	1	15
Σ	32	10	31	21	11	105
W = 0,902						
g_i	0,305	0,095	0,295	0,2	0,105	1

Таким образом, вывод первого этапа состоит в том, что наиболее значимыми органолептическими показателями сахара, по мнению экспертов, являются внешний вид, запах и вкус:

1. Внешний вид ($g = 0,305$)
2. Запах ($g = 0,295$)
3. Вкус ($g = 0,2$)
4. Чистота раствора ($g = 0,105$)
5. Цвет ($g = 0,095$)

Второй этап оценки уровня качества это определение значения единичных ПК. На данном этапе проведен опрос потребителей с целью определения их удовлетворенности качеством представленного объекта (кускового сахара). При опросе потребителей использовалась пяти балльная шкала: 5 - полностью соответствует; 4 - соответствует, но есть незначительные отклонения, не влияющие на качество сахара; 3 - соответствует, но есть не соответствия, влияющие на качество сахара; 2 - не соответствует; 1 - полностью не соответствует.

Результаты опроса потребителей представлены в таблице 2. Также для каждого показателя O_i рассчитаны средние значения ПК объекта a_i .

Таблица 2. Результаты опроса потребителей

O_i	Номер потребителя								a_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	
O_1	4	4	5	4	4	5	5	5	4,5
O_2	5	5	3	5	5	4	4	3	4,25
O_3	2	1	4	2	2	1	3	4	2,375
O_4	3	3	2	3	3	3	2	2	2,625
O_5	1	2	1	1	1	2	1	1	1,25

Следующий этап состоит в оценке комплексного ПК сахара. Данный показатель можно определить по формуле средневзвешенного арифметического:

$$K_a = \sum_{i=1}^m a_i g_i \quad (4)$$

При расчете используется именно эта формула, так как разброс между значениями единичных ПК для каждого из показателей O_i невелик.

Подставляя значения, рассчитанные ранее для каждого показателя, получим:

$$K_a = 3,131.$$

Так как разработанный алгоритм относится к оценке уровня качества пищевого продукта (кускового сахара разных производителей) [4], то расчет для оценки уровня качества органолептических показателей следует остановить на данном этапе.

Для практической реализации рассчитанных коэффициентов следует применять описанные этапы для приобретенных образцов сахара остальных производителей. Далее оценки комплексных ПК следует ранжировать в зависимости от принятой шкалы и провести сравнительный анализ полученных результатов.

Список литературы:

1. Шахова Е.С., Белая М.Н. К вопросу об оценке уровня качества сахара / Е.С. Шахова, М.Н. Белая // Управление качеством в образовании и промышленности: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (17 – 18 мая 2018 г., г. Севастополь) / редкол.: Белая М.Н. (отв. ред.); ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, 2018. – С. 150-152.
2. ГОСТ 12576-2014 Сахар. Методы органолептического анализа [Электронный ресурс]. 2018. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200113784> (дата обращения: 29.11.2018).
3. Шахова Е.С., Белая М.Н. Определение коэффициентов весомости органолептических показателей кускового белого сахара / Е.С. Шахова, М.Н. Белая // Региональная студенческая научно-техническая конференция «Прогрессивные направления развития машиностроительных отраслей и транспорта» / Сборник тезисов. – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, 2018. – С. 94-96.
4. Шахова Е.С., Белая М.Н. Оценка органолептических показателей сахара / Е.С. Шахова, М.Н. Белая // Техносфера XXI века: материалы 3-й всероссийской конференции молодых ученых, Севастополь, 18 - 21 сентября 2018 г. / Под ред. Г.А. Сигора. Севастополь: СевГУ, 2018 г. – С. 118-120.

УДК 006.9

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТОЛОВЫХ ВИН НА БАЗЕ ООО «КРЫМСКИЙ ВИННЫЙ ДОМ»

Г.А. Шебаниц, студент,
М.Н. Белая, канд. техн. наук,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: belaya_079@mail.ru

Аннотация: Анализ состояния измерений является одним из видов метрологической деятельности любого предприятия. В статье представлен материал по метрологическому обеспечению производства столовых вин на базе ООО «Крымский Винный Дом», на примере обобщенного технологического процесса изготовления, в рамках которого применяются средства измерения и испытательное оборудование. Метрологическое обеспечение производства столовых вин это комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на определение с требуемой точностью характеристик продукции, параметров технологических процессов, оборудования, необходимых в производстве и позволяющих добиться высокого качества и снижения непроизводительных затрат на разработку и выпуск изделий. В представленной статье рассматривается только часть технической составляющей метрологического обеспечения производства столовых вин на базе ООО «Крымский Винный Дом», то есть средства измерения и испытательное оборудование, применяемые при производстве столовых вин. Большая роль в достижении требуемого качества столовых вин принадлежит метрологическому обеспечению производства, испытаний и контроля качества. Достоверность и обоснованность результатов испытаний и контроля во многом определяется правильным выбором средств измерений, испытательного оборудования и методов испытаний, качеством методик выполнения измерений (испытаний).

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, метрологическая служба, безопасность и качество продукции, средство измерения, испытательное оборудование.

ANALYSIS OF METROLOGICAL PROVISION OF PRODUCTION OF TABLE WINES ON THE BASIS OF "CRIMEAN WINE HOUSE"

G.A. Shebanits, student,
M.N. Belaya, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: Analysis of the measurement state is one of the types of metrological activity of any enterprise. The article presents the material on the metrological assurance of the production of table wines on the basis of the Crimean Wine House LLC, on the example of a generalized manufacturing process, in which measurement tools and test equipment are used. Metrological support for the production of table wines is a set of organizational and technical measures aimed at determining with the required accuracy the product characteristics, parameters of technological processes, equipment necessary in production and allowing to achieve high quality and reduce unproductive expenses for the development and production of products. In the presented article, only a part of the technical component of the metrological support for the production of table wines on the basis of the Crimean Wine House LLC, that is, measurement tools and test equipment used in the production of table wines is considered. A large role in achieving the required quality of table wines belongs to the metrological assurance of production, testing and quality control. The reliability and validity of the results of testing and control is largely determined by the correct choice of measuring instruments, test equipment and test methods, the quality of measurement (test) procedures.

Keywords: metrological support, metrological service, safety and product quality, measuring instrument, testing equipment.

Качество выпускаемого вина на предприятии ООО «Крымский Винный Дом» зависит от количества и качества измерений, с помощью которых контролируются как технологические параметры производственных процессов, так и параметры, характеристики и свойства выпускаемого вина.

Качество выпускаемой вина зависит как от качества технологических процессов производства, но, и от качества метрологического обеспечения производства (качества выполняемых в процессе производства и при приемке готовой продукции измерительных и контрольных операций).

Данные операции применяются при проведении входного контроля сырья и вспомогательные материалы, контроле состояния производственных технологических процессов и выходном контроле качества.

Следовательно, измерения и инструментальный измерительный контроль являются важными элементами управления качеством продукции (производства вина).

Обеспечение стабильности технологических процессов и качества продукции, невозможно без точных измерений и достоверного контроля.

В соответствии с ГОСТ Р 8.820-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения» метрологическое обеспечение измерений – систематизированный, строго определенный набор средств и методов, направленных на получение измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для вы-

работки решений по приведению объекта управления в целевое состояние [1].

Процессы метрологического обеспечения являются важным инструментом создания условий для получения измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми и достаточными для выработки определенных решений как в областях деятельности, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, так и вне этой сферы.

Федеральным законом от 26 июня 2008 г. N 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» определяются виды деятельности, направленные на государственное регулирование обеспечения единства измерений [2].

