



Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет
путей сообщения

Инновационные проекты и технологии машиностроительных производств

Омск 2019

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет путей сообщения



**«ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ»**

Материалы третьей всероссийской
научно-технической конференции
(10 октября 2019 г.)

УДК 621
ББК 34в06
И66

Инновационные проекты и технологии машиностроительных производств:
Материалы третьей всероссийской научно-технической конференции / Омский гос. ун-т
путей сообщения. Омск, 2019. 110 с.

В октябре 2019 года в Омском государственном университете путей сообщения прошла третья всероссийская научно-техническая конференция «Инновационные проекты и технологии машиностроительных производств».

В конференции приняли участие обучающиеся и сотрудники ОмГУПСа и других вузов России, Республики Узбекистан, Республики Казахстан.

В сборник вошли статьи, в которых рассмотрены основные совершенствования технологий машиностроительных производств, включая технологическое проектирование, получение и использование инновационных материалов и технологий, управление системами и процессами, математическое моделирование.

Материалы конференции могут быть полезны для студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых, научных сотрудников и специалистов, работающих в области машиностроения.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Библиогр.: 68 назв. Табл. 8. Рис. 63.

Редакционная коллегия:

доктор техн. наук, доцент С. Г. Шантаренко (отв. редактор);

доктор техн. наук, профессор В. В. Харламов;

доктор техн. наук, профессор А. Ю. Попов;

кандидат техн. наук Е. В. Пономарев.

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор А. П. Моргунов;

доктор техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

В. А. Аксенов.

ISBN 978-5-949-41244-2

© Омский гос. университет
путей сообщения, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Обрывалин А. В., Рахмаев Р. И., Попова А. К. Разработка технологической карты механической обработки вагонных колес.....	4
Шевченко А. Ю., Попов А. Ю. Анализ конструкции инструментов для изготовления газоотводящих канавок угловой формы в пресс-формах для РТИ	9
Капустьян М. Ф., Уракова Д. В. Прогнозирование механических свойств сварных соединений, выполненных и эксплуатируемых при низких температурах.....	12
Дроздов И. Н., Попов А. Ю. Анализ возможных схем и разработка устройства для обработки радиусных канавок на фасонных поверхностях пресс-форм РТИ.....	17
Муравьев Д. В. Анализ способов химико-термической обработки при упрочнении зубчатых колес	20
Комяков А. А. Совершенствование методологии контроля выполнения заданий по экономии топливно-энергетических ресурсов на предприятиях железнодорожного транспорта	27
Петров В. В., Окишев А. С., Петров К. С. Энергетические аспекты магнитоиндукционных датчиков осей подвижного состава железнодорожного транспорта	32
Белан Д. Ю., Супчинский О. П., Бейсембаев Д. А. Технология изготовления деталей из жаропрочных сплавов с применением модельных композиций.....	40
Капалин Н. Ю., Петроченко С. В., Бисерикан М. И. Определение оптимальных режимов резания при обработке сферических поверхностей деталей турбореактивных двигателей.....	52
Аверков К. В., Власова К. В. Использование средств программирования Autodesk Inventor в конструкторской документации.....	59
Смолянинов А. В., Бекер Д. А. Применение временных опор при базировании комбинированных заготовок.....	65
Файзибаев Ш. С., Набиев Э. С., Самборская Н. А. О некоторых проблемах, решаемых при строительстве железных дорог с использованием сварочных технологий	69
Смайлова Н. Т. Модернизация стойки выравнивания роликовой МНЛЗ.....	74
Файзибаев Ш. С., Соболева И. Ю., Самборская Н. А. Совершенствование профиля катания и повышение ресурса бандажей колесных пар подвижного состава	81
Юшкова С. С. Автоматизированная система контроля производственного подразделения	85
Абляимов О. С., Эркинов Б. Х., Гайратов Б. И. К эксплуатации электровозов ЗВЛ80 ^с на участке Каттакурган – Навои АО «Узбекистон темир йўллари».....	95
Абляимов О. С., Эркинов Б. Х., Гайратов Б. И. К эксплуатации тепловозов UZTE16M3 на участке Каттакурган – Навои АО «Узбекистон темир йўллари»	103

А. В. Обрывалин, Р. И. Рахмаев, А. К. Попова

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВАГОННЫХ КОЛЕС

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы, связанные с оптимизацией технологической документации на механическую обработку профиля катания вагонных колес при устранении эксплуатационных дефектов. Разработан алгоритм программы для автоматизированного ввода данных и проектирования технологической карты механической обработки вагонных колес в условиях ремонтного производства. Предложенные технологические и технические решения, позволят повысить качество ремонта вагонных колес и продлить их срок службы.

Ключевые слова: технологическая карта, механическая обработка, эксплуатационные дефекты, режимы резания, вагонное колесо.

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL CARD OF MECHANICAL PROCESSING OF CARS

Aleksey V. Obryvalin, Rahimgan I. Rahmaev, Arina K. Popova

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

Abstract. The article deals with the issues related to the optimization of technological documentation for machining profile riding wagon wheels in the elimination of operational defects. The algorithm of the program for the automated data entry and design of the technological map of mechanical processing of wagon wheels in the conditions of repair production is developed. The proposed technological and technical solutions will improve the quality of repair of wagon wheels and extend their service life.

Keywords: technological map, machining, operational defects, cutting modes, wagon wheel.

Качество изготовления и ремонта деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта зависит от многих факторов, но одним из них без сомнений является уровень технологических процессов производства и ремонта, определяющий степень соответствия основных параметров применяемых технологических процессов лучшим мировым и отечественным достижениям.

Технологическая документация высокого качества, применяемая на производстве, и соблюдение технологической дисциплины является гарантом обеспечения точности изготовления и ремонта деталей машин.

В настоящее время в условиях ремонтного производства отсутствует

четко выработанная и стабильная методика назначения припусков на механическую обработку вагонных колес. В качестве нормативно-технической документации в ремонтных вагонных депо при выполнении ремонта колесных пар используют типовой технологический процесс и ремонтную карточку, заполняемую на каждую колесную пару [1].

Типовой технологический процесс не предусматривает указания режимов обработки, таких как скорость резания, подача инструмента, глубина резания и количество проходов режущего инструмента, так как колесные пары поступают с разными дефектами и соответственно размерами. В ремонтной карточке данная информация тоже не отражена, в ней указывается информация в большей степени не технологического, а учетного характера [1].

Припуск на обработку назначает токарь, исходя из своего производственного опыта. Это приводит к ряду негативных последствий. Например, если назначить чрезмерно большой припуск на механическую обработку, то это может привести к потерям полезного слоя металла расходуемого в стружку, а это значительно сокращает срок службы вагонного колеса; к повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии; к увеличению трудоемкости и себестоимости механической обработки. Если же назначить недостаточный размер припуска, то не будет обеспечиваться удаление дефектных слоев материала, а это в свою очередь в дальнейшем может послужить причиной зарождения и развития на поверхности катания дефектов усталостного происхождения (выщербин 2-го рода), и, как следствие, уменьшение пробега колесной пары между обточками и срока эксплуатации в целом [2].

Исходя из выше изложенного, ставится проблема по минимизации влияния человеческого фактора и оптимизации технологического процесса в условиях ремонтного производства путем разработки соответствующих мероприятий.

Снижение влияние человеческого фактора на качество механической обработки вагонных колес возможно путем разработки четких технологических решений (вид обработки, режимы резания, число проходов). Данные технологические решения предлагается вносить в технологическую карту механической обработки колесной пары, приведенную на рис. 1, по которой работник (токарь) будет выполнять работы с соблюдением указанных в карте требований.

Внедрение такого рода документа в ремонтное производство затруднено лишь тем, что процесс заполнения технологическим технологической карты на механическую обработку для каждой поступающей в ремонт колесной пары весьма трудоемок. Для решения данной проблемы предлагается частично автоматизировать процесс формирования технологической карты механической обработки колесной пары с применением специального программного

обеспечения. Фрагмент блок-схемы алгоритма разрабатываемой программы «АРМ-технолога ВКМ» приведен на рис. 2.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ

Предприятие		порядковый №	Колесной пары №		Тип оси
Дата поступления	№ вагона или наимен. предприятия	Дата и пункт			Собственник
		изготовления	последнего формирования	последнего полного освидетельствования	
Дефекты		правое колесо		левое колесо	
код и наименование дефекта					
размер дефекта					

Вид обработки	Режимы резания			Число проходов	Машинное время $T_{м}$, мин
	V, м/мин	S, об/мин (м/мин)	t, мм		

Технолог	подпись, дата	(ФИО)
Мастер цеха	подпись, дата	(ФИО)
Ответственный исполнитель	подпись, дата	(ФИО)

Размеры колесной пары							
до механической обработки				после механической обработки			
диаметр колеса по кругу катания		толщина обода		диаметр колеса по кругу катания		толщина обода	
правое колесо	левое колесо	правое колесо	левое колесо	правое колесо	левое колесо	правое колесо	левое колесо

Контролер	подпись, дата	(ФИО)
Начальник цеха	подпись, дата	(ФИО)

Рис. 1. Технологическая карта механической обработки колесной пары

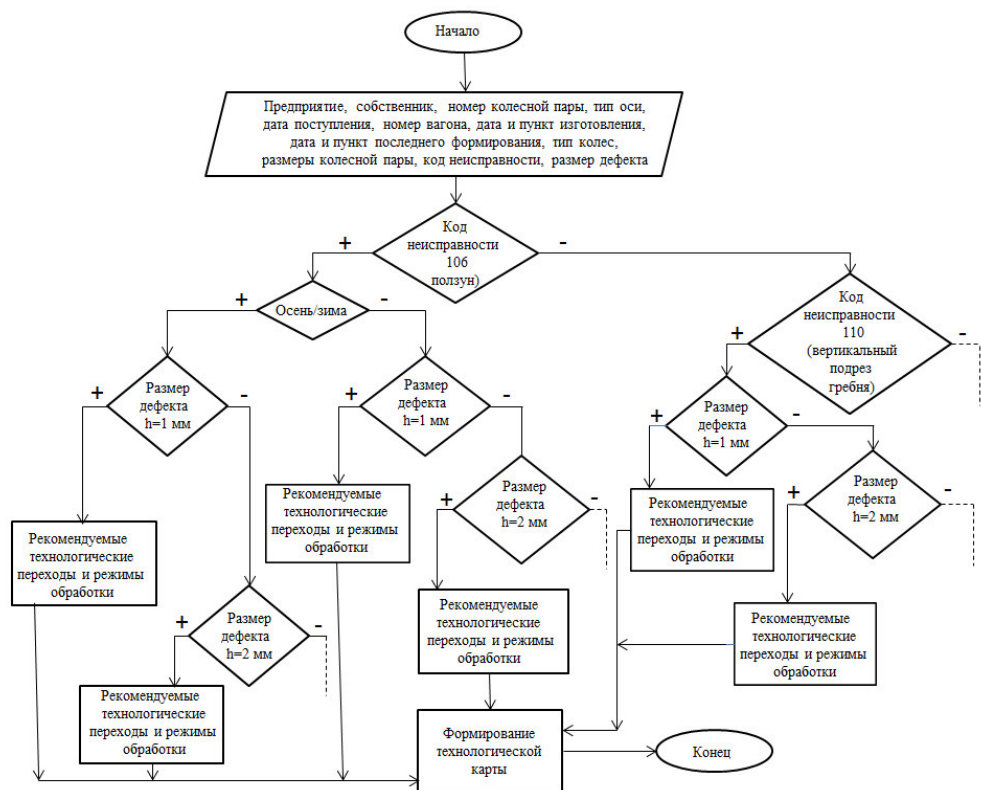


Рис. 2. Фрагмент блок-схемы алгоритма программы «АРМ-технолога ВКМ»

В качестве исходных данных технологом вагонных колесных мастерских вводится следующая информация (окно ввода исходных данных в программе «АРМ-технолога ВКМ» приведено на рис. 3): общие сведения (предприятие изготовитель, собственник, сведения идентифицирующие данную колесную пару (тип оси, номер оси, номер колеса и т.п.), неисправность колесной пары и ее код, размеры дефекта, размеры колесной пары при поступлении в ремонт (до механической обработки).

После ввода данных при нажатии кнопки «Ок» программа по приведенному алгоритму из базы выбирает рекомендуемые виды обработки и соответствующие технологические параметры. После чего технолог производит (при необходимости) корректировку видов обработки и технологических параметров, либо принимает рекомендуемые программой и распечатывает технологическую карту, подписывает и передает мастеру цеха.

Рис. 3. Окно ввода исходных данных в программе «АРМ-технолога ВКМ»

Использование программы такого плана позволяет подбирать оптимальные режимы обработки колеса, назначать необходимую и достаточную величину припуска на обточку вагонных колес, вести учет жизненного цикла колесной пары.

Применение выше приведенных технологических и технических решений в вагонных колесных мастерских и вагонных ремонтных депо позволит за счет оптимизации процесса механической обработки вагонных колес продлить срок их службы.

Список литературы

1. Обрывалин, А. В. Разработка мероприятий по повышению качества ремонта вагонных колес [Текст] / А. В. Обрывалин // Материалы второй всероссийской научно-технической конференции. Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2017. – С. 116 – 121.

2. Обрывалин, А. В. Продление срока службы вагонных колес, поступающих в ремонт с дефектами термомеханического происхождения [Текст] / А. В. Обрывалин, Н. А. Кваскова // Известия Транссиба. Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2015. – №1(21). – С. 44 – 49.

3. Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации ЦВ-ЦЛ-408 [Текст]: Утверждена Советом по железнодорожному транспорту Государств – стран участников Содружества, протокол от 21-22 мая 2009 г. №50.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Обрывалин Алексей Викторович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии транспортного машиностроения и
ремонта подвижного состава» ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-11.
E-mail: av.obr@yandex.ru

Рахмаев Рахимжан Имнахунович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Студент ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-11.
E-mail: zhuba.sz@gmail.com

Попова Арина Константиновна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Студент ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-11.
E-mail: arinka.popova@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Obryvalin Aleksey Viktorovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian
Federation.
Cand.Tech.Sci, the senior lecturer of the
Department «Technology of transport engineering
and repair of rolling stock» OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-11.
E-mail: av.obr@yandex.ru

Rahmaev Rahimgan Imnahunovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian
Federation.
Student of the Department «Technology of transport
engineering and repair of rolling stock» OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-11.
E-mail: zhuba.sz@gmail.com

Popova Arina Konstantinovna

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian
Federation.
Student of the Department «Technology of transport
engineering and repair of rolling stock» OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-11.
E-mail: arinka.popova@mail.ru

А. Ю. Шевченко¹, А. Ю. Попов²

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный Научно-производственный Центр «Прогресс» (ФГУП «ФНПЦ «Прогресс»), г. Омск, Российская Федерация.

²Омский государственный технический университет (ОмГТУ), г. Омск, Российская Федерация

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОТВОДЯЩИХ КАНАВОК УГЛОВОЙ ФОРМЫ В ПРЕСС-ФОРМАХ ДЛЯ РТИ

Аннотация. В данной статье рассматривается метод обработки газотводящих канавок на пресс-формах для РТИ строганием по криволинейной поверхности.

Ключевые слова: строгание, газотводящие канавки, пресс-форма.

Aleksandr Y¹. Shevchenko, Andrey Y. Popov²

¹Federal state unitary enterprise «Federal research and production center «Progress» (FSUE «FRPC «Progress»), Omsk, the Russian Federation.

²Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk, the Russian Federation

ANALYSIS OF THE DESIGN OF TOOLS FOR MANUFACTURING GAS EXHAUST GROOVES OF ANGULAR SHAPE IN MOLDS RTP

Abstract. This article discusses the method of processing gas exhaust grooves on molds for rubber goods planing on a curved surface.

Keywords: planing, venting grooves, mold.

Газотводящие канавки угловой формы (рис. 1) в пресс-формах резинотехнических изделий (РТИ) служат для отведения газов, образующихся в процессе вулканизации резиновой смеси, которые исключают запираение газа в пресс-форме и, как следствие, исключают недопрессовки.

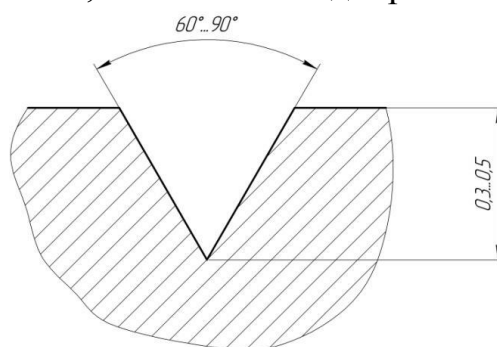


Рис. 1. Профиль газотводящей канавки

На ФГУП «ФНПЦ «Прогресс» пришли к решению изготовления газоотводящих канавок угловой формы в пресс-формах для РТИ методом строгания. Обработка канавок осуществлялась двумя способами:

1 способ – использование 3-х осевого фрезерного станка с ЧПУ и приспособления для настройки угла поворота инструмента по типу крепления круглых фасонных резцов (рис. 2) [1]. Трехосевой фрезерный станок с ЧПУ позволяет обеспечить необходимые перемещения при строгании с радиусной траекторией движения инструмента, а приспособление позволяет настроить необходимый угол обработки для инструмента при строгании (см. рис. 3).

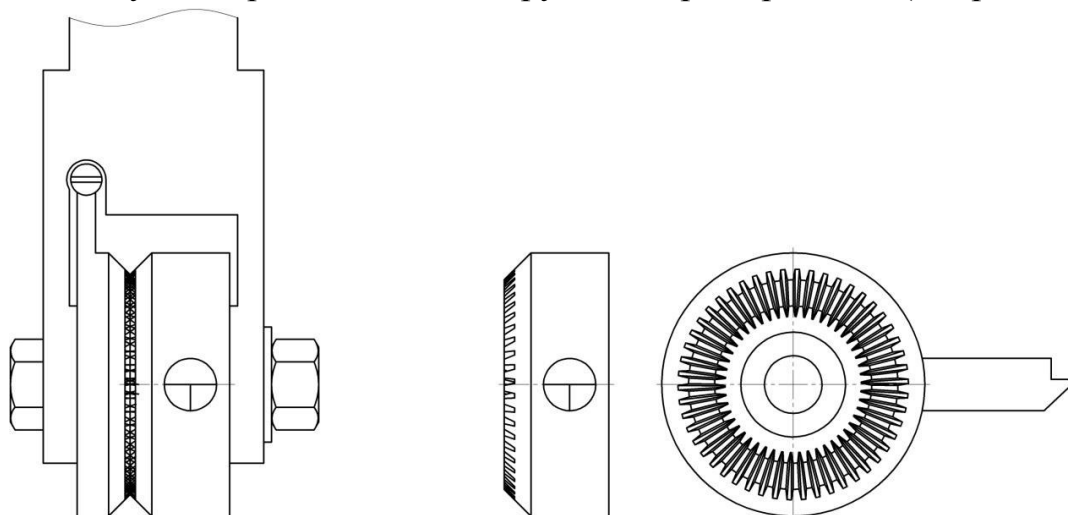
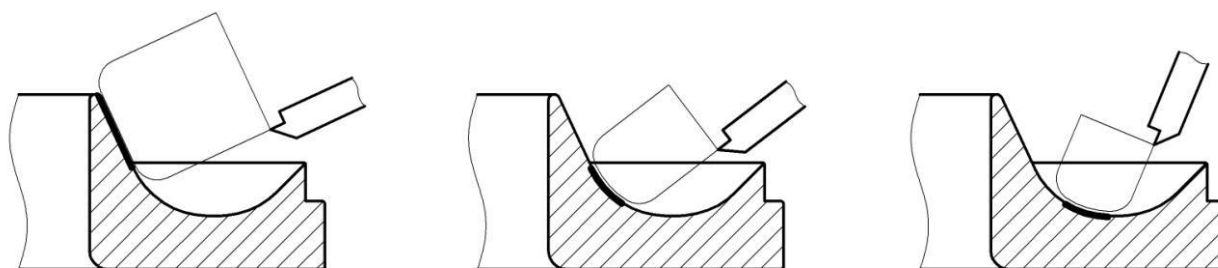


Рис. 2. Приспособление для настройки угла поворота инструмента



Траектория обработки
1 участка профиля

Траектория обработки
2 участка профиля

Траектория обработки
3 участка профиля

Рис. 3. Траектория обработки на 3-х осевом фрезерном станке с ЧПУ

2 способ – использование 5-ти осевого фрезерного станка с ЧПУ (или с дискретным поворотом 4-ой и 5-ой осей станка). Данный способ позволяет обрабатывать контур одним инструментом, а дискретная автоматическая подача 4-ой и 5-ой осей станка позволяет значительно упростить наладку станка и повысить производительность (см. рис. 4).