На предприятии ООО «Крымский Винный Дом», где осуществляется основное использование средств измерений, основная ответственность за организацию метрологического обеспечения производства возлагается на метрологическую службу предприятия. Метрологическое обеспечение предприятия в основном включает:

- анализ состояния измерений;
- установление рациональной номенклатуры измеряемых величин и использование средств измерений (рабочих и эталонных) соответствующей точности;
- разработку методик выполнения измерений для обеспечения установленных норм точности;
- внедрение необходимых нормативных документов.

Процессы метрологического обеспечения на предприятии ООО «Крымский Винный Дом» направлены на обеспечение без-

опасности и качества продукции. В основе процессов метрологического обеспечения лежит деятельность метрологической службы по управлению оборудованием для мониторинга и измерений, деятельность по проведению испытаний (измерений, исследований).

В общем порядке деятельность метрологической службы на предприятие ООО «Крымский Винный Дом» направлена на обеспечение единства и требуемой точности измерений, достоверности контроля параметров (характеристик) и испытаний продукции в целях достижения эффективности процессов создания и достижения заданного уровня качества и безопасности столовых вин [3].

В статье рассмотрены средства измерения и испытательное оборудование, применяемые при производстве столовых вин на предприятие ООО «Крымский Винный Дом».

Обобщенный технологический процесс изготовления на предприятие ООО «Крымский Винный Дом» столовых вин представляется в виде отдельных процедур, таких как [3]:

- подготовка узких и высоких бутылок;
- сбор винограда;
- переработка винограда;
- дробление;
- брожение;
- очищение и рафинирование;
- консервирование;
- старение вина;
- разлив.

На этапах производства (изготовления) столовых вин используются средства измерений и испытательное оборудование.

Перечень применяемых средств измерений, при производстве столовых вин на предприятие ООО «Крымский Винный Дом», представлен в таблице 1, а в таблице 2 представлено испытательное оборудование.

Таблица 1. Перечень применяемых средств измерений при производстве столовых вин на предприятие ООО «Крымский Винный Дом»

Наименование определяемых характеристик	Наименование СИ (марки), год выпуска	Метрологические характеристики	
		диапазон измерения	класс точности, погрешность измерения
Массовая концентрация приведенного экстракта	Весы лабораторные электронные AR-2140 1996 г.	до 210 г	2 класс 0,02 мг
	Весы лабораторные ВЛКТ 1977 г.	500 г	4 класс 0,01 %
	Весы AXIS AD-200 1988 г.	до 200 г	3 класс 0,02 мг
Массовая концентрация железа	Фотоколориметр КФК-3 2002 г.	0 – 100%	$\Delta = \pm 0,5\%$
Плотность, объемная доля этилового спирта	Ареометр АСП-1 2004 г.	0 – 20 % 10 – 20 %	ц.д. 0,1 °C $\Delta = \pm 0,5$ об.д. %
Плотность	Ареометр АОН-2 1981 г.	1080 – 1160 кг/м ³	1080 - 1160 кг/м ³
Температура	Термометр ТЛ-4 1978 г.	0 + 55 °C	1 класс ц.д. 0,1 °C
	Термометр ТЛС-2 2006 г.	- 35 + 70 °C	1 класс ц.д. 0,1 °C
	Термометр ТТЖ-М 1990 г.	0 – 100 °C	1 класс ц.д. 0,1 °C
Активность ионов водорода (рН)	рН-метр 150МА 1985 г.	- 1 - 14 ед.рН	$\Delta = \pm 0,05$ ед.рН
Массовая концентрация лимонной кислоты	Хроматограф жидкостный Agilent 1200 2012 г.	0 – 100 °C	СКО _s = 3 %

Таблица 2. Перечень применяемого испытательного оборудования для столовых вин на предприятие ООО «Крымский Винный Дом»

Наименование видов испытаний и (или) определяемых характеристик (параметров) продукции	Наименование испытательного оборудования, тип (марка)	Основные технические характеристики (диапазон, измерений, погрешность, характеристики которые могут повлиять на результаты испытания)
Разделение неоднородных жидких систем	Центрифуга лабораторная ЦЛМН-Р10-01	до 2700 об/мин ⁻¹
	Центрифуга лабораторная ЦЛМН-Р10-01	до 2700 об/мин ⁻¹
Для получения и поддержания внутри рабочей камеры стабильной температуры	Термостат ТС- 1/80 СПУ	t = (36 ± 2) °C
Термические	Электродпечь	t = (160 ± 2) °C

Наименование видов испытаний и (или) определяемых характеристик (параметров) продукции	Наименование испытательного оборудования, тип (марка)	Основные технические характеристики (диапазон, измерений, погрешность, характеристики которые могут повлиять на результаты испытания)
операции	лабораторная СНОЛ 58/350	
Хранение	Холодильник Haier HRF-348AE № 4864	t ₁ = 4,0 °C ± 2,0 °C t ₂ = - 18,0 °C ± 2,0 °C
Давление двуокиси углерода	Устройство для определения давления в бутылках Ш4-ВУЛ	не более 0,6 МПа

От правильности и достоверности проведенных исследований, испытаний и (или) измерений зависит качество и безопасность производимого вина.

Список литературы:

- ГОСТ Р 8.820-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение. Основные положения.- Введ. 2015-01-01.- М. : Изд-во стандартов, 2014.- 8 с.
- Федеральный закон Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс] 2018. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (Дата обращения: 28.11.2018).
- Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции . – Введ. 2011-12-09.-М: Стандартинформ, 2013. – 242 с.

УДК 006.85

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

М.А. Юрченко, студент,
М.С. Остапенко, канд. техн. наук,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация
e-mail : yurchenko_ma_smtb-16-1@mail.ru

Аннотация: Данная статья посвящена вопросам по совершенствованию метрологического обеспечения. Отображена актуальность данной темы на сегодняшний день. Указаны цели работы, и в соответствии с ними поставлены задачи. Рассмотрено определение понятия «метрологическое обеспечение измерений» и его структура. Представлено определение понятия

«поверка средств измерений (СИ)» и описаны основные этапы проведения поверки. Проведен анализ процедуры поверки средств измерений в Урайском управлении магистральных нефтепроводов (УУМН), выявлена ключевая проблема и представлено предложение по совершенствованию метрологического обеспечения для этого филиала компании. Определена и обоснована необходимость создания обменного фонда средств измерений на предприятии. Рассмотрено определение понятия «обменный фонд средств измерений», процедура его создания и преимущества этого нововведения для УУМН. Представлена методика расчета компании «Транснефтеавтоматика» потребности резерва на замену СИ, выбывающих на поверку. Рассмотрено несколько статей, связанных с решением важных вопросов по усовершенствованию процессов и операций и созданием обменного фонда СИ. Изученные предложения выдвинуты для организаций, работающих в разных сферах деятельности, таких как авиация и электроэнергетика. Приведен вывод по проделанной работе.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, поверка средств измерений, поверитель, эталон, обменный фонд СИ, средство измерений.

IMPROVEMENT OF METROLOGICAL SUPPORT

M.A. Yurchenko, student,
M.S.Ostapenko, cand.sc.tech, academic advisor,
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Industrial University of Tyumen», Tyumen,
Russian Federation

Abstract: This article is devoted to the improvement of metrological support. It shows the relevance of this topic to date. The goals of the work are specified, and the tasks are set in accordance with them. The definition of the concept «metrological support of measurements» and its structure are considered. The definition of «verification of measuring equipments (ME)» is presented and the main stages of verification are described. The analysis of the verification procedure of measuring instruments in the Urai Department of oil trunk pipelines (UUMN) was carried out, the key problem was identified and a proposal to improve the metrological support was presented for this branch of the company. The necessity of creation of the exchange fleet of measuring equipments at the enterprise is defined and proved. The definition of the concept of «exchange fleet of measuring equipments», the procedure for its creation and the benefits of this innovation for UUMN. The methodology of the Transnefteavtomatika company for calculating the need for reserve for the replacement of ME, outgoing for verification, is presented. Several articles reviewed that are associated with the solution of important issues of process improvement and operations and the creation of the exchange fleet ME. The investigated proposals were put forward for organizations working in different fields, such as aviation and electricity. The conclusion on the work done is given.