Рис. 4. Траектория обработки на 5-ти осевом фрезерном станке с ЧПУ

Способ обработки на 5-ти осевом фрезерном станке с ЧПУ оказался наиболее эффективным по сравнению с обработкой на 3-х осевом фрезерном станке с ЧПУ, за счет значительного упрощения наладки станка и более высокой производительности. Также на 5-ти осевом станке с ЧПУ устанавливается более жесткая оправка, по сравнению с 3-х осевым станком с ЧПУ, где применяется приспособление для регулировки угла поворота инструмента, с вязи с чем из-за усложнения конструкции оправки теряется жесткость, что сказывается на качестве поверхности обрабатываемых канавок.

Список литературы

1. Семенченко, И. И. Проектирование металлорежущих инструментов. / И. И. Семенченко, В. М. Матюшин, Г. Н. Сахаров. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1962. – 952 с.: ил.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шевченко Александр Юрьевич
Федеральное Государственное Унитарное
Предприятие «Федеральный Научно-
производственный Центр «Прогресс»
(ФГУП «ФНПЦ «Прогресс»)).
5-я Кордная ул. д. 4, г. Омск, 644018,
Российская Федерация.
Тел.: +7 (3812)56-14-72
E-mail: info@progress-omsk.ru

Попов Андрей Юрьевич
Омский государственный технический
университет (ОмГТУ).
644050, г. Омск, пр. Мира, 11,
Российская Федерация.
Доктор технических наук, профессор
кафедры «Металлорежущие станки и
инструменты» ОмГТУ.
E-mail: popov_a_u@list.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Shevchenko Aleksandr Yur'yevich
Federal state unitary enterprise «Federal
research and production center «Progress»
(FSUE «FRPC «Progress»)).
5th Kordnaya d. 4, Omsk, 644018,
the Russian Federation.
Phone: +7 (3812)56-14-72
E-mail: info@progress-omsk.ru

Popov Andrey Yur'yevich
Omsk State Technical University (OmSTU).
644050, Omsk, Mira Ave., 11,
the Russian Federation.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department "Metal-cutting machines and
tools" OmSTU.
E-mail: popov_a_u@list.ru.

М. Ф. Капустьян, Д. В. Уракова

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ И ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Аннотация. Исследования направлены на оценку остаточных сварочных напряжений при сварке конструкций в условиях низких климатических температур. При сварке в условиях отрицательных температур остаточные напряжения могут создать дополнительные пластические деформации в зонах сварного соединения. Исследована степень возможных пластических деформаций и уровня возникающих напряжений, а также даны конкретные рекомендации по снижению влияния остаточных напряжений на хладостойкость и эксплуатационную прочность сварных соединений.

Ключевые слова: сварка, остаточные сварочные напряжения, эксплуатационная прочность.

Mikhail F. Kapustyan, Darya V. Urakova

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

PREDICTION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED JOINTS MADE AND OPERATED AT LOW TEMPERATURES

Abstract. Studies are aimed at assessing residual welding stresses during welding of structures in low climatic temperatures. When welding at low temperatures, residual stresses can create additional plastic deformations in the welded joint areas. The degree of possible plastic deformations and the level of stresses are studied, and specific recommendations are given on reducing the influence of residual stresses on the cold resistance and operational strength of welded joints.

Keywords: welding, residual welding stresses, operational strength.

В интервале низких температур у широко используемых в сварных конструкциях сталей уменьшение вязкости в зоне концентрации напряжений проявляется весьма сильно и может приводить к хрупкому разрушению.

В настоящее время накоплен обширный теоретический и экспериментальный материал, относящийся к природе, методам измерения, снижения остаточных напряжений и их влиянию на работоспособность сварных соединений. Научное и практическое значение изучения влияния

остаточных сварочных напряжений на служебные свойства конструкций имеет много аспектов, в том числе в связи, например, с устойчивостью против коррозионного растрескивания [1], прочностью при статических и переменных нагрузках [2], а также сопротивляемостью сварных соединений хрупким разрушениям [3]. Анализ литературы показывает, что опасность хрупких разрушений сварных соединений при низких температурах особенно сильно возрастает при наличии растягивающих остаточных сварочных напряжений. При этом, наиболее низкую сопротивляемость к хрупким разрушениям будут иметь сварные соединения, сваренные в условиях отрицательных температур окружающего воздуха [4]. При всех имеющихся достижениях все-таки, не до конца раскрыты вопросы, связанные с остаточными сварочными напряжениями, при сварке в условиях низких климатических температур.

Известно, что в случае сварки при низких температурах (ниже - 40 °С) наблюдаются следующие особенности: изменяются условия горения дуги, увеличивается теплоотдача от изделия в воздух, в десятки раз уменьшается диффузия водорода. В интервале температур 600...500 °С скорости охлаждения сварных соединений увеличиваются на 25...40 %, длительность пребывания металла в интервале температур 300... 100 °С сокращается в несколько раз [4].

Наиболее детально вопросы формирования остаточных сварочных напряжений (ОСН) при сварке в условиях низких климатических температур изучено в работе [5], где показано что повышение скорости охлаждения в интервале температур наименьшей устойчивости аустенита (600...500 °С) приводит к возрастанию характеристик прочности по сравнению с основным металлом от 15 до 46 % при -50 °С, вследствие увеличения количественного содержания бейнита и мартенсита. Расчетным путем было оценено, что при формировании мартенсита до 50 % происходит рост растягивающих продольных напряжений до 66 % к моменту начала превращений бездиффузионного типа по сравнению с такими же напряжениями при структурных превращениях диффузионного типа, происходящих при малых скоростях охлаждения. Фрактографическими исследованиями были обнаружены закалочные трещины, возникающие при определенном процентном содержании мартенсита и уровне ОСН.

При всех имеющихся достижениях все-таки, не до конца раскрыты вопросы, связанные с ОСН (далее по тексту под ОСН принимаются макронапряжения или напряжения первого рода уравновешенные в размере детали или конструкции), при сварке в условиях низких климатических температур. В настоящее время отсутствуют результаты экспериментальных исследований полей ОСН и теоретических подходов для оценки механизмов их перераспределений, что создает некий вакуум для осознания качественного и

количественного влияния остаточных напряжений на работоспособность сварного соединения, полученного сваркой при температурах ниже – 40 °С.

Уровень прочности металла шва и околошовной зоны может существенно отличаться по сравнению с основным металлом за счет применения сварочных материалов с повышенными или пониженными механическими свойствами и формированием высокопрочных закалочных структур, из-за большой скорости охлаждения при сварке в условиях отрицательных температур по сравнению с положительными. Таким образом, сварное соединение, полученное сваркой в условиях отрицательных температур может иметь существенную неоднородность по механическим свойствам. Но при формировании полей ОСН их уровень после полного остывания шва должен не превышать предела текучести основного металла, за счет перераспределения напряжений. Но из-за температурной зависимости механических характеристик материала уровень ОСН достигающий предела текучести основного металла при отрицательных температурах будет выше чем при положительных. При повышении температуры изделия (до +20...50 °С, например, в летний период) предел текучести основного металла снизится и это может привести к возникновению дополнительных деформаций под действием остаточных напряжений, из-за неоднородности механических свойств сварного соединения [6].

Изменение ОСН при повышении температуры можно сравнить с процессами, происходящими при отпуске изделий. При выполнении расчетов средняя скорость изменения эквивалентного напряжения за время A , находится по кривым простой релаксации в зависимости от текущего эквивалентного напряжения и момента времени t [7].

В настоящее время исследователи в области сварки располагают большим разнообразием специальных методов изучения фазовых превращений металлов в условиях либо непосредственно, либо достаточно близко воспроизводящих сварочный процесс. Все эти методы можно разделить на три основные группы:

- методы исследования кинетики фазовых превращений и связанных с ними изменений структуры и механических свойств основного металла в различных зонах термического влияния в условиях, воспроизводящих изменение температуры, внутренних деформаций и напряжений при сварке (быстродействующий дилатометр);

- методы исследования структуры и механических свойств реальных сварных соединений и их отдельных участков (валиковая проба);

- методы исследования сопротивляемости основного металла в сварных соединениях замедленному разрушению и образованию холодных трещин при сварке (ИМЕТ-4).

На основании этих исследований получают диаграммы анизотермического превращения в системе координат «температура – время» по которой может быть получена диаграмма структуры металла околошовной зоны в зависимости от скорости охлаждения (рис. 1).

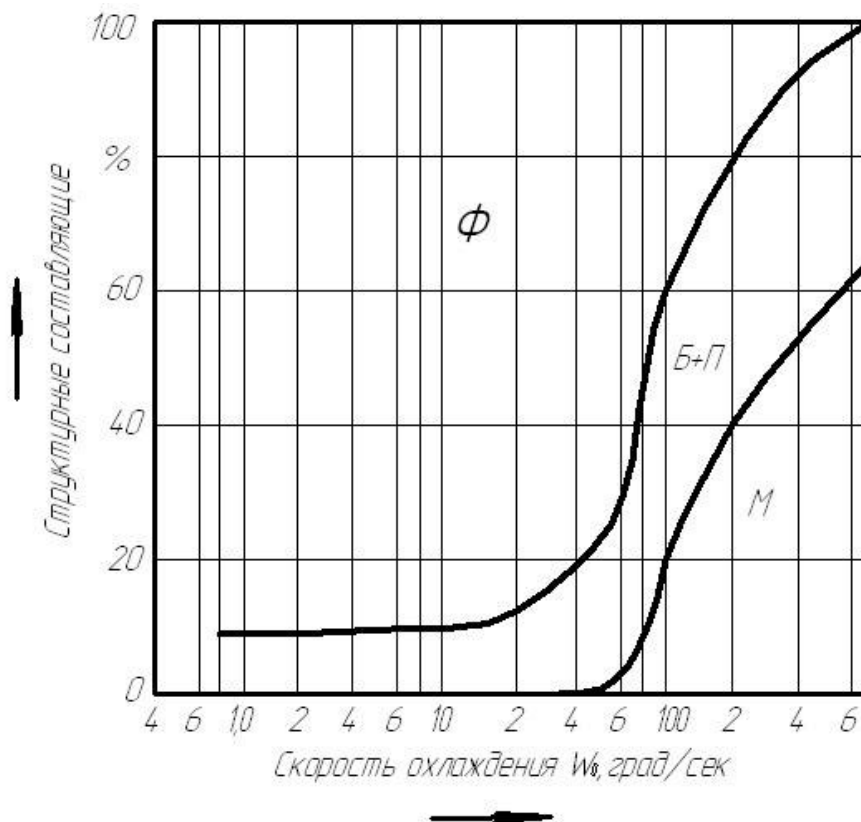


Рис. 1. Структура стали в зависимости от скорости охлаждения

Обработка результатов дилатометрического анализа включает исследования микроструктуры образцов и измерение твердости.

Исходя из возникающих особенностей распределения ОСН полученных при сварке в условиях отрицательных температур окружающего воздуха (ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) на основании полученных диаграмм можно будет рекомендовать следующие пути снижения их влияния на холодостойкость и эксплуатационную прочность сварных соединений уже с конкретными значениями рекомендуемых параметров.

В процессе сварки в условиях отрицательных температур рекомендуется производить с предварительным и сопутствующим подогревом для снижения количества закалочных структур, достигая тем самым минимальной неоднородности зон сварного соединения. Предел текучести металла шва должен быть соизмерим с пределом текучести основного металла, которую можно достичь подбором соответствующих сварочных материалов.

Список литературы

1. Сорокин, В. Н. Механо-коррозионная прочность сварных соединений и конструкций: Сборник статей / В. Н. Сорокин.–М.: Изд. «Спутник +», 2013. – 324 с.
2. Труфяков, В. И. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / В. И. Труфяков. – Киев: Наукова думка, 1990. – 256 с.
3. Копельман, Л. А. Сопротивляемость сварных узлов хрупкому разрушению / Л. А. Копельман. – Л.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
4. Ларионов, В. П. Электродуговая сварка конструкций в северном исполнении / В. П. Ларионов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 256 с.
5. Аммосов, А. П. Термодеформационные процессы и разрушение сварных соединений / А. П. Аммосов. – Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1988. – 136 с.
6. Голиков, Н. И. Остаточные напряжения при сварке конструкций в условиях низких климатических температур / Н. И. Голиков // Сварочное производство. – 2018. – №11. – С. 31 – 34.
7. Пачурин, Г. В. Влияние температуры на механические свойства листовых конструкционных сталей / Пачурин, Г. В. // Фундаментальные исследования. – 2014. – №1. – С. 18 – 23.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Капустьян Михаил Федорович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии транспортного машиностроения
и ремонта подвижного состава» ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-11
E-mail: mcap731@gmail.com

Уракова Дарья Витальевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Студентка кафедры «Технологии
транспортного машиностроения и ремонта
подвижного состава» ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-11

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kapustyan Mikhail Fedorovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Cand.Tech.Sci, the senior lecturer of the
Department «Technology of transport
engineering and repair of rolling stock» OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-11
E-mail: mcap731@gmail.com

Urakova Darya Vitalievna

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Student of the Department «Technology of
transport engineering and repair of rolling
stock» OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-11

И. Н. Дроздов¹, А. Ю. Попов²

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный Научно-производственный Центр «Прогресс» (ФГУП «ФНПЦ «Прогресс»), г. Омск, Российская Федерация.

²Омский государственный технический университет (ОмГТУ), г. Омск, Российская Федерация

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ СХЕМ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАДИУСНЫХ КАНАВОК НА ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПРЕСС-ФОРМ РТИ

Аннотация. В данной статье рассматривается сложность обработки мелкогазмерных канавок и как вариант нанесения гравировок на труднодоступных поверхностях деталей где необходимо применять удлинители для режущего инструмента. Целью работы является повышение эффективности фрезерования мелкогазмерных канавок фасонной формы на пресс-формах для резино-технических изделий при помощи специальной кондукторной втулки, позволяющей добиться уменьшения биения на большом вылете режущего инструмента и получить необходимую геометрию и чистоту поверхности газоотводящих канавок.

Ключевые слова: мелкогазмерные канавки, гравировка.

Igor N. Drozdov, Andrey Y. Popov

¹Federal state unitary enterprise «Federal research and production center «Progress» (FSUE «FRPC «Progress»), Omsk, the Russian Federation.

²Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk, the Russian Federation

ANALYSIS OF POSSIBLE PATTERNS AND DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR MACHINING RADIUS GROOVES ON SHAPED SURFACES OF MOLDS RTP

Abstract. This article discusses the complexity of machining small grooves and as an option for engraving on hard-to-reach surfaces of parts where it is necessary to use extensions for a cutting tool. The aim of the work is to increase the efficiency of milling small-sized shaped grooves on molds for rubber products using a special conductor sleeve, which allows to reduce runout on the long overhang of the cutting tool and to obtain the necessary geometry and surface cleanliness of the venting grooves.

Keywords: fine-grained grooves, engraving.

ФГУП «ФНПЦ «Прогресс» стал одним из лидеров по производству резино-технических изделий для спец. техники. Качество изделий и их внешний вид определяются качеством обработки и конструкцией пресс-форм. Одним из наиболее трудоемких элементов конструкции являются газоотводящие канавки. К ним предъявляются высокие требования по точности формы и качеству поверхности. Это связано с поведением резиновой смеси при формовании, и её взаимодействием с поверхностью пресс-формы. Формы канавок закладываются конструктором и задача инструментального производства – это обеспечение требований чертежа. Форма пресс-форм обычно вогнутая торообразная поверхность, форма и размер канавок радиус 0,5 – 075 мм.

Проведя анализ геометрии обрабатываемых формообразующих поверхностей деталей пресс-форм, в которых необходимо выполнить воздухоотводящие канавки, мы приходим к выводу, что возникает необходимость использования на оборудовании удлинителей с цанговым зажимом. Для выполнения качественной обработки воздухоотводящих канавок: с требуемой точностью и чистотой поверхности необходимо обеспечить биение инструмента в пределах 1 – 2 мкм. При обработке канавок с использованием удлинителя длиной порядка 200 мм, качество обработки не соответствует требованиям конструкторской документации, т.к. отсутствует необходимая чистота поверхности, а так же из-за большого биения происходит поломка инструмента, что приводит к потере времени на его замену.

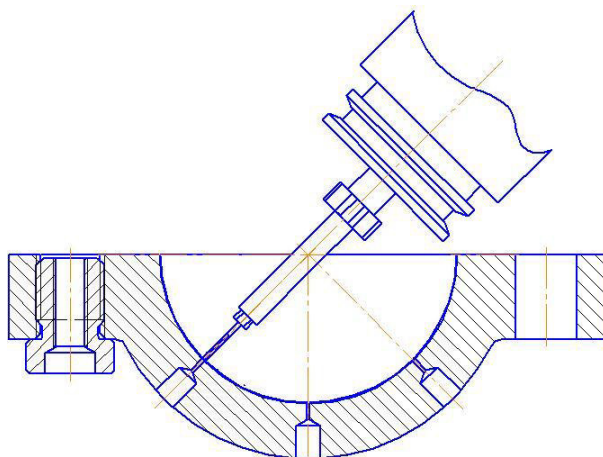


Рис. 1. Схема обработки канавок радиусной формы

Для решения данной проблемы предлагается применить техническое решение, которое способно обеспечить необходимое условие для работы мелкоразмерного инструмента, а именно установить кондукторную втулку на максимально возможной длине удлинителя, которая будет центровать удлинитель относительно оси шпинделя и оправки.

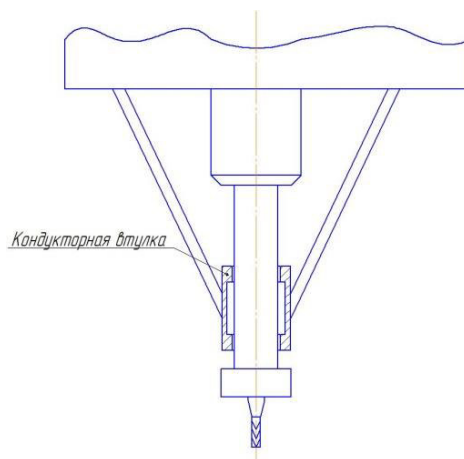


Рис. 2. Схема устройства удлинителя с кондукторной втулкой

Тогда возникает вопрос, не помешает ли данная кондукторная втулка обработке канавок на торообразной вогнутой формообразующей поверхности пресс-формы?

Для этого были рассмотрены различные конструкции пресс-форм. Вывод: зная глубину и ширину занижения формообразующей поверхности, можно определить конус в который возможно вписать габариты предлагаемой оснастки и вводим понятие – габаритный конус.