Keywords: metrological support, verification of measuring instruments, verification officer, standard of unit, exchange fleet SI, measuring equipment.

На сегодняшний день нет отрасли, в которой бы ни применялись результаты измерений, испытаний и контроля. Основой любой формы управления предприятием является достоверная информация о количестве и качестве сырья, произведенной продукции, информация о ходе каждой технологической операции. Только высокая и гарантированная точность результатов измерений обеспечивает правильность принимаемых решений на всех уровнях управления.

В современных условиях метрологическое обеспечение превратилось в активный и реальный инструмент, обеспечивающий создание эффективных технологических процессов, управление производственными процессами, оценку и контроль качества готовой продукции.

Цель работы: разработка рекомендаций по совершенствованию метрологического обеспечения в АО «Транснефть - Сибирь».

В соответствии с указанной целью выделяются следующие задачи:

1. Проанализировать состояние метрологического обеспечения;
2. Дать оценку текущей ситуации;
3. Предложить решение проблемы.

Согласно ГОСТ Р 8.820-2013 о государственной системе обеспечения единства измерений (ГСИ) измерений (ГСИ):

Метрологическое обеспечение измерений - это систематизированный, строго определенный набор средств и методов, направленных на получение измерительной информации, обладающей свойствами, необходимыми для выработки решений по приведению объекта управления в целевое состояние.



Рис. 1. Метрологическое обеспечение

Метрологическое обеспечение включает:

- эталоны, единицы величин и шкалы измерений;
- поверочные и калибровочные установки;
- средства измерений, стандартные образцы;
- методики (измерений, поверки, калибровки, метрологической экспертизы);
- вспомогательное оборудование;
- операторов (поверителей, калибровщиков, испытателей и др.);
- условия измерений (испытаний, поверки, калибровки и др.) [1].

Во время прохождения практики в Урайском УМН я анализировала проведение метрологической поверки средств измерений (СИ) технологических процессов производства.

Поверка средств измерений - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям [2].

Поверку проводят специалисты по метрологии, аттестованные в качестве поверителей органами государственной метрологической службы, используя аттестованные

эталонные, методики поверки, поверочные схемы и соответствующее техническое оснащение. Поверку производят в соответствии с обязательными требованиями, установленными нормативными документами [3].

Поверка порядка 70% средств измерений производится по месту установки СИ на линейных производственно-диспетчерских и нефтеперекачивающих станциях, что дает возможность предприятию работать безостановочно. Так как поверителей и эталоны доставляют на станции - нет необходимости в транспортировке СИ для поверки.

Поверка СИ Урайского УМН

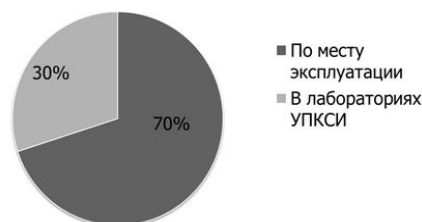


Рис. 2. Анализ состояния метрологического обеспечения

Но условия окружающей среды на месте эксплуатации часто не соответствуют нормальным условиям поверки и являются проблемой для доставки эталонов на объекты.

На каждой станции нужно создавать помещения, в которых должны быть созданы лабораторные условия, а это требует огромных затрат.

Более рационально создать обменный фонд СИ, который бы доставлялся в лаборатории УПКСИ (участка поверки и калибровки средств измерений) для поверки.

Обменный фонд средств измерений - это минимально необходимое для предприятия количество запасных СИ, которые устанавливаются взамен аналогичных, требующих ремонта или поверки [4].

Процедура создания обменного фонда:

1. Сгруппировать НПС и ЛПДС по типу используемых средств измерений. Возможно создание одного обменного фонда для нескольких станций с однотипными СИ;

2. Федеральный закон Российской Федерации от 26.06.2008 № 102 -ФЗ «Об обеспечении единства измерений.» // Собрание законодательства Российской Федерации.- 2008. - № 26, ст. 3021.

3. http://libraryno.ru/poverka-sredstv-izmereniy-tex_izm_medved/ (дата обращения 21.12.2018)

4. РД 153-34.0-11.119-2001. Учет и хранение средств измерений, находящихся в эксплуатации на энергопредприятиях электроэнергетики.- Москва: Предприятие по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей УралОРГРЭС, 2002. – 3 с.

5. РД 112-РСФСР-004-88 Методика определения потребности нефтебаз и АЗС в средствах измерений (СИ) при приеме, хранении и отпуске нефтепродуктов.- Астрахань.: Исследовательским комплексным отделом СКБ Транснефтеавтоматика, 1988.- 7с.

6. Ковель И.П., Строков Д.Е., Кацура А.А. Оптимизация деятельности предприятий путем создания совместного обменного фонда запасных частей // Решетневские чтения: материалы. Международная научно-практическая конференция (Красноярск, 08-11 ноября 2017 г.) - Красноярск, 2017 - С. 447-448

7. Юрлов Е.Ю. Методический подход к организации ремонтного (обменного) фонда оборудования региональных электросетевых компаний, функционирующих в условиях крайнего севера России / Е.Ю. Юрлов // Вестник Университета. -2013. - №13. - С.61-65

8. Авакян А.А. Создание обменных фондов для поддержания заданной готовности к применению бортового оборудования летательных аппаратов/ А.А. Авакян//Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2005.-№ 1.- С. 163-164

УДК 006.86:65.012

О КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНА ПО СЕРТИФИКАЦИИ УСЛУГ

Т.А. Рыкун, магистр

М.Н. Белая, канд. техн. наук,

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

e-mail: cnopca-rto-mk@mail.ru

Аннотация: При планировании создания органа по сертификации необходимо спрогнозировать область аккредитации для органа по сертификации. В статье рассматривается объект аккредитации – орган по сертификации услуг, с заявленной областью аккредитации: гостиничные услуги и услуги иных средств размещения; услуги специализированных средств размещения; услуги организаций общественного питания (бар, ресторан, кафе, буфет); экскурсионное обслуживание, услуги гидов-переводчиков. В статье рассматриваются взаимодействия основных видов деятельности органа по сертификации услуг как процесса для обоснования и разработки структуры органа по сертификации услуг. Правильное планирование структуры органа по сертификации позволит правильно спрогнозировать функции структурных подразделений органа по сертификации услуг. Для рационализации распределения функций сотрудников органа по сертификации услуг составлена матрица распределения функций персонала органа по сертификации услуг, которая дает возможность более быстрому распределению процесса достижения организационных целей в сфере подтверждения соответствия. Предложенная структура органа по сертификации услуг и представленная матрица функций позволит органу по сертификации отразить принцип беспристрастности деятельности персонала органа по сертификации услуг, что является соответствием критериям аккредитации, установленных для органов по оценке соответствия.

Ключевые слова: система менеджмента качества, концептуальная модель, процессный подход, орган по сертификации услуг, матрица распределения функций, организационная структура.

ABOUT THE CONCEPTUAL MODEL OF THE QUALITY ANAGEMENT SYSTEM OF THE ORGANIZATION FOR CERTIFICATION OF SERVICES

T.A. Rykun, master

M.N. Belaya, cand. sc. tech., assistant professor,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Abstract: When planning the creation of a certification body, it is necessary to predict the scope of accreditation for the certification body. The article discusses the object of accreditation - the body for certification of services, with the stated scope of accreditation: hotel services and services of other accommodation facilities; specialized accommodation services; catering services (bar, restaurant, cafe, buffet); excursion service, guide services. The article discusses the interaction of the main activities of the certification body for services as a process to justify and develop the structure of the certification body for services. Proper planning of the structure of the certification body will allow you to correctly predict the functions of the structural units of the certification body of services. To rationalize the distribution of functions of employees of the certification body of services, a matrix of distribution of functions of the personnel of the certification body of services was compiled, which enables a faster distribution of the process of achieving organizational goals in the field of conformity assessment. The proposed structure of the certification body for services and the presented matrix of functions will allow the certification body to reflect the principle of impartiality of the activities of the personnel of the certification body for services, which corresponds to the accreditation criteria established for conformity assessment bodies.

Keywords: quality management system, conceptual model, process approach, service certification body, matrix of distribution of functions, organizational structure.

Основой системы менеджмента качества (СМК) органа по сертификации услуг, как и для любой другой организации, являются принципы менеджмента качества. Характеристика принципов менеджмента качества представлена в стандартах ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» и ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [1, 2].

Один из основных принципов менеджмента качества – это процессный подход. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000 под процессным подходом понимают «совокупность взаимосвязанных и (или) взаимодействующих видов деятельности, использующих входы для получения намеченного результата» [1].

Т.е. для соблюдения критериев аккредитации к органам по сертификации услуг целесообразно определить виды деятельности органа по сертификации услуг (область аккредитации). Основные виды деятельности,

вновь создаваемого органа по сертификации услуг, представлены в работах [3 – 7]:

- гостиничные услуги и услуги иных средств размещения;
- услуги специализированных средств размещения;
- услуги организаций общественного питания (бар, ресторан, кафе, буфет);
- экскурсионное обслуживание, услуги гидов-переводчиков.

Для достижения наилучшего результата, предоставления услуг по сертификации, целесообразно рассмотреть взаимодействие основных видов деятельности органа по сертификации услуг как процесса. Концептуальная модель системы менеджмента качества органа по сертификации услуг должна отражаться в организационной структуре и в матрице функций персонала органа по сертификации услуг. Пример организационной структуры органа по сертификации услуг представлен на рис. 1.

Для обеспечения реализации области аккредитации орган по сертификации услуг должен определить основные функции своих сотрудников. К основным функциям сотрудников органа по сертификации услуг, в соответствии с критериями аккредитации органов по сертификации, относятся:

- обеспечение распределения функций, ответственности, взаимодействия персонала при реализации всех функций органа;
- разработка организационно-методических документов по функционированию органа с обоснованными процедурами, схемами сертификации;
- формирование (комплектация) и актуализация фонда нормативных документов, используемый для сертификации в соответствии с областью аккредитации;
- сертификация услуг, выдача сертификатов соответствия на применение знака соответ-

ствия в отношении сертифицируемых услуг;

- классификация объектов туристической индустрии;
- регистрация сертификатов соответствия;
- инспекционный контроль за сертифицированной услугой;
- отмена или приостановление действия выданных сертификатов, принятие участия в разработке корректирующих мероприятий, контроль их выполнения;
- обеспечение расстановки персонала и повышение квалификации;
- взаимодействие с Органами по сертификации систем менеджмента качества, другими органами по сертификации, национальным органом по сертификации (или руководящим органом по сертификации);



Рис. 1. Планируемая организационная структура органа по сертификации услуг

Таблица 1. Матрица функций органа по сертификации услуг

Функции органа по сертификации услуг	Структурный элемент организационной структуры					
	Руководитель органа по сертификации	Заместитель руководителя органа по сертификации	Комиссия по апелляциям	Группа по оценке соответствия услуг	Группа по классификации объектов туристической индустрии	Специалист по качеству
Обеспечение распределения функций, ответственности, взаимодействия персонала при реализации всех функций	+	+				
Разработка организационно-методических документов по функционированию органа с обоснованными процедурами, схемами сертификации	+					+
Формирование (комплектация) и актуализация фонда нормативных документов, используемых для сертификации в соответствии с областью аккредитации		+				+
Сертификация услуг, выдача сертификатов соответствия на применение знака соответствия в отношении сертифицируемых услуг				+		
Классификация объектов туристической индустрии					+	
Регистрация сертификатов соответствия				+		
Инспекционный контроль за сертифицированной услугой				+		
Отмена или приостановление действия выданных сертификатов, принятие участия в разработке корректирующих мероприятий, контроль их выполнения				+		

- взаимодействие с исполнителями услуг, с организациями, осуществляющими государственный контроль и надзор за услугами, с потребителями и общественными организациями;

- внутренняя проверка и обеспечение своего соответствия критериям аккредитации и требованиям, установленные в системах сертификации;

- ведение документации по всем вопросам своей деятельности;

- обеспечение доступности к этой документации органов, проводящих инспекционный контроль его деятельности;

- обеспечение информацией о результатах сертификации, в том числе о услуге, не

прошедшей сертификацию, или о выявленных нарушениях и несоответствии услуги установленным требованиям, заинтересованные стороны.

Рационализация распределения функций органа по сертификации услуг дает возможность более быстрому распределению процесса достижения организационных целей в сфере подтверждения соответствия. Для этого необходимо составить матрицу распределения функций персонала органа по сертификации услуг.

Матрица распределения функций персонала органа по сертификации услуг представлена в виде таблицы 1 (в матрице не рассматриваются: административно-

финансовая групп, делопроизводитель и архивариус, т.к. данные группы не принимают непосредственное участие в подтверждении соответствия услуг; аккредитованные органы по сертификации СМК, т.к. это сторонняя организация, которая может привлекаться на договорной основе для выполне-

ния отдельных видов работ органа по сертификации).

Структура органа по сертификации услуг (рисунок 1) и представленная матрица функций (таблица 1) должны отражать беспристрастность деятельности персонала органа по сертификации услуг.

Список литературы:

1. ГОСТ Р ИСО 9000. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. - Введ. 28.09.2015. - М: Стандартинформ, 2015. - 49 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. - Введ. 01.11.2015. - М.: Стандартинформ, 2015. - 32 с.
3. Белая, М.Н. Об аккредитации организаций, осуществляющих классификацию и сертификацию объектов туристской индустрии / М.Н. Белая, М. Коршунова, Т.А. Рыкун // Advanced science: сборник статей Международной научно-практической конференции. В 3 ч. Ч. 1. - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». - 2017. - С. 123-125.
4. Белая, М.Н. Обоснование выбора области аккредитации для органа по сертификации услуг в городе Севастополь / М.Н. Белая, М. Коршунова, Т.А. Рыкун // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей VII Международной научно-практической конференции. В 4 ч. Ч. 1. - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». - 2017. - С. 217-222.
5. Белая, М.Н. Анализ нормативно-правовой базы, регламентирующей требования к аккредитации организаций, осуществляющих классификацию или сертификацию объектов туристской индустрии / М.Н. Белая, М. Коршунова, Т.А. Рыкун // European research: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». - 2017. - С. 142 - 145.
6. Белая, М.Н. Преимущества SWOT-анализа при создании органа по сертификации услуг в городе Севастополь / М.Н. Белая, Т.А. Рыкун // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: сборник статей VII Международной научно-практической конференции. В 3 ч. Ч. 1. - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». - 2017. - С. 115 - 118.
7. Белая, М.Н. Применение метода стратегического планирования при создании органа сертификации услуг / М.Н. Белая, Т.А. Рыкун // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1 - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». - 2018. - С. 97 - 102.