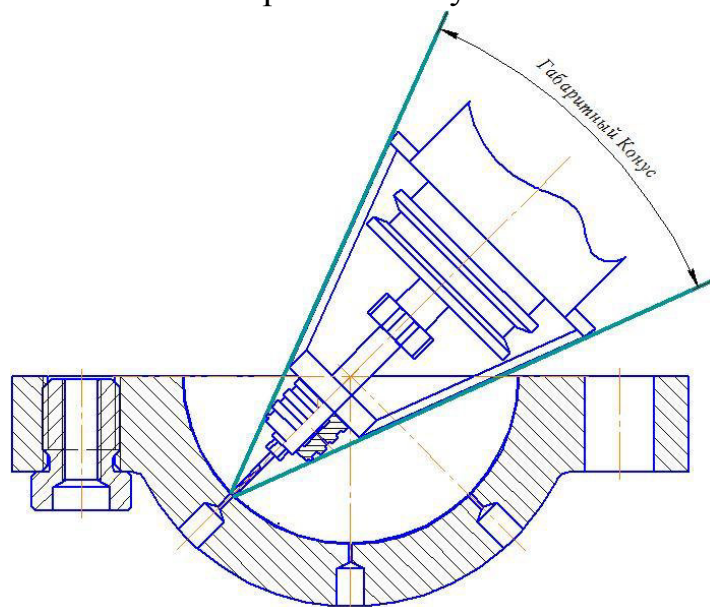


Рис. 3. Схема обработки канавки радиусной формы фрезой с удлинительной оправкой и кондукторным приспособлением

Габаритный конус позволяет установить предельные габариты оснастки и инструмента. Идея заключается в обеспечении максимально возможной жесткости. Величина жесткости определяется углом конуса и осевым размером. Именно эти параметры целесообразно рассчитывать при определении необходимых габаритов конуса.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дроздов Игорь Николаевич

Федеральное Государственное Унитарное
Предприятие «Федеральный Научно-
производственный Центр «Прогресс».
ул. 5-я Кордная, 4, г. Омск, 644018,
Российская Федерация
Начальник механосборочного цеха
Тел. +7 (3812) 56-10-05, доб. 2-65
E-mail: ceh2@progress-omsk.ru

Попов Андрей Юрьевич

Омский государственный технический
университет (ОмГТУ).
644050, г. Омск, пр. Мира, 11,
Российская Федерация
Доктор технических наук, профессор
кафедры «Металлорежущие станки и
инструменты» ОмГТУ.
E-mail: popov_a_u@list.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Drozдов Igor Nikolaevich

Federal state unitary enterprise «Federal
research and production center «Progress»
(FSUE «FRPC «Progress»
5th Kordnaya d. 4, Omsk, 644018,
the Russian Federation
Head of the mechanical assembly shop
Phone: 7 (3812) 56-10-05, доб. 2-65
E-mail: ceh2@progress-omsk.ru

Popov Andrey Yur'yevich

Omsk State Technical University (OmSTU).
644050, Omsk, Mira Ave., 11,
the Russian Federation
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department "Metal-cutting machines and
tools" OmSTU.
E-mail: popov_a_u@list.ru.

УДК 621.785.5

Д. В. Муравьев

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Аннотация. В работе представлены результаты сравнительного анализа качества поверхностного слоя венца зубчатого колеса после цементации с последующей закалкой и ионно-плазменного азотирования. Приведены подробные описания микроструктуры металла и данные измерений микротвердости упрочненных слоев контрольных образцов после химико-термической обработки, которые позволяют оценить механические свойства и глубину слоя после упрочнения различными способами. Сформулированы выводы о целесообразности применения рассматриваемых способов химико-термической обработки.

Ключевые слова: зубчатое колесо, закалка, износостойкость, ресурс, цементация, азотирование, твердость, микроструктура, сталь.

Dmitry V. Muraviev

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

ANALYSIS OF THE METHODS OF CHEMICAL AND THERMAL PROCESSING WHEN STRENGTHENING GEAR WHEELS

***Abstract.** The paper presents the results of a comparative analysis of the quality of the surface layer of the gear rim after cementation with subsequent hardening and ion-plasma nitriding. Detailed descriptions of the microstructure of the metal and data on the microhardness of the hardened layers of the control samples after chemical-thermal treatment are given, which allow us to evaluate the mechanical properties and depth of the layer after hardening in various ways. Conclusions are formulated on the appropriateness of the use of the considered methods of chemical-thermal treatment.*

***Keywords:** gear wheel, hardening, wear resistance, resource, cementation, nitriding, hardness, microstructure, steel.*

Надежность и долговечность деталей машин и механизмов определяется конструктивной прочностью материалов, из которых они изготовлены, тогда как эксплуатационные характеристики многих изделий – износостойкость, коррозионная стойкость, отражательная способность, теплосопrotивление и другие определяются свойствами и качеством рабочих поверхностей деталей.

Большинство деталей машин работают в условиях трения и подвергаются воздействию ударных и изгибающих нагрузок, поэтому они должны иметь твердую, износостойкую поверхность, прочную и одновременно вязкую и пластичную сердцевину. Это достигается путем поверхностного упрочнения.

У деталей машин, работающих при динамических и циклических нагрузках, трещины усталости появляются в поверхностных слоях под влиянием растягивающих напряжений. Если на поверхности создать остаточные напряжения сжатия, то растягивающие напряжения от нагрузок в эксплуатации будут меньше и увеличится предел выносливости (усталости). Таким образом, получение в поверхностных слоях деталей напряжений сжатия – второе назначение поверхностного упрочнения.

Техническими условиями на изготовление детали задают твердость и глубину упрочненного слоя, а также прочность и вязкость сердцевины.

Методы поверхностного упрочнения можно разделить на три группы:

- механические методы – пластическое деформирование поверхностных слоев, создание наклепа (нагартовки);
- термические методы – поверхностная закалка;
- химико-термическая обработка (цементация, азотирование, хромирование и другие).

Зубчатые колеса разных модулей присутствуют в конструкциях различных механизмов, работают в агрессивных условиях повышенного трения и воздействия знакопеременных нагрузок, поэтому поверхности зубьев должны обладать повышенной твердостью и прочностью. Добиться этого позволяет применение именно химико-термической обработки, поскольку использовать для упрочнения остальные методы не позволяет эвольвентный профиль упрочняемой поверхности. При химико-термической обработке в стали происходят фазовые превращения, связанные с нагревом и охлаждением, которые способствуют изменению химического состава и структуры поверхностных слоев за счет диффузии внедряемого элемента из внешней среды, что в широких пределах изменяет свойства материала.

Объектом проведенных исследований стали мелкозубчатые колеса, применяемые в авиационной технике и изготовленные из низкоуглеродистой среднелегированной цементуемой стали 20Х3МВФ (рис. 1).



Рис. 1. Объект исследования

Были проведены экспериментальные исследования металла поверхностного слоя стенок зубьев зубчатых колес, упрочненных цементацией с последующей закалкой и азотированием. Целью исследований явилась оценка качества упрочнения и сравнительный анализ микроструктуры и твердости металла поверхностного слоя зубьев после цементации и азотирования.

Цементация проводилась в твердом карбюризаторе, состоящем из 80 % угля, 17 % соды и 3 % кальция, при температуре 850 – 900 °С в течение 3 часов для получения цементированного слоя глубиной 0,25 – 0,3 мм. После

цементации выполнялась неполная закалка цементированного образца при температуре 760 – 780 °С и низкий отпуск при температуре 120 – 160 °С. Кроме того, второй контрольный образец подвергался ионно-плазменному азотированию в азотсодержащем вакууме, в котором возбуждается тлеющий электрический разряд, на глубину 0,25 – 0,4 мм при температуре 600 °С. Далее, для выявления и оценки микроструктуры упрочненного слоя шлифованная и полированная поверхность образцов подвергалась травлению в 5-% спиртовом растворе азотной кислоты. Анализ микроструктуры выполнялся на анализаторе фрагментов микроструктуры твердых тел *SIAMS800* с программным обеспечением для панорамной микроскопии.

Таким образом, при анализе поверхности образца после цементации установлено, что основу микроструктуры стали 20Х3МВФ составляет феррит с растворенными в нем легирующими элементами (см. рис. 2), поскольку в химический состав стали входят хром, молибден, вольфрам и ванадий, которые расширяют область существования α -твердого раствора и являются ферритообразующими элементами. Подобная структура наблюдается в нецементированной сердцевине, которая обладает повышенной пластичностью и ударной вязкостью. В высоколегированном поверхностном слое после цементации образуются скопления мелкодисперсных карбидов хрома, молибдена, вольфрама и ванадия ввиду пониженной растворимости углерода в феррите и высвобождения избыточного углерода, а также низкой склонности аустенитного зерна к росту из-за присутствия карбидообразующих элементов. При этом в первую очередь образуются карбиды ванадия (VC), вольфрама (WC), молибдена (Mo_2C) и хрома (Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$) в порядке склонности к карбидообразованию, которые представлены на рис. 2 зернами белого цвета на светло-сером фоне ферритной основы сплава.

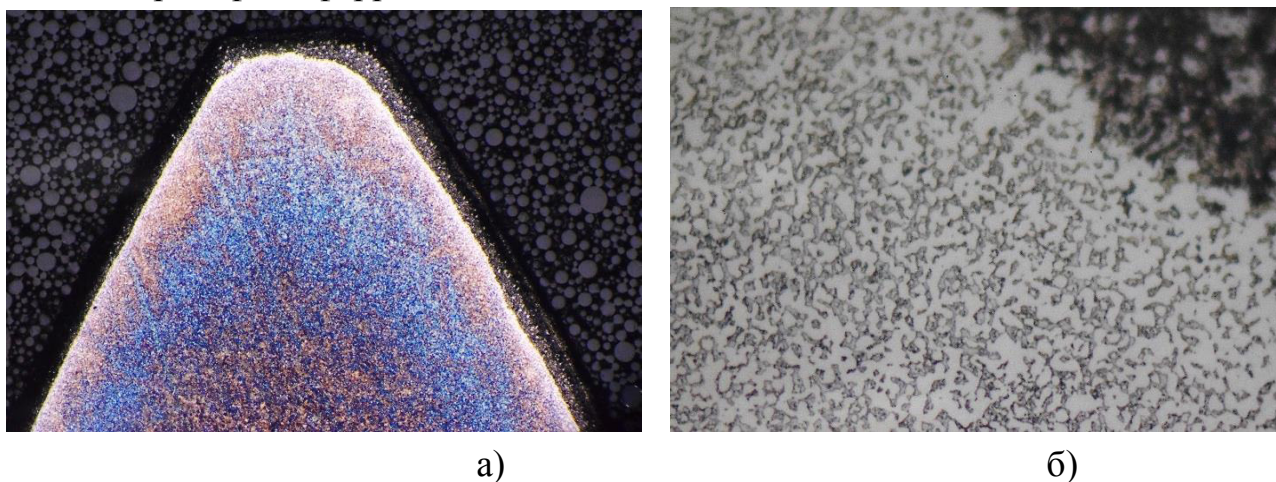


Рис. 2. Микроструктура цементированного слоя:
а – при увеличении 50х; б – при увеличении 1000х

Карбиды вольфрама (WC) и молибдена (Mo_2C) имеют простые кристаллические решетки и обладают большей прочностью при высоких температурах по сравнению с карбидами хрома (Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$), которые при нагреве образуют твердые растворы хрома в аустените. В процессе заковки растворенный в аустените хром переходит в мартенсит, а карбиды вольфрама (WC) и молибдена (Mo_2C) остаются в определенной степени в структуре стали, поскольку способны выдерживать высокие температуры, не растворяясь в аустените. При этом карбидообразующие элементы W , Mo , V , Cr способствуют образованию красностойкого мартенсита. Благодаря этому высокая твердость стали сохраняется до температур $560 - 600$ °С, не подвергаясь отпуску и сохраняя высокую жаропрочность стали 20Х3МВФ. Поэтому в микроструктуре цементированного слоя после заковки наблюдаются нерастворенные остатки глобулярных зерен карбидов вольфрама и молибдена (см. рис. 3).

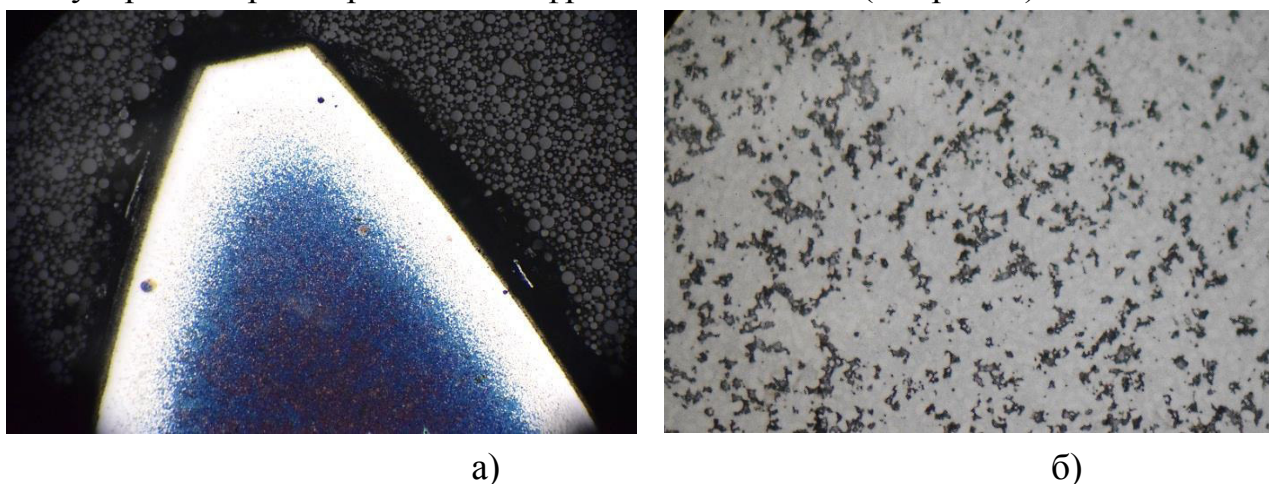
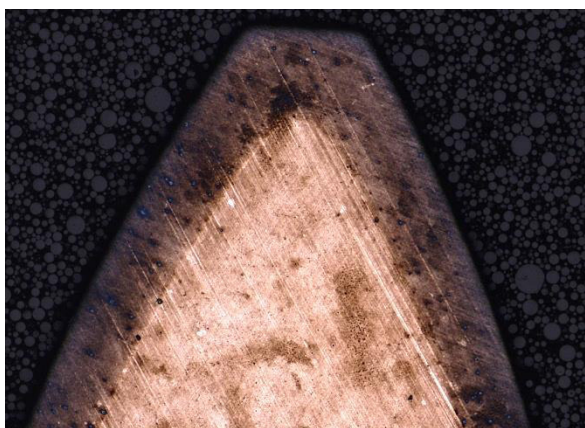


Рис. 3. Микроструктура цементированного слоя после заковки и отпуска:
а – при увеличении 50х; б – при увеличении 1000х

Легирующие элементы хром и молибден повышают твердость азотированного слоя. После азотирования термическая обработка не требуется, так как высокая твердость обеспечивается в процессе упрочнения и детали не имеют коробления и деформаций, что позволяет применять азотирование в точном машиностроении. Микроструктура азотированного слоя (см. рис. 4), состоит из ϵ , γ' и α фаз, где ϵ -фаза – твердый раствор на базе нитрида $Fe_{2-3}N$ (4,55-11% N); γ' -фаза – твердый раствор на базе нитрида Fe_4N (5,3-5,7% N); α -фаза – твердый раствор азота в α -железе при 20°С – 0,004% N, при 590°С – 0,11% N. При азотировании и последующем медленном охлаждении образуются зародыши нитридов, когерентные с окружающей α -фазой.



а)



б)

Рис. 4. Микроструктура азотированного слоя:

а – при увеличении 50х; б – при увеличении 1000х

Глубина упрочненного слоя после цементации и азотирования определялась путем проведения измерений микротвердости от поверхности боковой стенки зуба в глубину с шагом 0,05 мм при помощи микротвердомера ПМТ-3М1 (см. рис. 5). Исходя из полученных значений микротвердости, было установлено, что глубина цементированного слоя находится в диапазоне 0,2 – 0,25 мм, а глубина азотированного слоя – 0,25 – 0,3 мм. Результаты измерений микротвердости упрочненного слоя контрольных образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения микротвердости упрочненного слоя

№ измерения	Расстояние от боковой поверхности зуба, мм	Твердость цементированного слоя		Твердость азотированного слоя		Δ_i
		<i>HV</i>	<i>HRC</i>	<i>HV</i>	<i>HRC</i>	
1	0,05	810,2	64,7	882,2	66,7	2
2	0,1	746,7	62,3	964,2	68,4	6,1
3	0,15	690,3	59,8	921,8	67,6	7,8
4	0,2	664,5	58,5	845,1	65,7	7,2
5	0,25	392,1	39,9	777,5	63,5	23,6
6	0,3	340,1	34,6	403,7	41,1	6,5
7	0,35	323,2	32,7	392,1	39,9	7,2
8	0,4	306,8	30,8	370,3	37,3	6,5
9	0,45	258,4	24,1	370,3	37,7	13,6
10	0,5	277,6	26,9	380,9	38,8	11,9

На рис. 5 четко видна граница перехода упрочненного слоя к основному металлу детали. Кроме того, построенный график распределения твердости по глубине (см. рис. 6) позволил установить, что твердость азотированного слоя в контрольных точках превышает твердость цементированного слоя на 8 – 10 %.

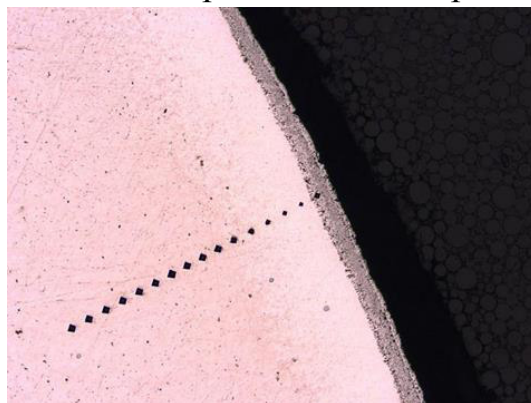


Рис. 5. Места замеров микротвердости по глубине упрочненного слоя

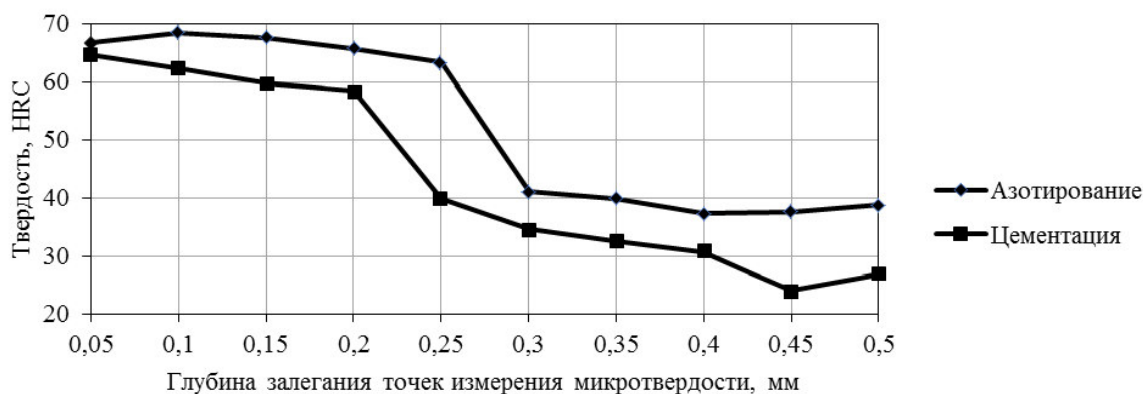


Рис. 6. График зависимости твердости поверхностных слоев цементированного и азотированного образцов

Азотирование стали, по сравнению с цементацией, отличается рядом весомых преимуществ. В процессе азотирования деталь не подвергается существенному термическому воздействию, при этом твердость его поверхностного слоя увеличивается. Важно, что размеры азотируемых деталей не изменяются. Это позволяет применять данный метод обработки для деталей, прошедших закалку с высоким отпуском и последующее шлифование.

Список литературы

1. Герасимов, С. А. Технология термической и химико-термической обработки / С. А. Герасимов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 60 с.
2. Карева, Н. Т. Термическая обработка сталей и сплавов: Учебное пособие / Н. Т. Карева, И. В. Лапина, С. И. Ильин; 2-е изд., испр. и доп. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 98 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Муравьев Дмитрий Валерьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,

Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» ОмГУПС.

Тел.: +7 (905) 096-51-55.

E-mail: mdvomsk@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Muravyov Dmitry Valerevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, the Russian Federation.

Candidate of technical sciences, associate professor of the department "Technologies of transport engineering and rolling stock repair" OSTU.

Phone: +7 (905) 096-51-55.