УДК 331.546

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПЕРСОНАЛА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ СЛУЖБ

Т.В. Муха, студент,
Е.А. Шульга, студент,
М.В. Лапа, канд. техн. наук,
siver.info@mail.ru

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

Аннотация. Внедрение профессиональных стандартов на предприятиях Крыма является актуальной задачей. В статье рассмотрена методика оценивания и прогнозирования конкурентоспособности специалистов метрологических служб с использованием профессиональных стандартов, которая учитывает качества персонала, требующиеся на

конкретной должности, позволяет оценить возможности повышения конкурентоспособности специалистов, определить адекватность самооценки экспертной оценке, что важно при рекомендации специалиста на должность, при оценке качества подготовки специалиста. По результатам самооценки может быть разработана индивидуальная траектория повышения квалификации специалиста. Методика использована для самооценки магистров направления подготовки «Стандартизация и метрология» с учетом желания студента работать на той или иной должности, в статье приведены анкеты с оцениваемыми требованиями для должностей «Инженер по качеству», «Инженер по метрологии», «Главный государственный инспектор по надзору за государственными стандартами и обеспечением единства измерений центра стандартизации, метрологии и сертификации». В процессе проведения исследования студенты получают навык формулирования критериев самооценки на основе профессиональных стандартов, повышается мотивация к учебе и повышению квалификации в результате выявления уровня собственной конкурентоспособности на конкретную должность и оценки потенциальных возможностей. Повышение конкурентоспособности выпускников-магистров будет способствовать повышению их трудовой мобильности и возможности трудоустройства.

Ключевые слова: конкурентоспособность, профессиональный стандарт, качество продукции, самооценка, квалификация, прогнозирование, трудовая мобильность, стандартизация персонала.

STANDARDIZATION AND ASSURANCE OF COMPETITIVENESS OF THE PERSONNEL OF THE METROLOGICAL SERVICES

T.V. Mucha, student,
E.A. Shulga, student,
M.V. Lapa, cand. sc. tech,
Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st.,
Sevastopol, Russian Federation 299053

Annotation. The implementation of professional standards in the enterprises of the Crimea is an urgent task. The article considers the method of evaluation and forecasting of competitiveness of specialists using professional standards, which takes into account the quality of staff required for a particular position, allows to assess the possibility of improving the competitiveness of specialists, to determine the adequacy of self-assessment of expert evaluation, which is important when recommending a specialist for a position, in assessing the quality of training. According to the results of self-assessment, an individual trajectory of professional development can also be developed. The technique is used for self-assessment of the training course "Standardization and Metrology" masters, taking into account the student's desire to work in one or another position, the article contains questionnaires with assessed requirements for the positions "Quality Engineer", "Metrology Engineer", "Chief State Supervisor for Supervision for state standards and ensuring the uniformity of measurements of the standardization, metrology and certification center". In the course of the study, students acquire the skill of formulating criteria for self-assessment based on professional standards, increase motivation to study and improve their skills as a result of identifying their own competitiveness for a particular position and assessing potential. Improving the competitiveness of graduates-masters will enhance their labor mobility and employment opportunities.

Keywords: competitiveness, professional standard, product quality, self-assessment, qualification, forecasting, labor mobility, personnel standardization.

Конкурентоспособность персонала является одним из важных факторов, влияющих на качество продукции и услуг предприятий. Идеи теории конкурентоспособности были заложены А. Смитом, М. Портером и получили развитие и свое подтверждение в современных условиях [1]. Профессиональные стандарты призваны

связать сферу труда и сферу образования [2,3]. Внедрение их на предприятиях Крыма является актуальной задачей. Стандарт ИСО 9001 требует, чтобы персонал, выполняющий работу, влияющую на качество продукции, был компетентным в соответствии с полученным образованием, подготовкой, навыками и опытом [4]. Основны-

ми факторами конкуренции в трудовых отношениях являются квалификационно-профессиональные качества специалиста. Рассмотрим апробацию методики оценки и прогнозирования конкурентоспособности специалистов с использованием профессиональных стандартов РФ, и ЕКС должностей руководителей, специалистов и служащих [5]. Данный подход позволит учитывать качества персонала, которые требуются на конкретной должности, оценить возможности повышения конкурентоспособности будущих специалистов. Методику можно применять для самооценки специалистов, определить адекватность самооценки экспертной оценке, что важно при рекомендации специалиста на должность, при оценке качества подготовки специалиста.

Оценку конкурентоспособности конкретной категории персонала предлагается осуществлять согласно [6] по формуле (1).

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^n RK_i}{\sum_{i=1}^n T_i}, \quad (1)$$

где RK – реальные качества специалиста, n – количество оцениваемых качеств, T – требуемые в работе качества.

Оценку перспектив повышения конкурентоспособности персонала предлагается оценить по формуле [6]:

$$K_{pv} = \frac{\sum_{i=1}^n PV_i}{\sum_{i=1}^n T_i}, \quad (2)$$

где PV – потенциальные возможности специалиста в отношении оцениваемых качеств.

Данная методика использована для самооценки студентов – магистров направления подготовки «Стандартизация и метрология», профиль подготовки «Стандартизация и сертификация» и «Стандартизация и менеджмент качества». Процедура проведения оценки заключается в следующем. Составляется перечень оцениваемых квалификационно-профессиональных качеств специалиста, используя профессиональные стандарты для сквозных видов профессиональной деятельности в промышленности 40.012 - «Специалист по метрологии» или 40.062 - «Специалист по качеству продукции» [2,5] для уровней квалификации

5,6,7, и Квалификационные характеристики должностей работников центров стандартизации, метрологии и сертификации, уполномоченных осуществлять государственный контроль и надзор, с учетом желания студента работать на той или иной должности (табл.1).

Студенты самостоятельно составляют анкеты с оцениваемыми требованиями из профессионального стандарта и ЕКС и знакомятся с методикой по их заполнению. Оценка проводится в три этапа [7].

Таблица 1. Бланк

Должность, профессия											
Перечень оцениваемых качеств	Оценка										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.											
....											
n.											
$\sum_{i=1}^n RK_i =$		$\sum_{i=1}^n PV_i =$					$\sum_{i=1}^n T_i =$				

Первый этап: студенты сопоставляют требования, которые приведены в бланках, со своими знаниями, способностями, навыками, особенностями и качествами. Результаты оценки фиксируются в соответствующей графе (знак «+»).

Второй этап: студенты сопоставляют требования со своими потенциальными возможностями и оценивают их по 10-балльной шкале (знак «*»).

Третий этап: студент оценивает требования к работе, которую будет выполнять согласно должностным обязанностям, изложенным в должностной инструкции [5] (знак «х»).

Обработка материалов самооценки проводится следующим образом.

1. На каждом бланке подсчитывается сумма баллов по каждому этапу оценки отдельно (реализация качеств ($\sum_{i=1}^n RK_i =$), потенциальные возможности ($\sum_{i=1}^n PV_i =$), и требуемые в работе ($\sum_{i=1}^n T_i =$));

Знание порядка разработки и утверждения сметы доходов и расходов центра стандартизации, метрологии и сертификации						+				*	X
....											
Знание требований по охране труда, производственной санитарии и противопожарной защите							+		*		X

Пример анкеты для должности «Инженер по метрологии» (фрагмент) на основе профессионального стандарта (метрологическое обеспечение разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции) приведен в таблице 4.

Таблица 4. Анкета «Инженер - метролог»

Должность, профессия: Инженер - метролог												
Перечень квали- фикационно- профессиональ- ных требований	Оценка											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Знание законода- тельства РФ, ре- гламентирующе- го вопросы един- ства измерений и метрологическо- го обеспечения									+			* X

[illegible]

Результаты проведения самооценки показали следующее. K_r варьировалась от 0,3 до 0,9; K_{pv} - от 0,66 до 0,95, причем успевающие студенты оценивали свою конкурентоспособность ниже, чем слабые студенты, у которых оказалась завышена самооценка, и выше оценивали свои потенциальные возможности восполнения недостающих знаний. Конкурентоспособность магистров для работы на должностях руководителей высшего и среднего звена (например, главного метролога) оказалась ниже, чем на должности инженера по метрологии или инженера по качеству.