E-mail: mdvomsk@yandex.ru

УДК 658.7.07

А. А. Комяков

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО ЭКОНОМИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. В работе предложена усовершенствованная методология оценки фактического эффекта от внедрения энергосберегающих мероприятий на предприятиях. Выполнена классификация энергосберегающих мероприятий и разработан алгоритм оценки их эффективности. Предложенные методы позволяют объективно контролировать выполнение заданий по экономии топливно-энергетических ресурсов предприятиями железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: энергосбережение, топливно-энергетические ресурсы.

Alexandr A. Komyakov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, Russian Federation

IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR MONITORING THE PERFORMANCE OF TASKS ON THE ECONOMY OF FUEL AND ENERGY RESOURCES AT THE ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT

Abstract. The paper proposes an improved methodology for assessing the actual effect of energy-saving measures in enterprises. The classification of energy-saving measures is carried out and an algorithm for evaluating their effectiveness has been developed. The proposed methods allow us to objectively monitor the implementation of tasks to save fuel and energy resources by railway enterprises.

Keywords: energy saving, fuel and energy resources.

Для достижения целевых показателей экономии ТЭР, которые устанавливаются федеральными органами исполнительной власти для организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, в ОАО «РЖД» сформирована и реализуется Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Основой для данной программы являются результаты обязательного энергетического обследования, технические мероприятия, реализуемые за счет инвестиционного проекта «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте, инвестиционных проектов филиалов, а также организационные и малозатратные мероприятия, реализуемые за счет эксплуатационных расходов филиалов.

Ежеквартальный контроль выполнения заданий по экономии топливно-энергетических ресурсов за счет использования технических средств и технологий, внедренных в рамках Программы энергосбережения, а также декомпозиция целевых показателей структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД» и корректировка программ этих подразделений проводятся в автоматизированной информационной системе (АИС) «Энергоэффективность», в которой работают более 6200 пользователей – сотрудников линейных предприятий и аппарата управления ОАО «РЖД». До последнего времени отсутствовала нормативная база для объективного определения фактически достигнутого эффекта от внедрения энергосберегающих мероприятий, что не позволяло объективно контролировать выполнение заданий по экономии топливно-энергетических ресурсов.

Энергосберегающие мероприятия, внедряемые в ОАО «РЖД», могут быть разделены на четыре группы в зависимости от метода оценки энергоэффективности.

К первой группе могут быть отнесены мероприятия, для которых снижение расхода ТЭР определяется как разница между расходом до внедрения энергосберегающего устройства (базовый период) и после его внедрения (отчетный период). При этом возможно приведение расхода ТЭР в базовом периоде к отчетному на основе определенных показателей. Например, в случае, если базовый и отчетный период не совпадают по продолжительности, стандартная корректировка возможна через отношение количества дней в соответствующих периодах. Данный подход корреспондируется с Методом А «Изоляция зоны модернизации: измерение основного параметра», изложенном в ГОСТ Р 56743-2015.

Ко второй группе могут быть отнесены мероприятия, для которых при сопоставлении условий базового и отчетного периодов необходимо учитывать два и более влияющих фактора, часть которых определяется путем измерений. Данный

подход корреспондируется с Методом В «Изоляция зоны модернизации: измерение всех параметров», изложенном в ГОСТ Р 56743-2015.

К третьей группе относятся мероприятия, для которых при сопоставлении условий базового и отчетного периодов необходимо формирование математических моделей энергопотребления. Данный подход корреспондируется с Методом С «Весь объект», изложенном в ГОСТ Р 56743-2015.

К четвертой группе относятся мероприятия, оценка эффективности которых основана не на фактических показаниях прибора учета, а на применении расчетных формул исходя из физического принципа работы энергосберегающего устройства. Данный подход корреспондируется с Методом Д «Компьютерное моделирование», изложенном в ГОСТ Р 56743-2015.

В зависимости от приведенной классификации разработан алгоритм оценки энергетической эффективности энергосберегающих технических средств и технологий, внедряемых на железнодорожном транспорте, который представлен на рис. 1.

Оценка энергоэффективности мероприятий первой и второй группы не представляет собой сложной задачи, так как расход ТЭР для внедряемого оборудования относится к условно-постоянной составляющей, либо зависит только от объема производственной деятельности. В этом случае осуществляется стандартная корректировка для приведения условий базового периода к отчетному. Мероприятия четвертой группы оцениваются расчетным способом на основе методов, изложенных в ТЭО данного мероприятия.

Однако в большинстве случаев расход ТЭР в производственных процессах включает в себя как условно-постоянную, так и переменную составляющие, которые зависят от производственных и климатических факторов. В этом случае целесообразно использовать метод, основанный на приведении расхода ТЭР в базовом периоде к отчетному путем нестандартных корректировок и сравнению выборок скорректированного и фактического расхода ТЭР на основе статистических критериев.

В ходе реализации указанного метода осуществляются:

- 1) сбор данных о расходе ТЭР и влияющих факторах за предшествующие отчетному периоды, выполняется анализ влияния принятых к рассмотрению факторов на объем потребления ТЭР и формирование математической модели процесса потребления ТЭР [1, 2];

- 2) приведение данных о расходе ТЭР за отчетный период к сопоставимым условиям базового периода за счет стандартной или нестандартной корректировки с использованием математической модели;

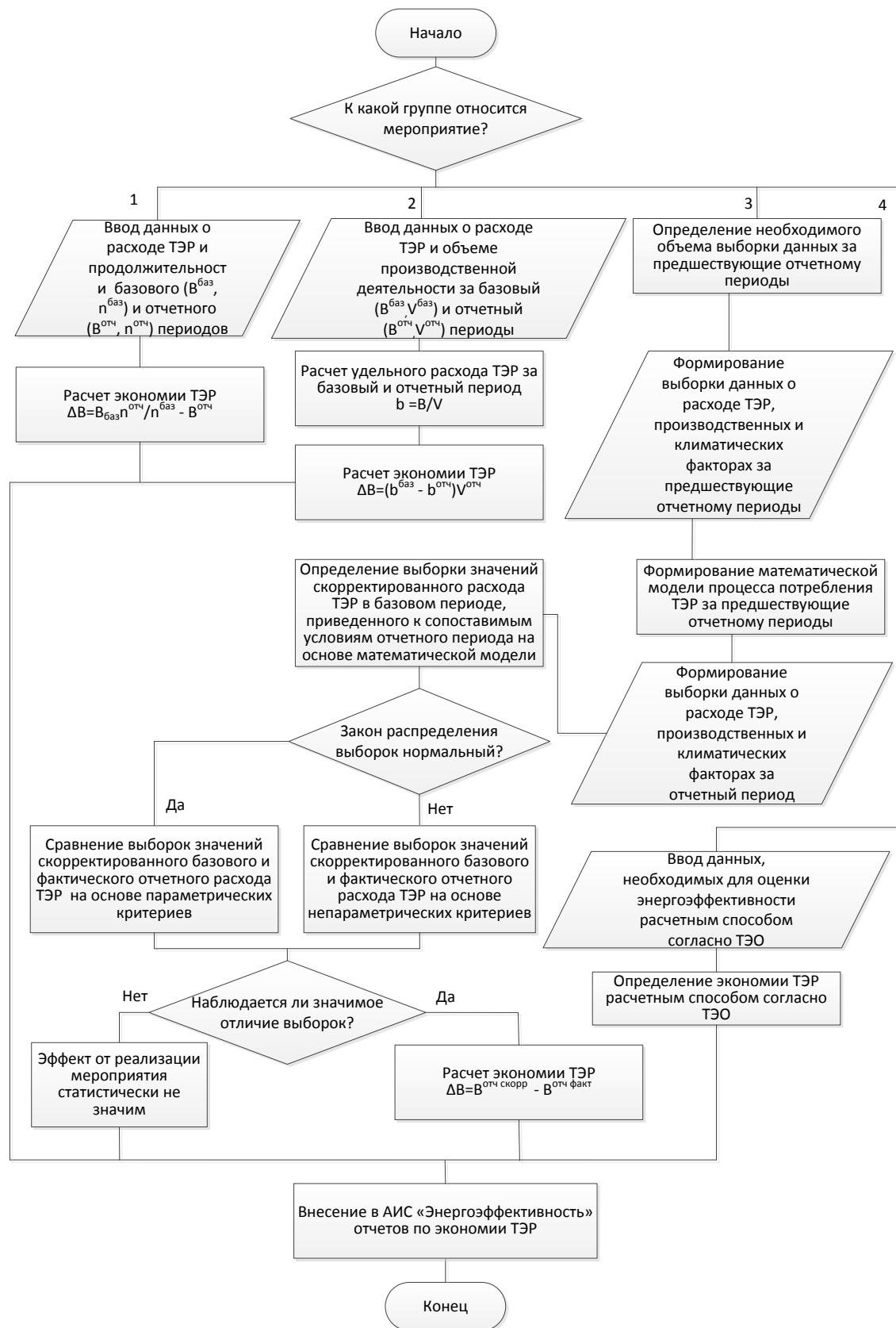


Рис. 1. Алгоритм оценки энергетической эффективности энергосберегающих технических средств и технологий, внедряемых на железнодорожном транспорте

3) сравнение выборок значений скорректированного и фактического расхода ТЭР в отчетном периоде в зависимости от законов распределения выборок.

Наиболее часто встречается нормальный закон распределения выборок расхода топливно-энергетических ресурсов. В этом случае целесообразно применять критерий Стьюдента для сравнения выборочных средних, наблюдаемое значение которого определяется по формуле:

$$t = (\bar{x} - \bar{y}) \left(\frac{S_x^2}{m} + \frac{S_y^2}{n} \right)^{-1/2}, \quad (1)$$

и критерий Фишера:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad (2)$$

где m, n – объем выборок значений скорректированного и фактического расхода ТЭР соответственно; \bar{x}, \bar{y} – их выборочные средние значения; S_x^2, S_y^2 – их выборочные дисперсии, S_1^2, S_2^2 – наибольшее и наименьшее значение из дисперсий S_x^2, S_y^2 .

Если наблюдаемые значения оказываются больше критических, то принимается гипотеза о различии рассматриваемых выборок, следовательно, внедрение энергосберегающего технического средства или технологии привело к изменению расхода топливно-энергетических ресурсов. В противоположном случае эффект от реализации мероприятия статистически не значим.

По результатам расчетов в АИС «Энергоэффективность» формируется обоснованный отчет об экономии топливно-энергетических ресурсов, что позволяет объективно контролировать выполнение заданий по экономии топливно-энергетических ресурсов предприятиями железнодорожного транспорта.

Список литературы

1. Комяков, А. А. Разработка математической модели объема потребления электрической энергии в системе тягового электроснабжения на основе нечетких нейронных сетей [Текст] / А. А. Комяков, В. И. Иванченко, В. В. Эрбес // Повышение энергетической эффективности наземных транспортных систем: Материалы международной научно-практической конференции / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2014. С. 129 – 134.

2. Комяков, А. А. Повышение достоверности определения энергетической эффективности эксплуатации энергосберегающих устройств и технологий в системах электроснабжения железных дорог [Текст] / А. А. Комяков, В. В. Эрбес, О. О. Комякова // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: Материалы научной конференции / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. С. 13 – 17.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Комяков Александр Анатольевич
Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Теоретическая электротехника» ОмГУПС.
Тел.: (3812) 44-39-23
E-mail: tskom@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Komyakov Alexandr Anatolevich
Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian
Federation.
Cand.Tech.Sci., the senior lecturer of chair
«Theoretical the electrical engineer» OSTU.
Phone: (3812) 44-39-23
E-mail: tskom@mail.ru

УДК 621.753

В. В. Петров, А. С. Окишев, К. С. Петров

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАГНИТОИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ ОСЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

***Аннотация.** Широкое внедрение автоматизации диагностирования технического состояния вагонов в процессе движения поезда требует повышения надежности работы и снижения электропотребления всей системы, что может быть реализовано только путем применения современных цифровых технологий, микропроцессорной техники и более высокоточных и энергонезависимых датчиков прохождения осей колесных пар.*

***Ключевые слова:** автоматизация, микропроцессорная система, диагностирование, цифровые технологии, энергонезависимый датчик, надежность, колесная пара, ось, вагон.*

Vladimir V. Petrov, Andrey S. Okishev, Konstantin S. Petrov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

ENERGY ASPECTS OF MAGNETO-INDUCING SENSORS OF RAILWAY ROLLING STOCK AXLES

***Abstract.** Widespread introduction of automation of the diagnosis of the technical condition of cars in the course of the train requires improved reliability and reduced electricity consumption of the entire system, which can be implemented only through the use of modern digital technologies, microprocessor technology and higher-precision and energy independent sensors passing wheel pairs.*

***Keywords:** automation, microprocessor system, diagnosis, digital technology, energy-independent sensor, reliability, wheeled pair, axle, wagon.*

В настоящее время повышение надежности систем диагностирования технического состояния вагонов в процессе движения поезда требует применения автоматизации и более высокоточных датчиков прохождения осей колесных пар, реализованных на основе микропроцессорной техники и цифровой обработки сигналов. Цель данной работы заключается в исследовании энергетических возможностей магнитоиндукционных датчиков для обеспечения продолжительной энергонезависимой автономной работы автоматической микропроцессорной системы контроля параметров вагонных тележек на основе БПМ.

Хорошо зарекомендовала себя диагностическая система «Комплекс» [1], которая реализована с применением современных лазерных измерительных преобразователей. Она осуществляет контроль следующих параметров колесных пар: толщины обода, толщины гребня, равномерность проката по кругу катания, диаметра колеса по кругу катания, угла набегания колесной пары и др.

Основные технические характеристики системы «Комплекс»:

- максимально-допустимая скорость движения поезда до 60 км/ч;
- погрешность измерений линейных размеров до 0,5 мм;
- рабочий интервал температур от –50 до +50 °С;
- потребляемая мощность около 3 кВт от сети ~ 220 В.

К недостаткам такого типа комплексов можно отнести большую потребляемую мощность от источников электропитания. При этом они требуют сложной инфраструктуры для установки и дороги в эксплуатации.

В настоящее время имеются предложения и менее затратных вариантов решения этой актуальной задачи [2, 3], например, основанные на совместном

применении современной микропроцессорной техники, ресурсов и инфраструктуры КТСМ (комплекс технических средств многофункциональный) [4] для контроля прохождения осей колесных пар подвижного состава. Упрощенная схема размещения напольного оборудования КТСМ с датчиками осей колесных пар Д1 – Д4 представлена на рис. 1.

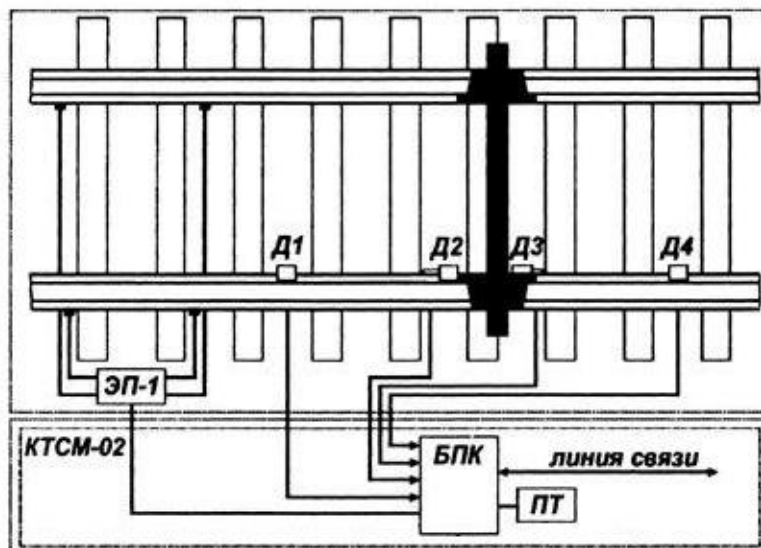


Рис. 1. Датчики осей колесных пар Д1 – Д4 в составе системы КТСМ

Для уменьшения энергопотребления и реализации полностью энергонезависимых измерительных систем большие перспективы имеет магнитоиндукционный тип датчика (например, ПБМ – педаль бесконтактная магнитная), которая формирует выходной информационный сигнал благодаря явлению электромагнитной индукции, описываемому выражением:

$$\varepsilon = -\omega \frac{d\Phi}{dt}, \quad (1)$$

где ε – индуктируемая в катушке электродвижущая сила (ЭДС), В; ω – число витков катушки; Φ – магнитный поток, пересекающий витки катушки, Вб.

Сигнал в виде биполярного импульса напряжения возникает при прохождении колеса над датчиком (рис. 2). Импульс $u_{и}$ (см. рис. 2, а) поступает на вход микропроцессорного устройства, который на основе цифровых технологий точно вычисляет момент прохождения колеса над датчиком. При этом, для работы системы идентификации важен только момент перехода сигнала через ноль (т. е. временной параметр), а амплитуда импульсов представляет энергетическую составляющую, которая может быть использована после преобразования в однополярный сигнал и последующей низкочастотной фильтрации для питания микропроцессора $u_{п}$ (см. рис. 2, б).

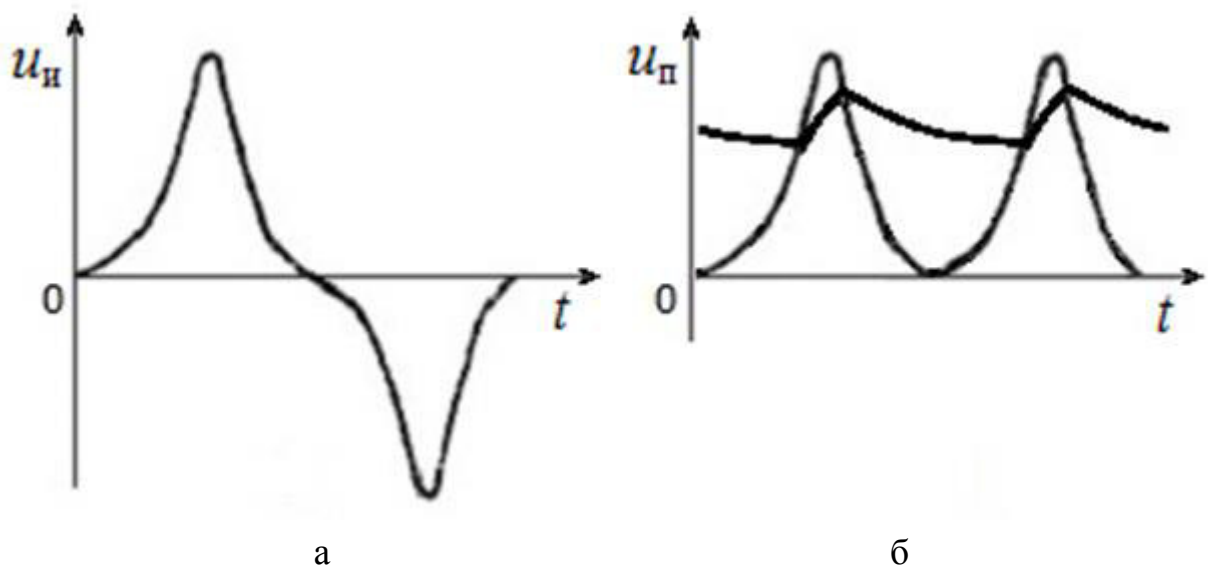


Рис. 2. Вид импульса напряжения при прохождении колеса над датчиком

Принцип работы датчика магнитоиндукционного типа основан на наведении электродвижущей силы (ϵ) индукции в катушке за счет изменения величины воздушного зазора, влияющего на изменение магнитного потока (Φ) при проходе колеса над датчиком. Длительность выходных сигналов датчика и их амплитуда определяются скоростью изменения магнитного потока, которая, в свою очередь, зависит от скорости движения поезда.

Схема подключения магнитоиндукционного датчика прохода колес типа ПБМ-56 на основе поляризованного реле изображена на рис. 3. Основной недостаток такой устаревшей схемы включения – низкая точность определения момента прохождения осей над датчиком, т. к. наличие гистерезиса и инерционности механических деталей поляризованного реле приводят к дополнительной задержке формирования выходного сигнала.

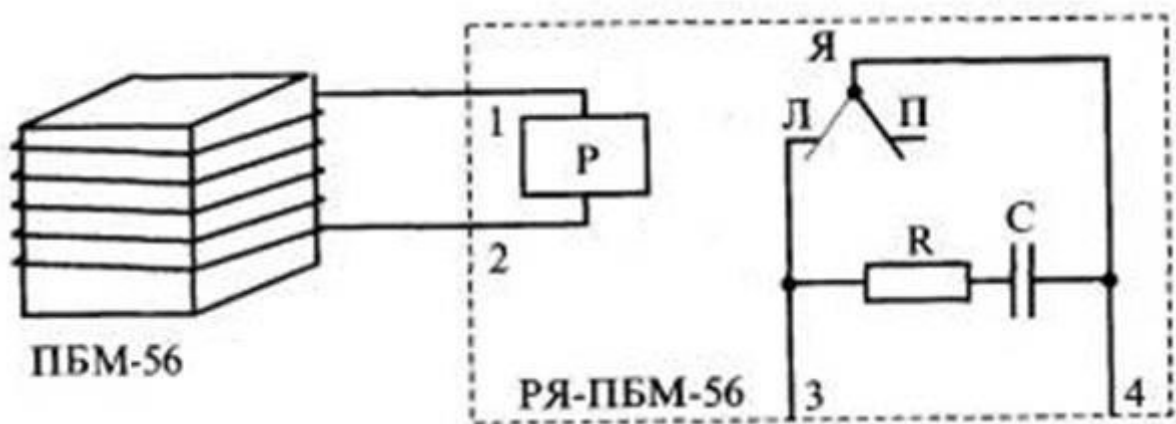


Рис. 3. Схема подключения датчика ПБМ-56 на основе поляризованного реле

Схема подключения микропроцессорного контроллера, реализующего цифровую обработку сигналов на выходе датчиков, приведена на рис. 4.

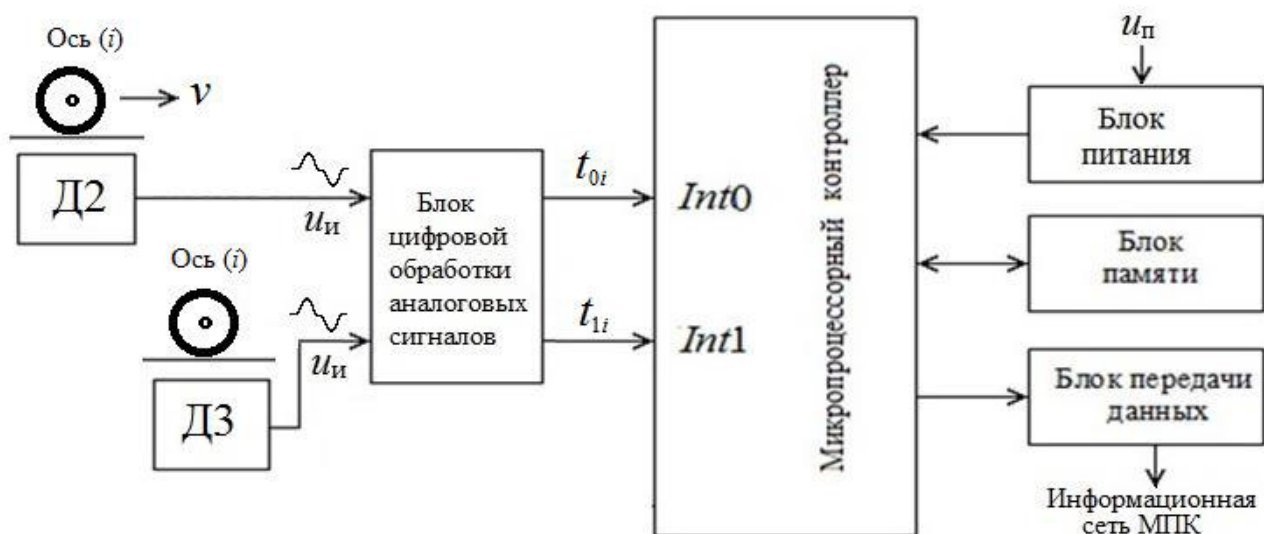


Рис. 4. Схема подключения микропроцессорного контроллера

Благодаря применению микропроцессоров и цифровой обработки аналоговых сигналов на выходах датчиков имеется возможность существенно повысить точность измерения моментов прохождения осей над датчиками. Система надежно работает при скоростях следования осей от 5 до 60 км/ч.

Для исследования и регистрации сигнала на выходе ПБМ в графическом и численном виде использован осциллограф компании RIGOL [5]. Схема подключения цифрового осциллографа к магнитоиндукционному датчику представлена на рис. 5. На передней панели осциллографа располагается экран, по периметру которого находятся функциональные клавиши, разъемы, порты.

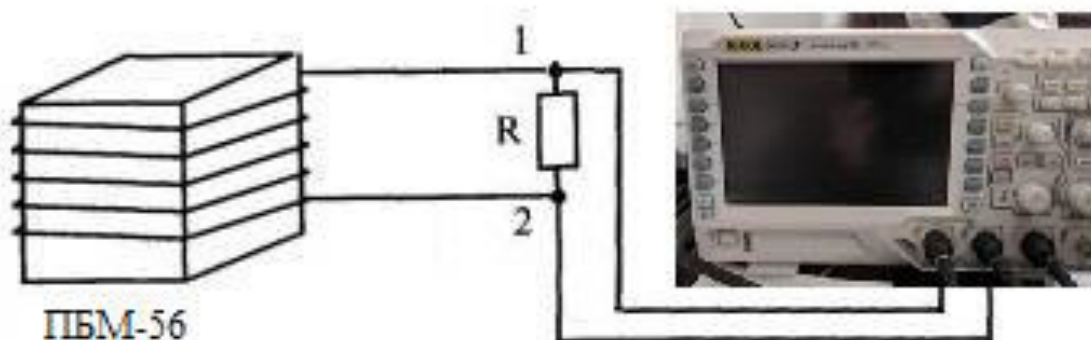


Рис. 5. Схема подключения цифрового осциллографа к катушке ПБМ

Все элементы управления осциллографом делятся на группы, среди которых в первую очередь, выделяют клавиши электропитания, управления меню и

функциональных настроек, разъем USB HOST, порт входа аналогового канала. В ходе работы с осциллографом использованы функции записи сигнала в файлы с форматами «.txt» и «.csv», кроме того, имеется возможность сохранения копии экрана в формате «.tiff». Примерный вид списка файлов указанных форматов, которые создает цифровой осциллограф, представлен на рис. 6.





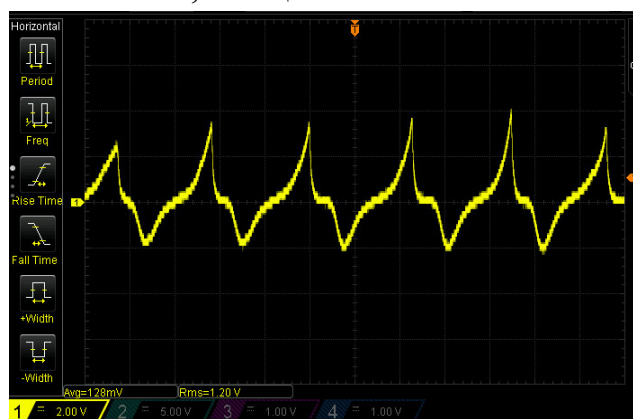
	NewFile1	11.01.2019 12:00	Файл Microsoft Excel, содержащий значения, разделенные запятыми	29 КБ
	NewFile1	11.01.2019 12:00	Файл "TIFF"	43 КБ
	NewFile1_csv	11.01.2019 12:00	Текстовый документ	3 КБ
	NewFile1_tiff	11.01.2019 12:00	Текстовый документ	3 КБ

Рис. 6. Пример списка файлов результата регистрации измерений

После регистрации массива измеренных данных можно просмотреть их содержимое в цифровом или графическом форматах перед последующей обработкой данных. Файл в формате «.csv» содержит несколько тысяч значений дискретных отсчетов, полученных в ходе выполнения эксперимента. Такое большое число точек является вполне достаточным для адекватного исследования процесса и последующего анализа полученных результатов. Вид и содержимое полученных в результате регистрации измеренных данных представлен на рис. 7. Вычисление мощности сигнала на выходе ПБМ, производится по классической формуле

$$p = \frac{u_{\text{п}}^2}{R}. \quad (2)$$

Таким образом, при среднем напряжении $u_{\text{п}} = 2 \text{ В}$ на резисторе нагрузки $R = 500 \text{ Ом}$, мощность сигнала составляет примерно 8 мВт.



а

X,CH1,Start,Increment,
Sequence,Volt,-9.140000e-01,2.000000e-03
0,1.20e+00,
1,1.28e+00,
2,1.20e+00,
3,1.28e+00,
4,1.20e+00,
5,1.24e+00,
6,1.20e+00,
7,1.24e+00,

б

Рис. 7. Пример содержимого файла с результатами регистрации измерений:
а – вид файла в формате «.tiff»; б – фрагмент файла «.csv» в приложении MS Excel

Для обработки и анализа результата регистрации исследуемого процесса

его следует перенести в среду Matlab, с помощью которой были получены графики изменения напряжения сигнала на выходе ПБМ (см. рис. 8, а) и мгновенной мощности этого сигнала (см. рис. 8, б).

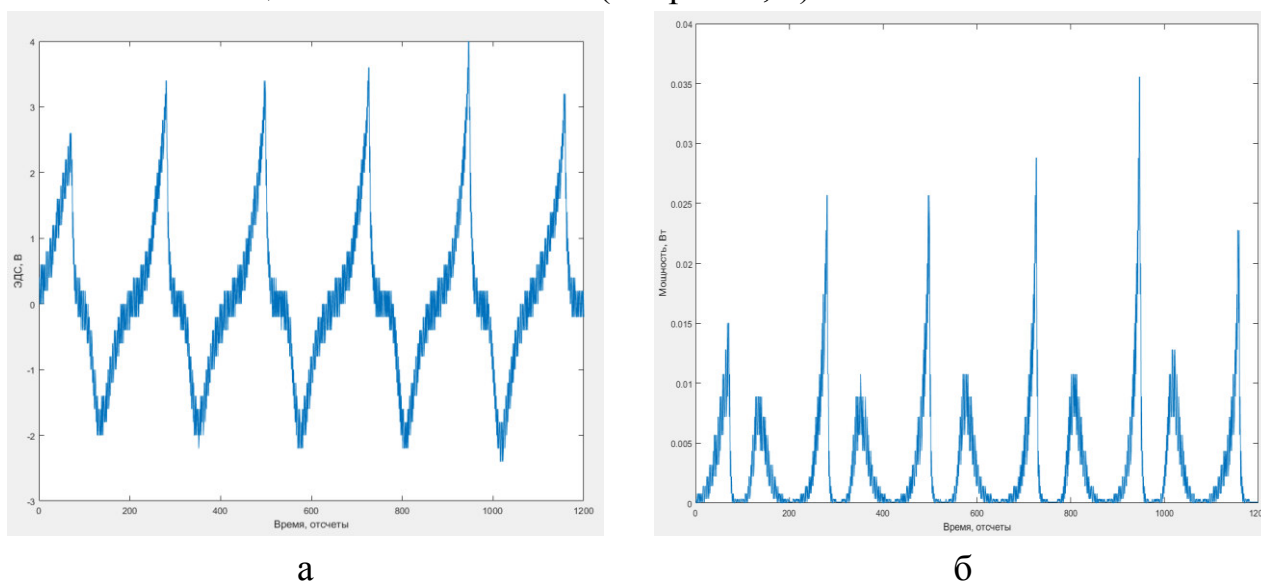


Рис. 8. Пример результата обработки данных эксперимента в среде Matlab:
а – напряжение на выходе ПБМ; б – мгновенная мощность сигнала

По результатам проведенного исследования можно сделать выводы:

1. Среднее значение энергии сигнала ПБМ, при прохождении над ним оси колесной пары, составляет не менее 5 мВт/ось, что позволяет осуществлять питание микропроцессора от этого сигнала.

2. Применение микропроцессорного контроллера, реализующего цифровую обработку сигналов на выходе датчиков, позволяет существенно повысить точность измерения межосевых расстояний колесных пар движущихся вагонов.

Список литературы

1. Автоматизированная диагностическая система контроля параметров колесных пар вагонов «КОМПЛЕКС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sibai.ru/avtomatizirovannaya-diagnosticheskaya-sistema-kontrolya-parametrov-kolesnyix-par-vagonov-kompleks.html>.

2. Петров, В. В. Интегральная оценка для диагностирования отклонений кинематических параметров вагонной тележки и колесных пар движущегося состава [Текст] / В. В. Петров, К. С. Петров, С. А. Ступаков // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного

подвижного состава: Материалы IV всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2017. – С. 113 – 123.

3. Автоматизированная система сопровождения транзитных поездов. Автоматика, связь, информатика [Текст] / В. А. Кандаев, В. В. Петров и др. – 1999. – №7. – С. 11 – 13.

4. Микропроцессорный комплекс технических средств многофункциональный [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nkass.ru/ktsm-kompleks-tehnicheskikh-sredstv-mnogofunktsionalnyi.html>.

5. Руководство пользователя. Цифровой осциллограф RIGOL серии DS1000Z [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://micromir-nn.ru/Oscil/Rigol/rigol_mso_ds1000z_userguide_rus.pdf.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Петров Владимир Владимирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Автоматика и системы управления» ОмГУПС.

Тел.: +7 (3812) 31-05-89.

E-mail: PetrovVV@omgups.ru

Окишев Андрей Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и системы управления» ОмГУПС.

Тел.: +7 (3812) 31-05-89.

E-mail: OkishevAS@omgups.ru

Петров Константин Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Студент ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-04-09.

E-mail: tef@omgups.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Petrov Vladimir Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Candidate of Technical Sciences, Chief scientific worker, Associate Professor of the department «Automation and control systems» OSTU.

Phone: +7 (3812) 31-05-89.

E-mail: PetrovVV@omgups.ru

Okishev Andrey Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Automation and control systems» OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: OkishevAS@omgups.ru

Petrov Konstantin Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

The student OSTU.

Phone: (3812) 31-04-09.

E-mail: tef@omgups.ru

Д. Ю. Белан, О. П. Супчинский, Д. А. Бейсембаев

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы применения модельного состава при обработке тонкостенных деталей на станке с числовым программным управлением, анализ технологического процесса изготовления вспомогательного диска газотурбинного двигателя, анализ физико-механических показателей и свойств модельных композиций при изготовлении литых деталей, анализ деформаций, возникающих на поверхности лопаток с применением модельного состава.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, физико-механические показатели, модельный состав, фрезерование, анализ деформаций.

Dmitry Y. Belan, Oleg P. Supchinsky, Damir A. Beisembaev

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF PARTS FROM HEAT-RESISTANT ALLOYS USING MODEL COMPOSITIONS

Abstract. This article discusses the application of the model composition in the processing of thin-walled parts on a numerically controlled machine, the analysis of the manufacturing process of the auxiliary disk of a gas turbine engine, the analysis of the physical and mechanical properties and properties of model compositions in the manufacture of cast parts, the analysis of deformations occurring on the surface of blades with the use of model composition.

Keywords: gas turbine engine, physical and mechanical indicators, model composition, milling, strain analysis.

Газотурбинные двигатели (ГТД) широко применяются в качестве силовых установок для авиационной техники. Следуя современным тенденциям, в авиационной промышленности при разработке новых двигателей особое внимание уделяется увеличению характеристик удельной тяги, повышению коэффициента полезного действия и ресурса. Среди способов повышения энергоэффективности двигателя можно выделить два направления – увеличение температуры рабочего газа и снижение массы подвижных частей двигателя. Наиболее нагруженным местом колеса турбины является соединение

диска с лопатками, которое работает при наиболее неблагоприятных условиях. ФГУП «ВИАМ» совместно с АО «ОДК-Климов» проведен комплекс работ по изготовлению и опробованию ротора газотурбинного двигателя (ГТД) конструкции типа «Блиск», изготовленного методом диффузионной пайки из сплавов ЭП975 и ВКНА-25, применительно к вертолетному двигателю.

Специалистами АО «ОДК-Климов» проведен расчет прочности замкового соединения с целью определения возникающих в нем напряжений и последующей оптимизации. В качестве вариантов конструктивного исполнения конструкции типа «Блиск» рассматривались варианты, представленные на рис. 1.

Прочностной анализ показал, что наилучшие результаты применительно к выбранному сочетанию материалов демонстрирует замковая часть типа «елочный профиль», однако для упрощения технологических операций по изготовлению изделия принято решение об оптимизации технологического процесса изготовления. Дополнительно проведена оценка массы изделия (кг) до и после оптимизации приведена в таблице 1.

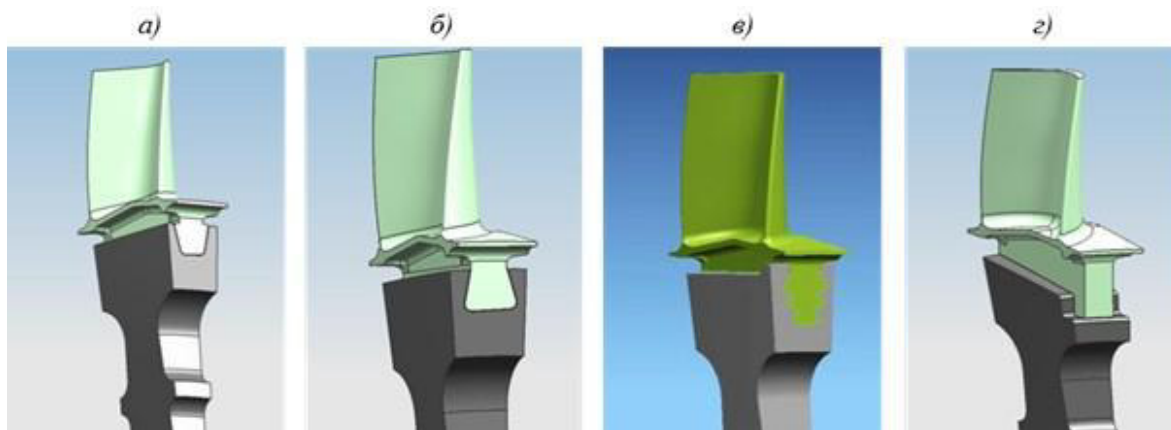


Рис. 1. Варианты конструкции типа «Блиск»:

- а) с пазом «равнобедренная трапеция»; б) с пазом «ласточкин хвост»;
в) с пазом «елочный профиль»; г) без паза

Таблица 1

Анализ массы детали

Способ улучшения	До	После
Лопатка	0,7227	0,6044
Припой	0,0178	0,0111
Диск	4,3738	4,1503
«Блиск»	5,1143	4,7658

Наиболее максимальный суммарный выигрыш в массе составил 0,3485 кг.

Специально разработанный состав припоя и отработанная технология пайки обеспечили уровень длительной (100-часовой) прочности паяных соединений при температуре 850 °С на уровне 0,8 – 0,85 от прочности сплава ЭП975 [1].

В рамках совместной работы изготовлен опытный образец-демонстратор (рис. 2) – ротор ГТД, в котором применено неразъемное соединение, выполненное методом диффузионной пайки, что позволило:

- снизить массу обода рабочего колеса на 7%;
- снизить напряжения в ступице диска на 14%;
- исключить крепежные фиксирующие элементы лопаток.

Испытания на динамическом стенде ротора ГТД по программе серийных сдаточных испытаний показали его работоспособность при частотах вращения ротора на уровне 105% от эксплуатационных значений.

По результатам проведенных исследований установлена возможность изготовления ротора ГТД конструкции типа «Блиск» из разноименных никелевых жаропрочных титановых сплавов в качестве материала диска и лопаток. Проведенные на динамическом стенде испытания ротора ГТД по программе серийных сдаточных испытаний показали работоспособность новой конструкции рабочего колеса турбины вертолетного двигателя. Следует отметить, что даже небольшая оптимизация конструкции замкового соединения диска с лопатками позволила снизить массу обода рабочего колеса на 7%, напряжения в ступице диска – на 14%, исключить крепежные фиксирующие элементы лопаток. Оптимизация конструкции рабочего колеса в целом при использовании паяных соединений диска с лопатками позволит снизить массу рабочего колеса турбины вплоть до теоретически возможных 30%.