В результате проведения исследования студенты получают навык формулирования критериев самооценки на основе профессиональных стандартов и ЕКС должностей руководителей, специалистов и служащих. Повышается мотивация к учебе и повышению квалификации в результате выявления уровня собственной конкурентоспособности на конкретную должность и оценки потенциальных возможностей. Выявляются пробелы в знаниях, необходимые при работе на выбранной студентом должности. По результатам самооценки также может быть разработана индивидуальная траектория

повышения квалификации специалиста [8,9]. Повышение конкурентоспособности выпускников-магистров будет способство-

вать повышению их трудовой мобильности [10] и возможности трудоустройства.

Список литературы:

1. Гришина Н.В. Управление персоналом./Н.В.Гришина. — СПб.: ПИТЕР, 2006. — 240 с.
2. Реестр профессиональных стандартов. <http://profstandart.rosmintrud.ru> (06.11.2018).
3. Трудовой Кодекс Российской Федерации, с изм. от 02.05.2015 № 122-ФЗ.
4. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. — 50 с.
5. Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих <http://classinform.ru/eksd.html> (06.11.2018).
6. Лапа М.В. Развитие научных основ повышения качества эксплуатации и ресурсоспособности критически важных объектов инфраструктуры: монография. / М.В.Лапа, К.Н.Маловик. — Харьков: Индустрия, 2016. — 278 с.
7. Стандартизованная методика составления деловых характеристик руководителя (по Е. С. Жарикову) - <http://www.market-journal.com/psihupravlenie/190.html> (06.11.2018).
8. Лапа М.В. Повышение качества образовательных услуг по переподготовке и повышению квалификации/ М.В. Лапа // Научно-технический журнал «Стандартизация, сертификация, качество».. — 2011 — № 5 (72) — С. 41 — 48.
9. Бойцов Б.В. Структурирование компетентностно-ориентированной образовательной программы/ Б.В.Бойцов, Г.С.Жетесова, Г.М.Смирнова, В.В.Готтинг //Качество и жизнь: научно-производственный и культурно-образовательный журнал — Москва , 2018. — №2 (18). — С.12-18.
10. Потуданская В.Ф. Трудовая мобильность как индикатор конкурентоспособности персонала/ В.Ф. Потуданская, Т.В. Новикова, В.В. Ваховский // Российское предпринимательство: научно-практический журнал — Москва: Креативная экономика, 2013. —№15

РАЗДЕЛ 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНЖЕНЕРИИ

УДК 514

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В.М. Цыганкова, студент,
А.Ю.Бут, доцент,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
г. Севастополь, Российская Федерация

Аннотация: работа посвящена анализу элементарных геометрических форм в теоретических моделях, используемых для описания физических процессов окружающего мира. Рассмотрены не только современные, но и древние методы моделирования, описаны возможности и области их применения в науке и технике.

Проанализированы такие способы моделирования, как Платоновы тела, составляющие основу не только древнего, но и современного мира; модель вселенной Аристотеля, представляющая собой одну из основных моделей геоцентрической системы мира на ранних этапах развития астрономии; планетарная модель атома Э.Резерфорда, послужившая основой в моделировании строения атома; квазикристаллы и E8-кристаллы с уникальной структурой, открывающей неизученные ранее свойства кристаллов, также называемые «запрещенными» в кристаллографии, которые могут послужить толчком в развитии современного материаловедения; метод конечных элементов, используемый в науке и технике для сложных расчетных моделей; фракталы, играющие важную роль не только в понимании большинства математических функций, но и в компьютерном моделировании различных программ и изображений.

Так как в известной литературе не встречается определенная систематизация методов моделирования, то описание может способствовать дальнейшему их упорядочиванию.

Ключевые слова: Платоновы тела, правильные многогранники, квазикристаллы, фракталы, метод конечных элементов, планетарная модель атома Э.Резерфорда

THE GEOMETRICAL COMPONENT IN THE BASIS OF MODELING PHYSICAL REALITY

V.M. Tsygankova, student,
A.Yu. But, assoc. prof.,
FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation

Abstract: the work is devoted to the analysis of elementary geometric forms in theoretical models used to describe the physical processes of the surrounding world. Not only modern, but also ancient methods of modeling are considered, possibilities and areas of application in science and technology are described.

The author analyzes such modeling methods as Platonic bodies, which form the basis of not only the ancient but also the modern world; Aristotle's model of the universe, which is one of the main models of the geocentric system of the world at the early stages of astronomy; E. Rutherford's planetary model, which served as the basis in the modeling of the structure of the atom; quasicrystals and E8-crystals, the unique structure of which reveals the previously unexplored properties of crystals, called "forbidden" in crystallography, which can serve as an impetus in the development of modern materials science; finite element method used in science and technology for complex computational models; fractals, which play an important role not only in understanding most mathematical functions, but also in computer modeling of various programs and images.

Since there is no certain systematization of modeling methods in the known literature, the description can contribute to further ordering.

Keywords: *platonic solids, regular polyhedra, quasicrystals, fractals, finite element method, Rutherford model of the atom*

Человечество всегда интересовал вопрос устройства окружающего мира. В Древности за недостатком методов исследования, многие природные явления объяснялись мифологией, легендами. Постепенно мыслители, философы, математики стали замечать элементарные геометрические фигуры в сложных объектах, это послужило толчком к изучению окружающей природы и окружающего быта с помощью геометрии тел. Постепенно все полученные знания совершенствовались, систематизировались, расширялись и изучались более углубленно, что привело к появлению новых наук, которые служат основой современного мира.

В доступных литературных источниках не встречается чёткая классификация с анализом использования геометрических элементов в различных областях моделирования. Подобная систематизация представляется интересной, так как может способствовать формированию целостной картины геометрических основ моделирования.

Одним из древнейших примеров использования геометрических тел для представления строения Мира была модель, использовавшая Платоновы тела, которые представляют пять правильных выпуклых многогранников (рис. 1): тетраэдр, октаэдр, гексаэдр, додекаэдр, икосаэдр. Все они обладают пространственной симметрией и состоят из правильных многоугольников [1]. По описанию Платона, правильные многогранники являются основой вселенной, которые представляют собой стихии природы.

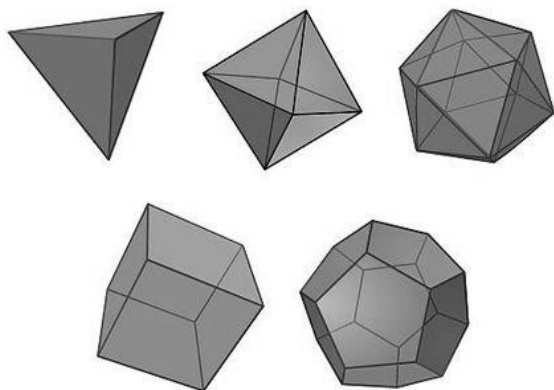


Рис. 1. Платоновы тела

Также в древности предполагались и модели вселенной. Например, модель мира Аристотеля. Она произошла от предположения, что попарное сочетание свойств дает стихии: теплое и сухое – огонь, теплое и влажное – воздух, холодное и влажное – воду, холодное и сухое – землю. Аристотель делает выводы: каждый из элементов имеет свое естественное место. Так огонь и воздух движутся к границе мира, а земля и вода – к середине. Тем самым Аристотель выводит структуру космоса [2]. Земля имеет форму шара и находится в центре Вселенной, как самый тяжелый элемент. Земля свободно парит в пространстве. Вокруг Земли вращаются прозрачные сферы, к которым прикреплены Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер и Сатурн. На восьмой сфере он разместил все звезды, а на девятой сфере, так называемый «небесный мотор», который и вращал все остальные сферы (рис. 2) [3].