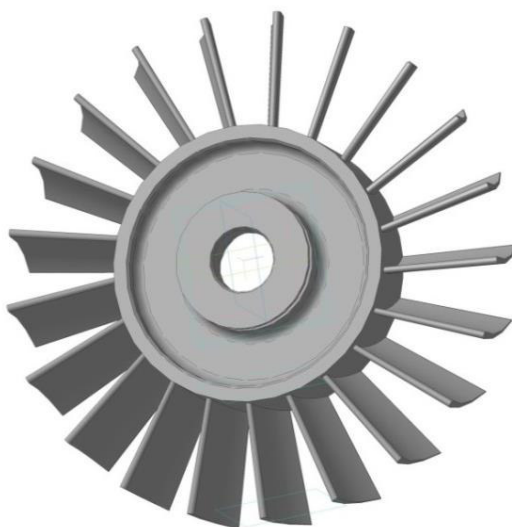


Рис. 2. Опытный образец-демонстратор конструкции типа «Блиск»

Предлагается усовершенствовать базовый ТП изготовления лопаток, а именно добавить в ТП изготовления лопаток ГТД дополнительную операцию – заполнение модельным составом области вокруг детали, подвергаемой обработке.

Совершенствование ТП изготовления диска ГТД за счет, добавление модельного состава при выполнении механических и отделочных операций. Схема фрезерования лопаток представлена на рис. 4.

Технология литья по выплавляемым моделям, как способ получения литых деталей, занимает особое место благодаря точности воспроизведения геометрических размеров детали, так как отливка полностью повторяет геометрическую форму. В настоящее время значительно усложнилась конфигурация отливок, увеличились их габариты, при этом повысились требования к размерной точности и качеству поверхности отливки, поэтому технология литья, как процесса, продолжает развиваться и совершенствоваться. Получение литых деталей с высокой геометрической точностью методом литья по выплавляемым моделям возможно благодаря высокотехнологичным модельным композициям (МК), позволяющим воспроизвести детали самой высокой сложности и больших габаритов. Особенно это важно при литье деталей рабочих сопловых лопаток ГТД из современных жаропрочных сплавов. С разработкой и производством подобных жаропрочных материалов непосредственно связано развитие отечественного авиационного двигателестроения [2].

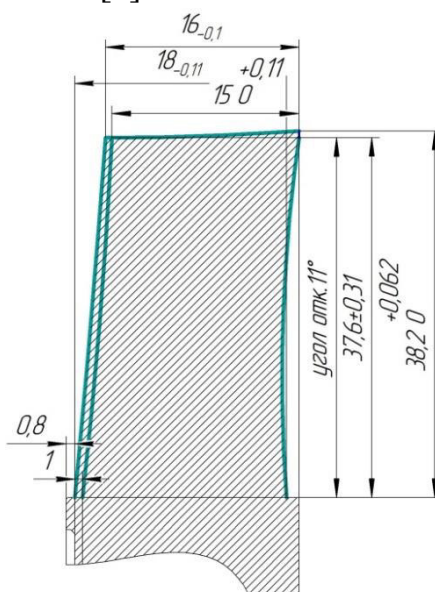


Рис. 4. Поверхность фрезерования лопаток

С 1999 г. возобновилась разработка отечественных МК. Однако теперь стали применяться не природные компоненты, как в МК марок ВИАМ-102, ЗГВ-101, МВС-3А, а синтетические материалы отечественного производства. Так, были разработаны МК марок Салют-1, Салют-3, Салют-4, Салют-7.

Возросшие требования к качеству изготавливаемых деталей заставляют продолжить поиск новых материалов и разработку МК нового поколения с улучшенными технологическими и физико-механическими характеристиками, способных заменить такие импортные модельные составы, как А7-FR/70 фирмы Blayson, КС3898NRR фирмы Paramelt, Remet GTW фирмы Remet, которые используются в серийном производстве ряда машиностроительных предприятий. Работа выполнена в рамках реализации комплексной научной проблемы «Технологии изготовления лопаток ГТД с высокоэффективным охлаждением, включая керамические формы и стержни для лопаток из новых перспективных сплавов» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года»).

Все перечисленные достоинства нового поколения МК целиком и полностью зависят от параметров технологического процесса их изготовления.

Технологический процесс изготовления МК включает четыре основные стадии:

- 1 – входной контроль исходных материалов;
- 2 – подготовка пластификатора на основе парафина с различным содержанием сополимера этилена с винилацетатом;
- 3 – изготовление МК, т. е. смешивание пластификатора с остальными компонентами в требуемом соотношении;
- 4 – входной контроль изготовленной МК.

Такой порядок приготовления МК основан на том, что при расплавлении сополимер этилена с винилацетатом образует непрерывный ряд твердых растворов с парафином, которые затем смешиваются с синтетической смолой и остальными компонентами. Таким образом, достигается высокая однородность структуры МК. Разработан также целый ряд технологических приемов, позволяющих гарантировать высокую стабильность их физико-механических и технологических характеристик:

- относительно невысокую температуру плавления (75 – 97 °С);
- хорошую текучесть;
- минимальную усадку (<0,7%);
- инертность к материалам керамической формы;
- достаточно высокую прочность при статическом изгибе (не менее 7,5 МПа) и теплоустойчивость (не менее 40 °С);
- минимальную зольность;
- трещиноустойчивость;
- высокую теплопроводность и узкий интервал затвердевания;
- безопасность для людей и окружающей среды.

Многолетние исследования и применение в серийном производстве различных марок МК показали, что все физико-механические и

технологические свойства МК – это совокупность тесно связанных между собой параметров, обеспечивающих необходимый уровень качества МК. При этом каждый измеряемый параметр – это носитель определенной информации о модельном составе. Традиционно в технических условиях на МК как импортного, так и отечественного производства указывают такие физико-механические характеристики, как:

- предел прочности при статическом изгибе при 20 °С;
- температура каплепадения или температура размягчения;
- теплоустойчивость;
- массовая доля золы.

Данные показатели, безусловно, достаточно информативные: показатель предела прочности МК характеризует способность образца определенного размера сопротивляться прилагаемой нагрузке. Это значит, что модельные составы, обладающие пределом прочности <3 МПа, слишком хрупкие, модели из такой МК сломаются, не выдержав дальнейших операций по зачистке и сборке модельных блоков. С другой стороны, предел прочности >10 МПа свидетельствует о том, что МК, скорее всего, содержит в своем составе вязкие тугоплавкие материалы, которые и обеспечили ей столь высокую прочность, но при этом и температура каплепадения будет тоже значительно выше оптимального значения. Таким образом, значение предела прочности МК в интервале от 7,0 до 9,5 МПа считается достаточным.

Следующий физико-механический показатель – температура каплепадения. Это показатель температуры, при которой происходит падение первой капли расплавленной МК, данный показатель можно также назвать температурой плавления. Методика определения температуры каплепадения выполняется в соответствии с ГОСТ 6793. Иностранные производители модельных составов в паспортах качества на свою продукцию указывают не температуру каплепадения, а температуру размягчения МК. Определение температуры размягчения производят по кольцу и шару в соответствии с ГОСТ 32054. За температуру размягчения принимают то значение температуры, при которой стальной шарик перемещается вниз на 25 мм сквозь слой размягченной МК. В числовом выражении значение температуры каплепадения приблизительно на 10 – 15 °С выше температуры размягчения. Оба показателя указывают на температуру, при которой происходит плавление МК, а это необходимо учитывать при расплавлении модельного состава перед подачей в пресс.

Теплоустойчивость – следующий физико-механический показатель, измеряемый в градусах Цельсия и указывающий на температуру, при которой образец МК определенного размера не прогибается под собственной массой ниже 2 мм и не меняет форму. Методика определения теплоустойчивости МК разработана в ОАО «НИИТавтопром». Теплоустойчивость можно отнести к

одному из важнейших показателей качества МК с учетом того, что далеко не на всех машиностроительных предприятиях возможно разместить климатическое оборудование в литейных цехах. Соответственно, чем выше показатель теплоустойчивости, тем меньше вероятность самостоятельного изменения геометрических размеров при температуре до 48 °С.

Есть также такие характеристики МК, которые, как правило, не указываются в технических условиях, но имеют немаловажное значение для оценки качества МК. Эти характеристики носят справочный характер. К таким свойствам модельных составов можно отнести линейную усадку и пенетрацию. Усадка модельного состава выражается в процентах. Образец для определения усадки МК изготавливают прессованием в пресс-форме, после запрессовки образец извлекают из пресс-формы и охлаждают на воздухе при температуре 18 – 20 °С в течение 2 – 3 ч на ровной поверхности, после чего образец измеряют штангенциркулем. Величину линейной усадки рассчитывают по формуле

$$U_{\text{лин}} = (l_{\text{п/ф}} - l_{\text{обр}}/l_{\text{п/ф}})100\%, \quad (1)$$

где $U_{\text{лин}}$ – свободная линейная усадка, %;

$l_{\text{п/ф}}$ – длина рабочей полости пресс-формы, мм;

$l_{\text{обр}}$ – длина образца, мм.

В таблице 2 приведены физико-механические свойства различных марок МК.

Таблица 2

Физико-механические свойства композиций различных марок

Модельная композиция	Температура каплепадения, °С	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	Массовая доля золы, %	Теплоустойчивость, °С	Свободная линейная усадка, %
ВИАМ-102	77–85	4,8	0,15	40	0,8
МВС-3А	75–80	5,0	0,03	20	1,0
Р-3	77–80	3,5	0,03	34	1,0
ЗГВ-101	85–95	5,5	0,1	38	1,0
Салют-3	80–90	7,0	0,02	40	0,65
Салют-7	80–90	7,5	0,02	44	0,6
Remet GTW (фирма Remet)	89	5,9	0,05	40	0,65
A7-FR/70 (фирма Blayson)	77	4,5	0,03	48	0,64
ВИАМ МК-1	80–90	7,0	0,02	42	0,68
ВИАМ МК-2	85–95	8,0	0,02	48	0,65
КС2683 (фирма Paramelt)	82	9,7	0,01	46	0,57

Помимо физико-механических параметров, МК обладают рядом технологических свойств, оказывающих решающее влияние на качество изготовленной модели. К таким показателям можно отнести показатель текучести расплава (ПТР), вязкость и трещиностойчивость.

При отработке технологических параметров прессования моделей ориентируются на ПТР модельного состава или на вязкость МК – величину, обратную показателю текучести.

Исследование текучести МК проводили согласно ГОСТ 11645, который устанавливает метод определения ПТР термопластов.

Исследование вязкости проводили методом хроматографии на реометре AR2000ex в соответствии с ASTM D 4473-03.

На рис. 5 представлены температурные зависимости ПТР и вязкости различных марок МК (КС2683 – 1, А7-FR/70 – 2, КС3898NRR – 3, ВИАМ МК-2 – 4 и Салют-7 – 5).

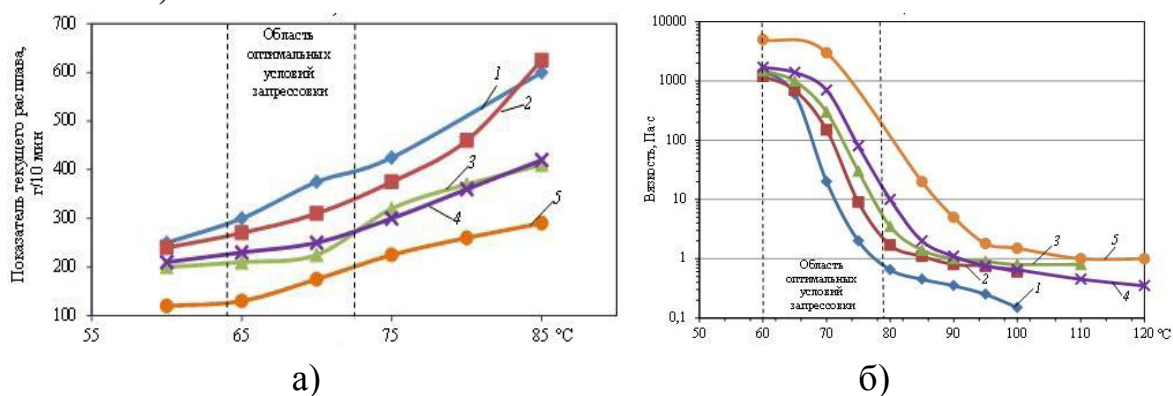


Рис. 5. Температурные зависимости показателя текучести расплава:
 а) вязкости; б) модельных композиций марок

С учетом того, что текучесть или вязкость МК являются одними из наиболее эффективных технологических параметров, характеризующих качество изготовления моделей, в том числе тонкостенных, а также качество удаления модельного состава из полости керамической формы, приведенные зависимости позволяют определить температурный режим прессования моделей различной номенклатуры, а также полноту удаления модельного состава – чем быстрее плавится МК, а значит, выше текучесть и ниже вязкость, тем лучше заполняется пресс-форма и легче происходит удаление модельного состава из керамической формы.

Трещиностойчивость – это не измеряемая в числовом выражении характеристика модельных составов. Склонность к трещинообразованию МК исследуют на моделях деталей, имеющих сложную конфигурацию, чаще всего это сложные тонкостенные модели.

Таким образом, в результате проведенных исследований сформулированы основополагающие требования к физико-механическим и технологическим характеристикам МК. Показаны возможность, необходимость и эффективность регенерации МК. Получены результаты текучести и вязкости различных марок МК в зависимости от температуры. Полученные результаты показали (рис. 5) идентичные температурные интервалы, которые характеризуют область оптимальных условий запрессовки. Методики определения текучести и вязкости МК подтвердили эффективность и достоверность данных для подбора технологических параметров изготовления моделей различной номенклатуры деталей.

В предлагаемом технологическом процессе изготовления диска ГТД при чистовом фрезеровании использовать модельный состав.

Модельный состав способствует обработке тонкостенных деталей на станке с ЧПУ, не деформируя форму детали. Это позволяет получить наибольшую точность при обработке. Суть метода заключается в том, что вокруг стенок обрабатываемой поверхности, наносится модельный состав, заполняя весь объём. Далее происходит механическая обработка и модельный состав удаляется вместе с металлической стружкой. Модельный состав позволяет тонким стенкам и поверхностям не деформироваться во время обработки.

Модельно-восковой состав предназначен для изготовления деталей высокой точности методом литья по выплавляемым моделям.

Модельно-восковой состав состоит из парафина 67 %, церезина 26 %, полиэтиленовый воска 7 %, не содержит кислот и смол, химически не взаимодействует с модельной оснасткой. Механические примеси отсутствуют. Пространство между лопатками в детали заполняют модельным составом, как показано на рис. 6. Это позволяет снизить нагрузки, передающиеся от инструмента – концевой фрезы, а, следовательно, повысить точность обработки [3].

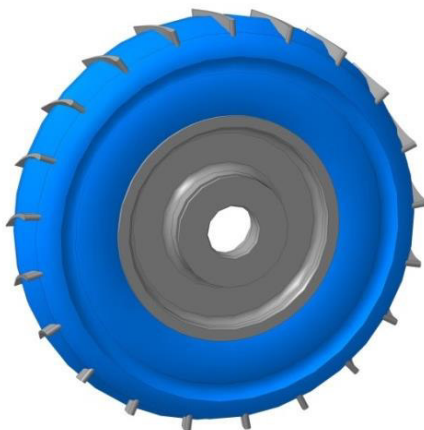


Рис.6. Деталь в модельном составе

Технология нанесения модельного состава.

Предварительно разогреть массу при температуре – 40 °С, время выдержки 2 минуты. Плотнo заполнить межлопаточное пространство воскообразной модельной массой (модельным составом), так, чтобы она выступала относительно входной и выходной кромок, а так же торца лопаток при фрезеровании. Далее переместить деталь в тару и направить на фрезеровку лопаток, по заданной операции на станке с ЧПУ.

Описанная выше технология обработки деталей с применением модельного состава, применяется для тонкостенных деталей, с повышенной точностью изготовления, без дополнительных приспособлений и оснастки.

При операции чистовое фрезерование на станке с ЧПУ будет дополнительно использоваться смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), для предотвращения плавления модельного состава, от нагретого при работе инструмента – фрезы.

Деформация на лопатке, получаемая путем фрезерования, от инструмента, показана на рис. 7.

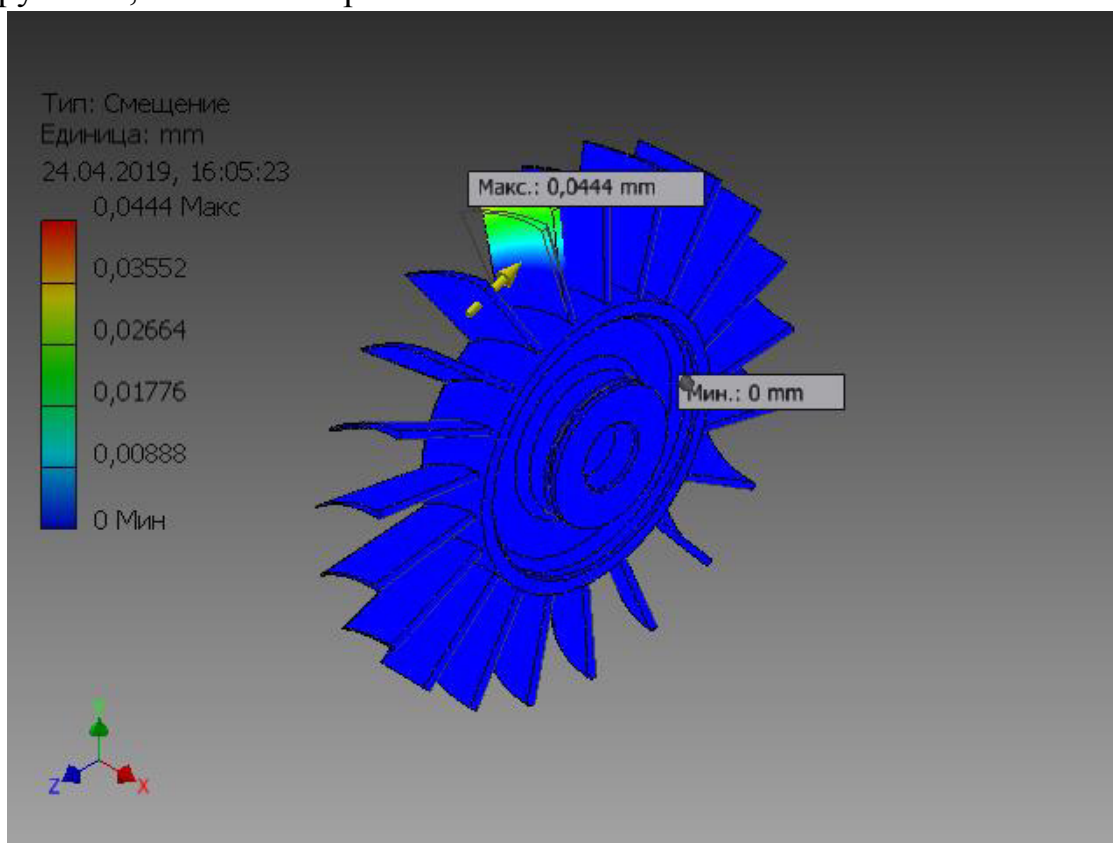


Рис. 7. Деформации, возникающие на поверхности лопаток без применения модельного состава

Применение модельного состава при выполнении чистового фрезерования, показывает полное отсутствие деформации (рис. 8).