Еще одним примером употребления элементарных геометрических тел для описания модели, послужили опыты Резерфорда по рассеиванию альфа-частиц, которые доказали, что в центре атома находится неподвижное положительно заряженное ядро, вокруг которого, подобно планетам, по орбитам движутся электроны, при этом ядро и электроны имеют форму шара (рис. 3).

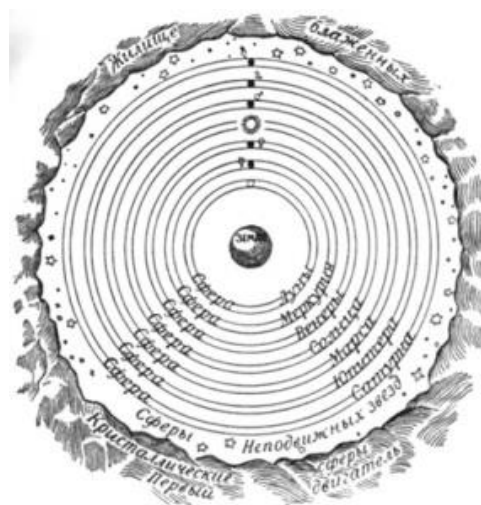


Рис. 2. Геоцентрическая модель вселенной Аристотеля

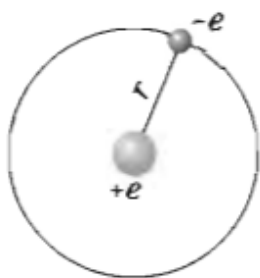


Рис. 3. Модель атома водорода по Резерфорду

Но в современном мире можно заметить правильные многогранники и иные геометрические тела в строении не только обычной кристаллической решетки, структура элементарной ячейки которой основана на таких телах как куб, тетраэдр и октаэдр, но также и в структуре квазикристаллов, таких как шехтманит – сплав алюминия с марганцем, решетка которого основана на другом геометрическом теле – икосаэдре (рис. 4).

Некоторое время спустя были найдены другие металлические сплавы с дальним порядком, но имеющие оси симметрии седьмого, восьмого, десятого, двенадцатого и т.д. порядков, запрещенные для кристаллов.



Рис.4. Структура элементарной ячейки квазикристалла (икосаэдр)

В связи с этим расширилось и понятие квазикристаллов: в настоящее время под квазикристаллами принято понимать твердые металлические сплавы с дальним порядком, дифракционные пики которых расположены с некристаллографической симметрией (рис. 5).

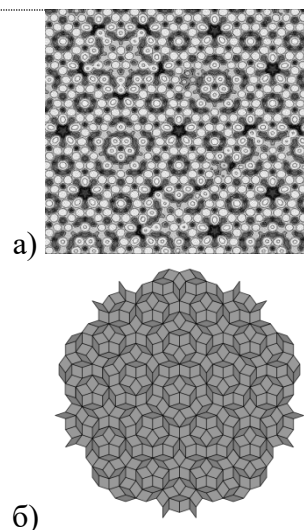


Рис. 5. Примеры структуры квазикристаллов: а) атомная модель Al-Pd-Mn квазикристалла; б) двумерная структура квазикристалла, представленная с помощью паркета Пенроуза

Атомная структура квазикристаллов уникальна, так как ее можно понять только с помощью теории замощения, то есть перекрытия всего пространства неперекрывающимися фигурами. В двумерном случае удобной моделью квазикристалла стала мозаика Пенроуза. В мозаике Пенроуза используются только две фигуры, чтобы замостить всю плоскость без пустот и пересечения фигур – это два ромба. Внутренние углы одного ромба соответственно равны 36° и 144° (тонкий ромб), а другого 72° и 108° (толстый ромб). В бесконечной мозаике Пенроуза отношение числа тонких ромбов к числу толстых равно величине золотого сечения, и, поскольку это число иррациональное, в такой мозаике нельзя выделить элементарную ячейку, которая содержала бы целое число ромбов каждого типа. Паркет Пенроуза не является периодическим замощением, так как не переходит в себя ни при каких сдвигах. Однако в нем существует определенный порядок, так как любая конечная часть этого замощения встречается во всем замощении бесчисленное множество раз. На рис. 5, б видно, что это замощение обладает осью пятого порядка, то есть переходит в себя при повороте на угол 72° вокруг некоторой точки.

Трехмерное обобщение паркета Пенроуза, необходимое для реальных материалов и составленное из двух – острого и тупого – ромбоэдров (рис. 6), называется сетью Аммана-

Маккея (рис.6. б). Так же, как и в двумерном случае, ромбоэдры не имеют общих внутренних точек и между ними нет промежутков. Заполнение пространства этими ромбоэдрами связано с симметрией икосаэдра и образует регулярный квазикристалл [4, 5].

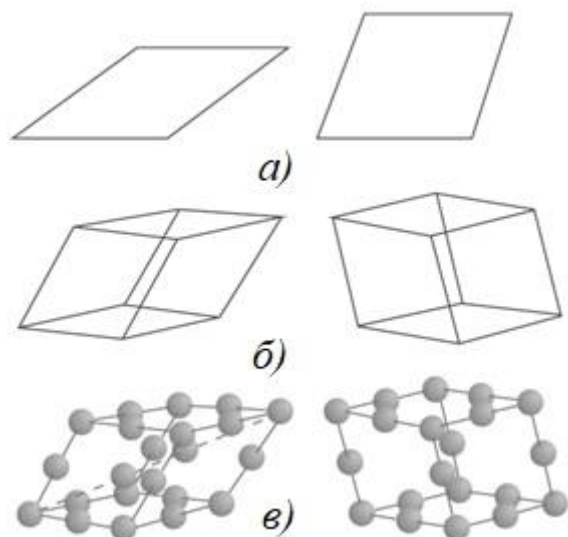


Рис. 6. Структурные блоки квазикристаллов: а) тонкий и толстый ромбы, составляющие паркет Пенроуза; б) острый и тупой ромбоэдры, составляющие сеть Аммана-Маккея; в) декорированные атомами ромбоэдры, изображенные на рис.6 б.

Квазикристаллы обладают низким коэффициентом трения, высокой твердостью, низкой электро- и теплопроводностью. Но это хрупкие материалы, деформируемые при низких температурах. Тем не менее, возможности их применения достаточно широки.

В исследованиях «Quantum gravity research» [6] используются восьмимерные квазикристаллы, называемые кристаллами E8 (рис.7. а). Элементарная ячейка этого квазикристалла – многогранник Госсета (рис.7. б), имеющий 240 вершин и точно соответствующий всем частицам и силам в нашей (трехмерной) реальности и их взаимодействиям, особенно тому, как все они могут трансформироваться из одной в другую в процессе калибровочной симметричной трансформации

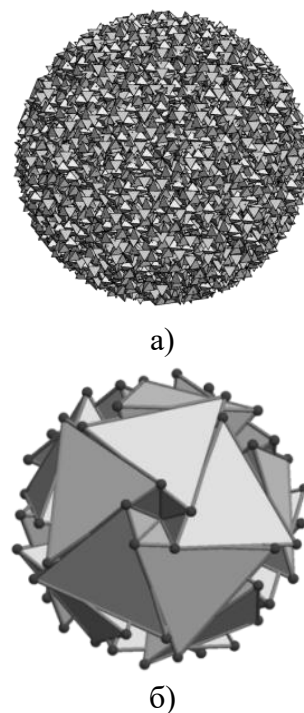


Рис. 7. Структура восьмимерного кристалла: а) E8 кристалл; б) многогранник Госсета

Когда многогранник Госсета проецируется в четырехмерное пространство, он создаёт две идентичные фигуры разных размеров (рис. 8), причем соотношение этих фигур – золотое сечение. Каждая из них состоит из 600 тетраэдров, повернутых друг от друга на угол золотого сечения. Шести-сотые решетки взаимодействуют друг с другом особым образом, образуя четырехмерный кристалл.

Данный квазикристалл важен тем, что является самой плотной (при определенных ограничениях) трехмерной сетью цепочек Фибоначчи с разделением точек и является наиболее вычислительно эффективным пространством точек в 3D.

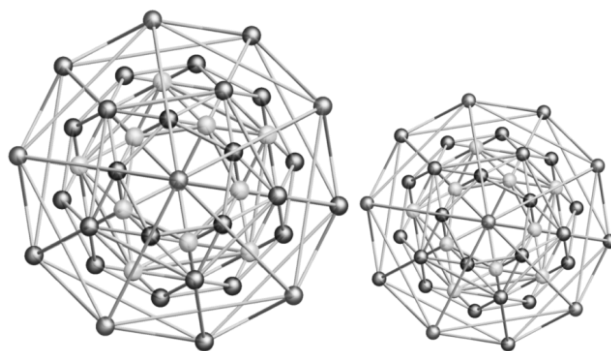


Рис. 8. Проецирование многогранника Госсета в четырехмерном пространстве

При этом любая кристаллическая решетка имеет свойства фрактального подобию. Фрактал — множество, обладающее свойством самоподобия. Но «Фрактал» употребляется не только в качестве математического термина. Фракталом может называться предмет, обладающий, по крайней мере, одним из указанных ниже свойств. Обладает нетривиальной структурой на всех масштабах. В этом отличие от регулярных фигур (таких как окружность, эллипс, график гладкой функции): если рассмотреть небольшой фрагмент регулярной фигуры в очень крупном масштабе, то он будет похож на фрагмент прямой. Для фрактала увеличение масштаба не ведёт к упрощению структуры, то есть на всех шкалах можно увидеть одинаково сложную картину (рис. 9). Является самоподобным или приближённо самоподобным. Обладает дробной метрической размерностью или такой, которая превосходит топологическую [7].

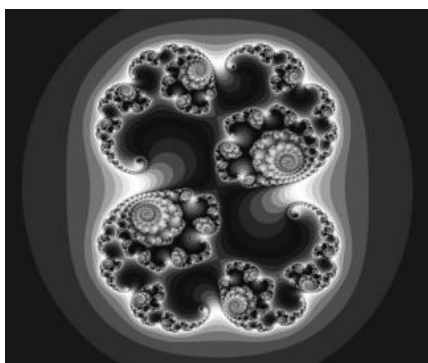


Рис. 9. Множество Жюлиа

С помощью фракталов можно описать многие процессы, которые наглядно демонстрируются формулами и изображениями. Например, кривая Коха представляет собой типичный геометрический фрактал. Три копии кривой Коха, построенные (остриями наружу) на сторонах правильного треугольника, образуют замкнутую кривую бесконечной длины, называемую снежинкой Коха (рис. 10) [8]. Также примером фрактала служит и паркет Пенроуза, о котором говорилось ранее. Фракталы используются для моделирования нелинейных процессов в естественных науках, при проектировании антенных устройств в радиотехнике, компьютерной графике для построения природных объектов и т.д.

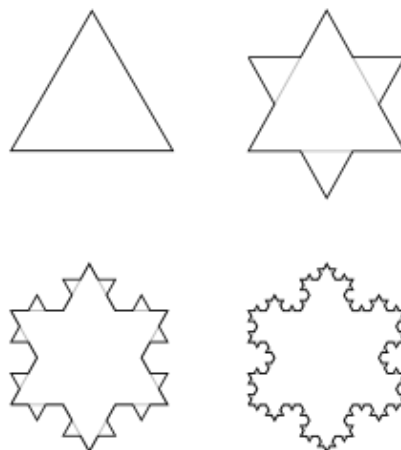


Рис. 10. Снежинка Коха

Также для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики используется метод конечных элементов — это численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Суть метода заключается в том, что некоторую область изучаемого объекта разбивают на конечное число элементов (подобластей) (рис. 11). Размер элементов можно менять, уменьшая его вблизи интересующей области и увеличивая вдали от неё — для снижения затрат процессорного времени. Для каждого элемента выбирается аппроксимирующая функция. Значение функции вне элемента равно нулю, а значение функции на границах элементов является решением, которое заранее неизвестно. Таким образом составляется система линейных уравнений, причем количество неизвестных зависит от количества решений и равно количеству неизвестных значений в узлах, на которых ищется решение исходной системы [9].

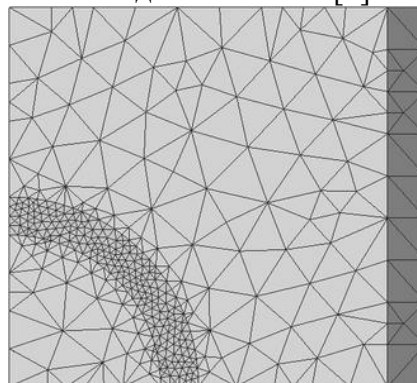


Рис. 11. Разбиение на конечные элементы.

В основе реальности окружающего мира лежит геометрия, не только правильных многогранников, многоугольников и тел вращения, но и геометрия неправильных фигур, которые можно разбить на меньшие, более простые и правильные. Причем от того, какой геометрический объект лежит в основе физического тела, зависит и то, какими свойствами он будет обладать, и, соответственно, как его можно применять в той или иной области науки и техники.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что элементарные геометрические тела (шар, тетраэдр, октаэдр, икосаэдр и пр.) неизменно представляли интерес для учёных-теоретиков от древних времён (Платона, Аристотеля, Птолемея) до наших дней («Quantum Gravity Research»). Некоторые модели с использованием таких тел получили широкое практическое применение вследствие экспериментально подтверждённой высокой точности, достигаемой при аппроксимации ими реальных физических процессов (планетарная модель атома,

МКЭ). С другой стороны целесообразность использования подтверждается обнаружением подобных тел во многих естественных элементах природы (фракталы и пр.).

Очевидно, широкое применение в моделировании во многом объясняется такими свойствами элементарных геометрических тел, как наглядность, высокая универсальность, пространственная комбинаторность, а также удобство математического описания и работы с ними. Ввиду распространённости применения, большого разнообразия и важной роли этих тел в процессах моделирования, по мнению автора, имеет смысл последующее создание их обзорной классификации.

Приведенный краткий обзор использования элементарных геометрических тел в различных моделях реальности может быть полезным в контексте систематизации, анализа и уточнения уже существующих, а также поиска новых методов моделирования.

Список литературы:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/правильный_многогранник (дата обращения: 12.03. 2019)
2. Жданова Д.В. Первая физико-космологическая картина мира аристотеля // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «студенческий научный форум» [url: https://scienceforum.ru/2017/article/2017040397](https://scienceforum.ru/2017/article/2017040397) (дата обращения: 18.03.2019).
3. Найдыш В.М. концепции современного естествознания. / В.М. Найдыш, В.Н. Князев. – г. Москва: Гардарики, 2001 – с. 114-116
4. Векилов Ю.Х. Что такое квазикристаллы // Соросовский образовательный журнал, 1997, №1, с. 87-91.
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Квазикристалл> (дата обращения: 12.03. 2019)
6. <https://www.quantumgravityresearch.org/portfolio/a-deep-link-between-3d-and-8d> (дата обращения: 15.03. 2019)
7. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фрактал>
8. https://ru.wikipedia.org/wiki/Кривая_Коха (дата обращения: 15.03. 2019)
9. https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_конечных_элементов (дата обращения: 15.03. 2019)

Современные технологии: проблемы и перспективы

Сборник статей
Всероссийской научно-практической конференции
для аспирантов, студентов и молодых ученых
20 - 23 мая 2019 года

Главный редактор: канд. техн. наук, PhD, доц. О.В. Мухина

Изд. № 195/19. Объем 15,875 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