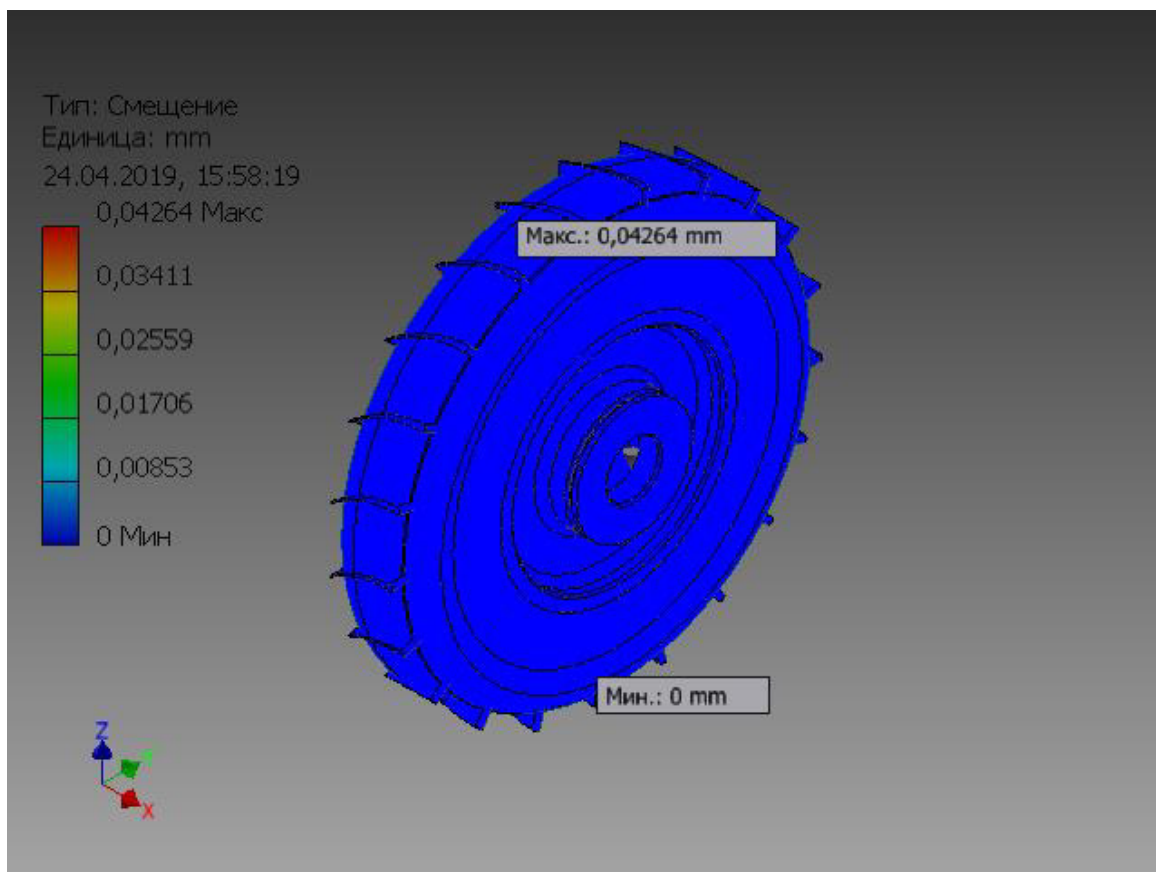


Рис. 8. Отсутствие деформаций, возникающие на поверхности лопаток с применением модельного состава

Таким образом, применение данного модельного состава позволяет снизить нагрузки на тонкостенные детали, повысить ее точность обработки, увеличить производительность труда на механические и отделочные операции, снизить себестоимость продукции за счет сокращения количества операций в ТП изготовления и расширить технологические возможности оборудования.

Список литературы

1. Шлямнев, А. П. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы / А. П. Шлямнев. – М.:Интермет Инжиниринг, 2000. – 246 с.
2. Нечаев, В. М. Авиационные газотурбинные двигатели / В. М. Нечаев, Ф. И. Ткачев, В. К. Францев. – М.: Машиностроение, 1973. – 86 с.
3. Ловыгин, А. А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система / А. А. Ловыгин, А. В. Васильев, С. Ю. Кривцов. – М.: Эльф ИПР, 2006. – 286 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Белан Дмитрий Юрьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии транспортного машиностроения
и ремонта подвижного состава» ОмГУПС.

Тел.: +7 (3812) 31-18-11.

E-mail: nich.omgups@mail.ru

Супчинский Олег Павлович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.

Кандидат технических наук, старший
преподаватель кафедры «Технологии
транспортного машиностроения и ремонта
подвижного состава» ОмГУПС.

Тел.: +7 (3812) 31-18-11.

E-mail: nich.omgups@mail.ru

Бейсембаев Дамир Амангельдыевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Технологии
транспортного машиностроения и ремонта
подвижного состава» ОмГУПС.

Тел.: +7 (3812) 31-18-11.

E-mail: nich.omgups@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Belan Dmitry Yuryevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
Federation.

Candidate of technical sciences, associate
professor of the department "Technologies of
transport engineering and rolling stock
repair" OSTU.

Phone: (3812) 31-18-11.

E-mail: nich.omgups@mail.ru

Supchinsky Oleg Pavlovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
Federation.

Candidate of Technical Sciences, Senior
Lecturer, Department of "Technologies of
transport engineering and rolling stock
repair" OSTU.

Phone: +7 (3812) 31-18-11.

E-mail: nich.omgups@mail.ru

Beisembaev Damir Amangeldyevich

Omsk State Transport University (OSTU)
35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
Federation.

Graduate student of the department
"Technologies of transport engineering and
rolling stock repair" OSTU.

Phone: +7 (3812) 31-18-11.

E-mail: nich.omgups@mail.ru

УДК 621.91.01

Н. Ю. Капалин¹, С. В. Петроченко², М. И. Бисерикан²

¹Филиал ПАО «ОДК – Сатурн» – ОМКБ, г. Омск, Российская Федерация.

²Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы определения факторов, влияющих на достижение оптимальной шероховатости сферических поверхностей деталей

турбореактивных двигателей на примере детали «Опора передняя», определены режимы резания для достижения требуемых значений микрогеометрии сферической поверхности детали с применением симплекс-решетчатых планов второго порядка.

***Ключевые слова:** турбореактивный двигатель, дозвуковые летательные аппараты, шероховатость, обработка сферических поверхностей, механическая обработка, априорное ранжирование, симплекс-решетчатые планы.*

Nikolay Yu. Kapalin¹, Sergey V. Petrochenko², Mikhail I. Biserikan²

¹Branch of PJSC UEC - Saturn - OMKB, Omsk, the Russian Federation.

²Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

DEFINITION OF OPTIMAL CUTTING MODES DURING PROCESSING OF SPHERICAL SURFACES OF DETAILS OF TURBOREACTIVE ENGINES

***Abstract.** This article discusses the issues of determining factors affecting the achievement of optimal roughness of the spherical surfaces of turbojet engine parts using the example of the “Front Support” part, cutting conditions are determined to achieve the required microgeometry values of the spherical surface of the part using simplex-lattice plans of the second order.*

***Keywords:** turbojet engine, subsonic aircraft, roughness, processing of spherical surfaces, machining, a priori ranking, simplex-lattice plans.*

В технике широко применяются детали с неполными сферическими поверхностями, отличающимися габаритами, требованиями к их точности, качеству и надёжности. Для их изготовления используют литье и методы обработки давлением, резанием [1 – 4]. Существует проблема выбора метода, в полной мере удовлетворяющего этим требованиям. Для повышения качества и точности получения сферических поверхностей чаще всего применяют методы резания, например, лезвийные, абразивные, электрохимические и др.

Деталь «Опора передняя» (рис. 1) входит в состав двигателя ТРДД-50 – малогабаритного двухконтурного двигателя (ДТРД) одноразового применения, предназначенного для установки на дозвуковых летательных аппаратах.

Деталь крепится к двигателю двумя отверстиями диаметром 10 мм. А сам двигатель устанавливается в объект с помощью подшипника ШС12ЮТВК-ЕТУ 100/5 (рис. 2).

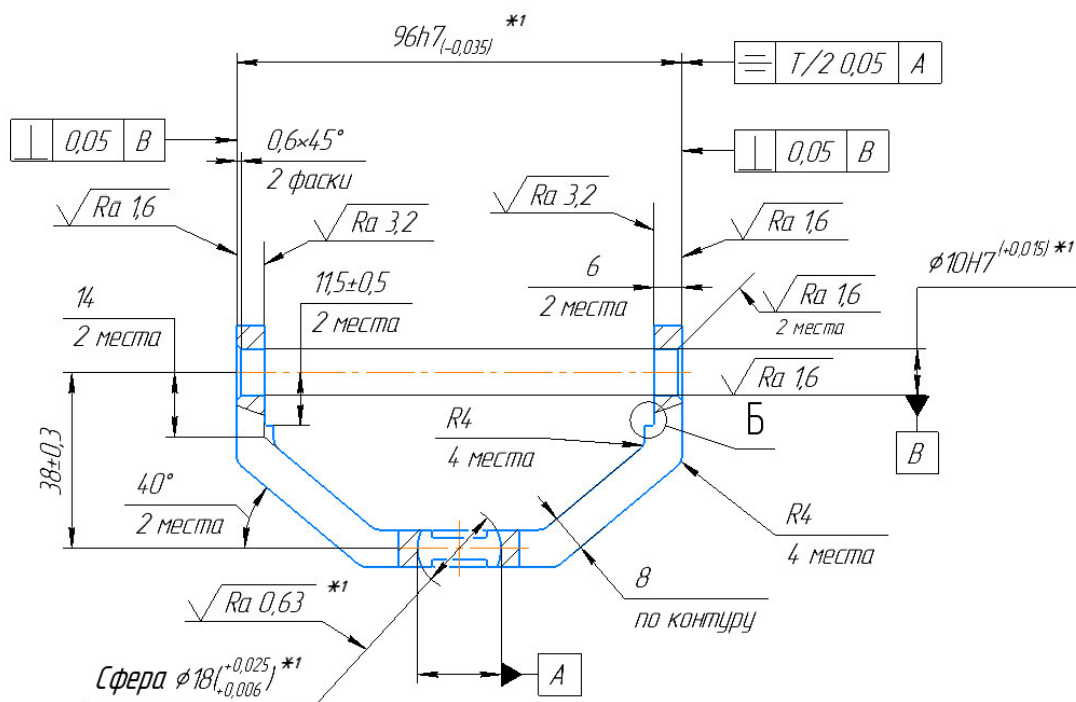


Рис. 1. Деталь «Опора передняя»

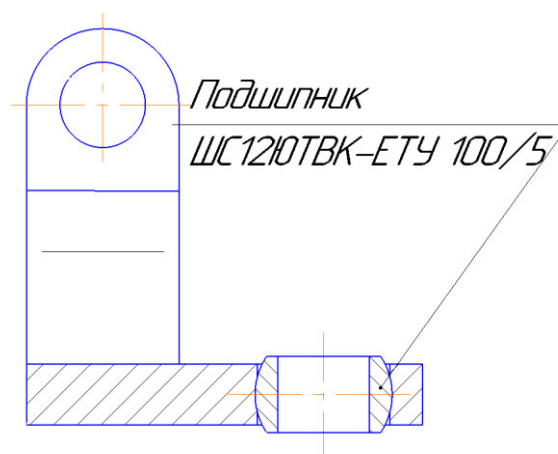


Рис. 2. Эскиз соединения детали с подшипником

Для определения оптимальных режимов обработки сферической поверхности детали «Опора передняя» (см. рис. 1) необходимо определить значимые факторы, влияющие на шероховатость данной поверхности. Для реализации данной задачи осуществлялось с применением априорного ранжирования факторов [5], влияющих на шероховатость сферической поверхности детали.

В результате априорного ранжирования факторов были выделены следующие факторы:

- режим резания: скорость резания $V(x1)$,
- подача инструмента $s(x2)$;
- твердость на поверхности $HB(x3)$;
- геометрия режущего инструмента ($x4$);
- жесткость оборудования ($x5$);
- износ режущей кромки инструмента ($x6$);
- подача СОЖ $x7$;
- материал резца $x9$;
- материал детали $x8$.

Для определения наиболее значимых факторов, после априорного ранжирования факторов была построена диаграмма рангов, приведённая на рис. 3. При рассмотрении диаграммы наиболее значимыми факторами признаны следующие: скорость резания $V(x1)$, подача инструмента $s(x2)$, твердость на поверхности $HB(x3)$.

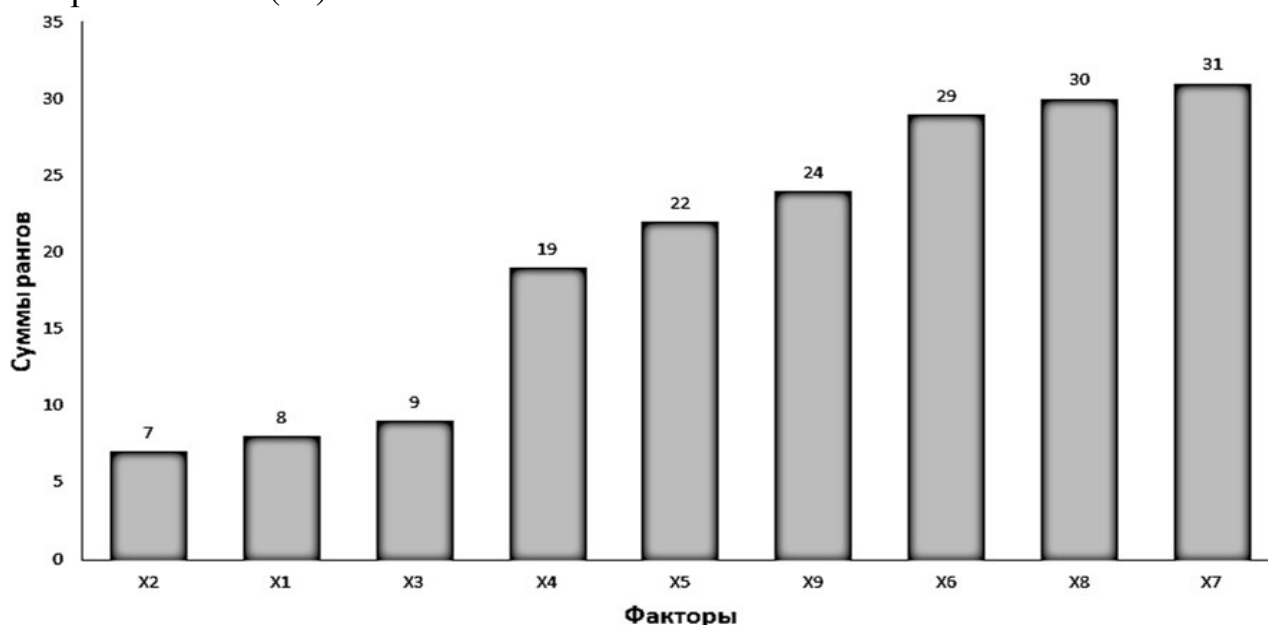


Рис. 3. Диаграмма рангов

С целью описания влияния параметров режимов на шероховатость сферической поверхности, было выполнено математическое моделирование с применением симплекс-решетчатый план 2-го порядка [6].

В качестве параметров оптимизации искомого уравнения регрессии выбраны: скорость резания ($x1$), подача инструмента ($x2$), твердость на поверхности $HB(x3)$.

Симплекс-решетчатый план 3-го порядка представлен в виде таблице 1, полученная матрица планирования отражена в виде таблице 2.

Таблица 1

Симплекс-решетчатый план третьего порядка

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	y
1	1	0	0	y_1
2	0	1	0	y_2
3	0	0	1	y_3
4	1/2	1/2	0	y_{12}
5	1/2	0	1/2	y_{13}
6	0	1/2	1/2	y_{23}

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Скорость резания V , м/мин	Подача режущего инструмента s , мм/об	Твердость детали HB , кгс/мм ²	Шероховатость поверхности Ra , мм
1	84,78	0,005	248	0,4
2	56,52	0,02	248	0,8
3	56,52	0,005	302	0,63
4	70,65	0,0125	248	0,55
5	70,65	0,005	275	0,4
6	56,52	0,0125	275	0,75

Полученное уравнение регрессии, описывающие влияние параметров режимов на шероховатость сферической поверхности представлены в виде:

$$y = 0,4x_1 + 0,8x_2 + 0,63x_3 - 0,2x_1x_2 - 0,46x_1x_3 - 0,14x_2x_3, \quad (1)$$

Для перехода из симплексной системы координат к натуральным значениям факторов использовались выражения:

$$V = 56,52 + (84,78 - 56,52)x_1, \quad (2)$$

$$s = 0,005 + (0,2 - 0,005)x_2, \quad (3)$$

$$HB = 248 + (302 - 248)x_3. \quad (4)$$

При помощи программного комплекса Statistica 6.0 были построены контурные кривые поверхности равного отклика (рис. 4).

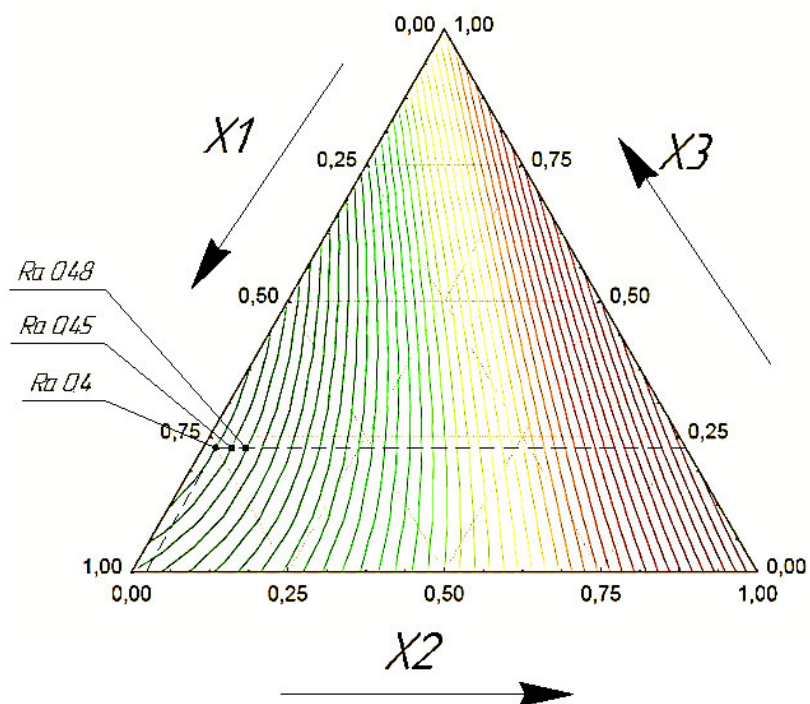


Рис. 4. Контурные кривые поверхности равного отклика

Используя полученные кривые поверхностей равного отклика для требуемых значений шероховатости по формулам (2 – 4) определяем режимы, обеспечивающие максимальную производительность обработки. Для достижения требуемого значения параметра шероховатости $Ra = 0,4$ мкм определены следующие режимы: скорость обработки $V = 70,65$ м/мин; подача $s = 0,005$ мм/об; твердость материала = 275 НВ.

Таким образом, используя представленную математическую модель возможно определение требуемых режимов резания для любых заданных значений шероховатости при изготовлении деталей из материалов с различной исходной твердостью, что позволяет значительно снизить процент несоответствия продукции по качеству поверхностного слоя.

Список литературы

1. Попок, Н. Н. Анализ способов обработки сферических поверхностей деталей / Н. Н. Попок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. – 2006. – № 12. – С. 42 – 45.
2. Хмельницкий, Р. С. Способы механической обработки наружной поверхности сферы / Р. С. Хмельницкий // Тр. молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – Вып. 31. – С. 134 – 137.

3. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении: Учебное пособие / В. Ф. Безъязычный, В. Н. Крылов [и др.]. – СПб.: Лань, 2017. – 432 с.

4. Босинзон, М. А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация / М. А. Босинзон. – М. Академия, 2012. – 192 с.

5. Щекин, А. В. Априорное ранжирование факторов / А. В. Щекин. – Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2004. – 12 с.

6. Зедгинидзе, И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгинидзе. – М.: Наука, 1976. – 390 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Капалин Николай Юрьевич

Филиал ПАО «ОДК – Сатурн» – ОМКБ.
Окружная дорога 3, г. Омск, Российская
Федерация.

Инженер-технолог 2 категории бюро
программного обеспечения станков с ЧПУ
Тел.: +7 (983) 524 02 19
E-mail: Karanick@mail.ru

Петроченко Сергей Валерьевич

Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии транспортного машиностроения
и ремонта подвижного состава» ОмГУПС.

Тел.: +7 (3812) 31-18-11

E-mail: c.o.r.d.8477@gmail.com

Бисерикан Михаил Иванович

Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии транспортного машиностроения
и ремонта подвижного состава» ОмГУПС.

Тел.: +7 (3812) 31-18-11

E-mail: radenxg@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kapalin Nikolay Yur'yevich

Filial PAO «ODK – Saturn» – OMKB.
Okruzhnaya doroga 3, Omsk, the Russian
Federation

Technological engineer, category 2, CNC
machine tool software office.

Tel.: +7 (983) 524 02 19

E-mail: Karanick@mail.ru

Petrochenko Sergey Valerevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
Federation

Candidate of technical sciences, associate
professor of the department "Technologies of
transport engineering and rolling stock
repair", OSTU.

Phone: (3812) 31-18-11

E-mail: c.o.r.d.8477@gmail.com

Biserikan Mikhail Ivanovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
Federation

Candidate of technical sciences, associate
professor of the department "Technologies of
transport engineering and rolling stock
repair", OSTU.

Phone: (3812) 31-18-11

E-mail: radenxg@mail.ru

К. В. Аверков, К. В. Власова

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ AUTODESK INVENTOR В КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Аннотация. Стремительный рост промышленности требует новых, более быстрых решений поставленных задач. Так, системы проектирования значительно упрощают и в то же время совершенствуют процессы конструкторско-технологической подготовки производства.

Ключевые слова: Autodesk Inventor, технология iLogic, правило, звено грузоподъемного механизма, параметр.

Konstantin V. Averkov, Ksenia V. Vlasova

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

USE OF AUTODESK INVENTOR PROGRAMMING MEANS IN DESIGN DOCUMENTATION

Abstract. The rapid growth of industry requires new, faster solutions to the tasks. So, design systems greatly simplify and at the same time improve the processes of design and technological preparation of production.

Keywords: Autodesk Inventor, iLogic technology, rule, link lifting mechanism, parameter.

Autodesk Inventor – система трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий. Inventor обладает широким спектром функциональных возможностей, необходимых для полного цикла проектирования и создания конструкторской документации. Кроме ускоренного и максимально автоматизированного создания двумерных чертежей и трехмерных моделей сложных форм, Inventor содержит библиотеки компонентов, генератор рам, модуль проектирования деталей из листового материала, среду для проектирования сварных конструкций и т.д. Вдобавок, технология iLogic в Autodesk Inventor обеспечивает реализацию проектов, создаваемых, модифицируемых, управляемых и/или конфигурируемых с

помощью программных правил или пользовательского ввода. *iLogic* способен внедрять правила напрямую в документы детали, сборки или чертежа. Эти правила могут управлять изменением параметров или атрибутов документа при возникновении различных событий (программных или вызванных пользователем), которые, в свою очередь, могут управлять любым геометрическим или атрибутивным содержанием документа. Правило – это небольшая программа на *Visual Basic*, которую можно использовать для контроля и изменения других параметров, элементов или компонентов *Inventor*.

В данной статье будет рассмотрено применение *iLogic* на примере звена грузоподъемного механизма типа О (рис. 1).

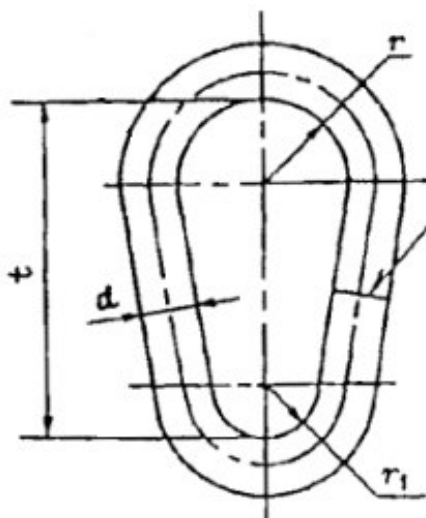


Рис. 1. Звено грузоподъемного механизма типа О

В зависимости от грузоподъемности звена меняются размеры его элементов. Эти характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Размеры звена типа О

Обозначение звена	Грузоподъемность, т	Размеры, мм					Масса, кг
		d	t	r	r1	длина развертки	
О-0,4	0,40	9	50	13	7	152	0,075
О-0,5	0,50	10	55	14	8	167	0,105
О-0,63	0,63	11	60	16	9	185	0,134
О-0,8	0,80	12	70	18	10	211	0,186

Обозначение звена	Грузоподъемность, т	Размеры, мм					Масса, кг
		d	t	r	r1	длина развертки	
О-1,25	1,25	16	90	22	13	272	0,426
О-1,6	1,60	18	100	25	14	302	0,599
О-2,0	2,00	20	110	28	16	334	0,814
О-2,5	2,50	22	120	30	19	367	1,104
О-3,2	3,20	25	130	35	20	405	1,541
О-4,0	4,00	28	150	40	22	463	2,224
О-5,0	5,00	32	170	45	25	524	3,283
О-6,3	6,30	36	190	50	27	586	4,714
О-8,0	8,00	40	210	55	28	646	6,412

После запуска программы *Autodesk Inventor* во вкладке «Управление» откроем «Параметры» и добавим необходимые параметры звена (рис. 2). Цифровые параметры d, t, r, r1 соответствуют грузоподъемности, равной 1т, в то время как текстовый параметр «Грузоподъемность» равен нескольким значениям: 1т, 1,6т и 2т.

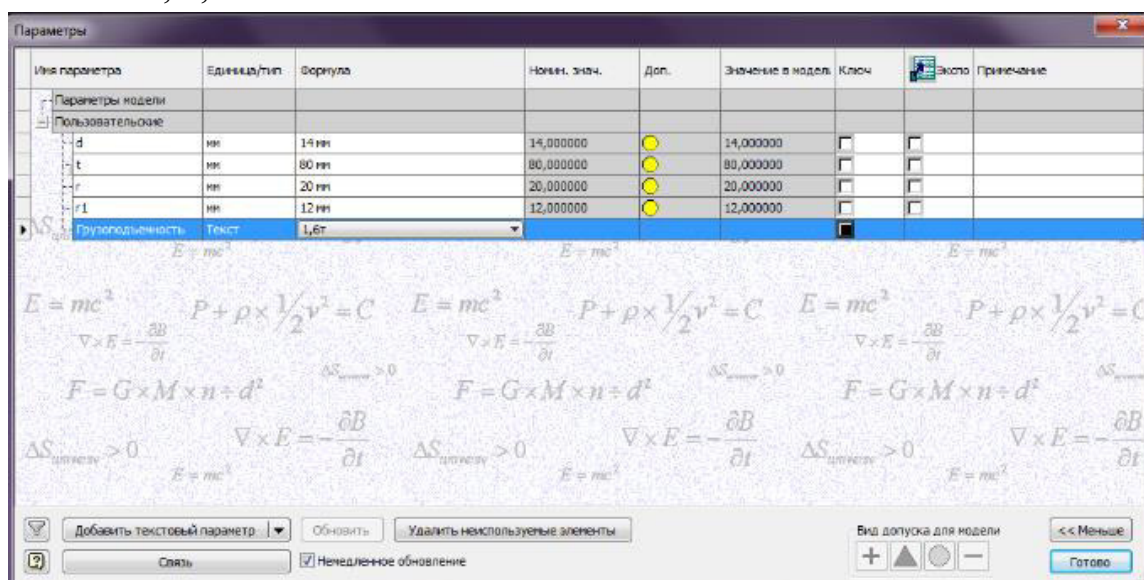


Рис. 2. Параметры звена

Затем, как определены параметры звена, необходимо создать эскиз детали. Для этого во вкладке «3D-модель» выбираем «Создать эскиз». При этом для определения размеров нет необходимости задавать конкретное число,

а можно воспользоваться параметрами, определенными ранее (рис.3).

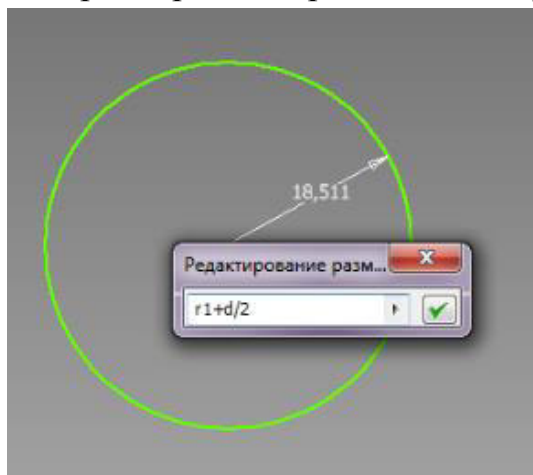
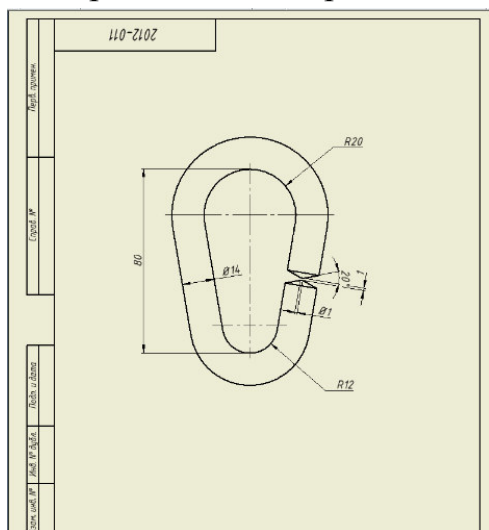
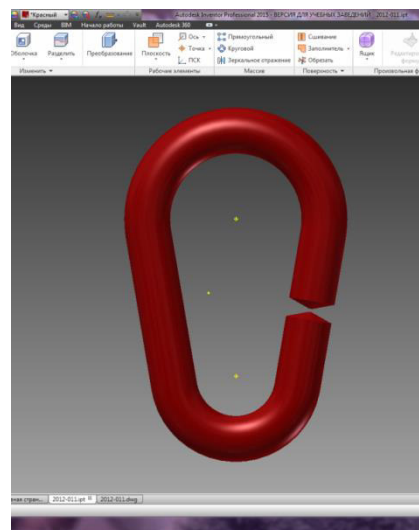


Рис. 3. Назначение размеров звена

После всех построений в соответствии с размерами для грузоподъемности 1т получается эскиз, приведенный на рис. 4.а. *Autodesk Inventor* позволяет автоматически создать чертеж этой детали на основе 3D-модели (рис 4.б). При этом все изменения, происходящие на эскизе, также будут отображаться на чертеже.



а



б

Рис. 4. Эскиз звена грузоподъемного механизма (а), чертеж звена грузоподъемного механизма (б)

Далее создаем правила с помощью *iLogic*. Для этого на вкладке «Управление» выбираем «Добавить правило». В появившемся диалоговом окне назначаем имя правила, после чего начинается ввод непосредственно самого правила (рис. 5).

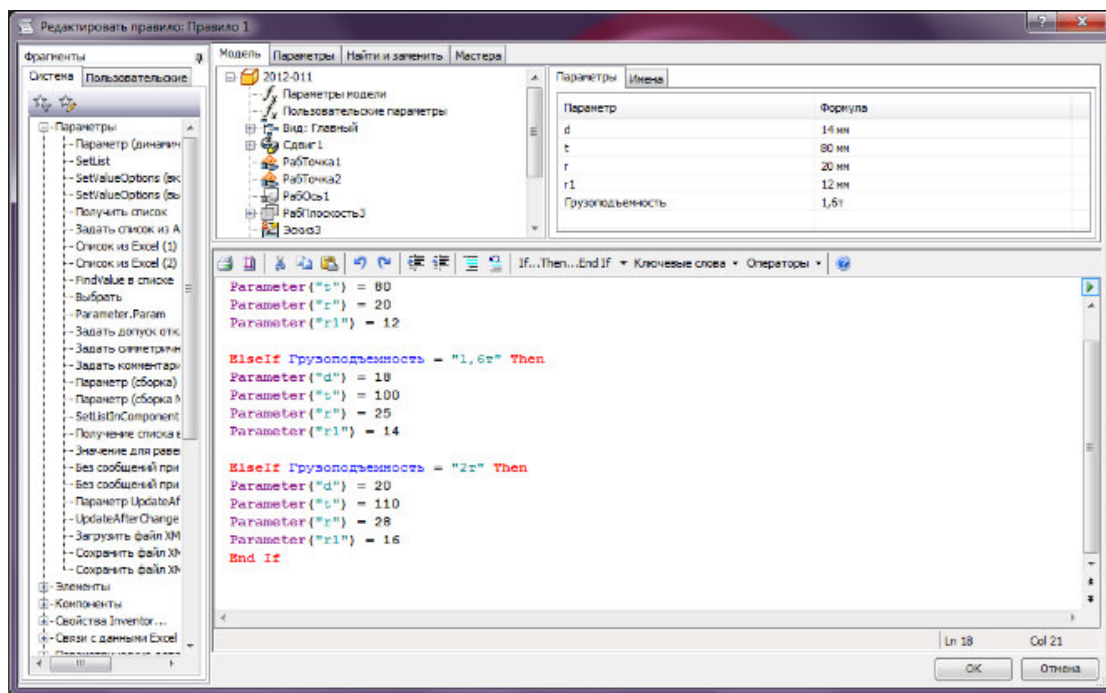


Рис. 5. Код правила

Для кода выбираем оператор «If...Then...End If» и запишем: Если параметр «Грузоподъемность» равен 1т, то параметр d равен 14 мм, параметр t равен 80 мм, параметр r равен 20 мм, параметр r1 равен 12 мм, если параметр «Грузоподъемность» равен 1,6т, то параметр d равен 18 мм, параметр t равен 100 мм, параметр r равен 25 мм, параметр r1 равен 14 мм, если параметр «Грузоподъемность» равен 2т, то параметр d равен 20 мм, параметр t равен 110 мм, параметр r равен 28 мм, параметр r1 равен 16 мм.

Размеры звена взяты из таблицы 1.

Следственно, теперь можно менять размеры звена грузоподъемного механизма в зависимости от его грузоподъемности.

Для того, чтобы более наглядно изменять размеры детали добавим формулу в *iLogic*. Для этого, во вкладке «Управление» необходимо выбрать «Добавление формы». Теперь размеры детали можно менять с помощью диалогового окна, при выборе определенной грузоподъемности (рис. 6).

Так, на примере звена грузоподъемного механизма видно, что, *iLogic* позволяет разрабатывать чертежи деталей серийного и массового типов производства, так как конфигурация таких деталей одинакова, но при этом изменяются типоразмеры. Таким образом, технология *iLogic* в *Autodesk Inventor* позволяет значительно облегчить работу конструктора и технолога. Ее возможности достаточно широки и в статье были рассмотрены лишь немногие ее части.

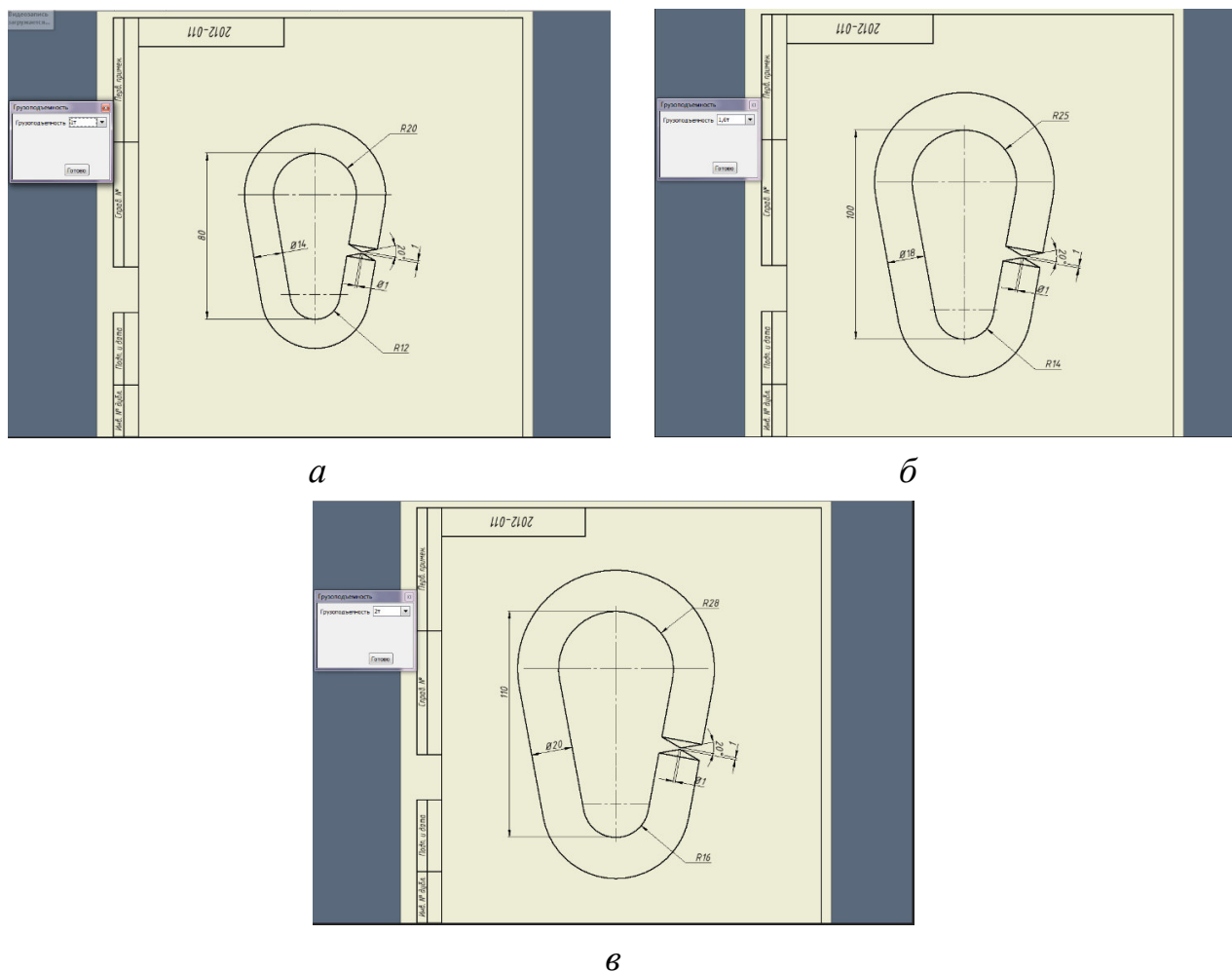


Рис. 6. Чертеж звена при его грузоподъемности, равной 1т (а), 1,6т (б) и 2т (в) соответственно

Список литературы

- ГОСТ 25573-82. Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)/

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аверков Константин Васильевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
 Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
 Российская Федерация.
 Кандидат технических наук, доцент кафедры
 «Технологии транспортного машиностроения
 и ремонта подвижного состава» ОмГУПС.
 Тел.: +7 (3812) 31-18-11
 E-mail: Averok@Yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Averkov Konstantin Vasilievich

Omsk State Transport University (OSTU).
 35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
 Federation
 Candidate of technical sciences, associate
 professor of the department "Technologies of
 transport engineering and rolling stock repair",
 OSTU.
 Phone: +7 (3812) 31-18-11
 E-mail: Averok@Yandex.ru

Власова Ксения Вячеславовна
Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
студентка. гр 16-3 ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-11
E-mail: kseniya.vlasova9901@mail.ru

Vlasova Ksenia Vyacheslavovna
Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
Federation
Student gr 16-Z OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-11
E-mail: kseniya.vlasova9901@mail.ru

УДК 621.791.92

А. В. Смольянинов, Д. А. Бекер

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ПРИМЕНЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ОПОР ПРИ БАЗИРОВАНИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК

Аннотация. В статье рассматривается базирование сложных заготовок при проведении плазменной наплавки. Внимание уделено особенностям базирования комбинированных заготовок с помощью временных опор.

Ключевые слова: базирование, временная опора, плазменная наплавка, клин.

Anton V. Smolyaninov, Denis A. Bekker

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

APPLICATION OF TEMPORARY SUPPORTS FOR BASING OF COMBINED BILLETS

Abstract. The article discusses the basing of complex billets during plasma surfacing. Attention is paid to the features of basing combined billets using temporary supports.

Keywords: basing, temporary support, plasma surfacing, wedge.

При обработке каких-либо заготовок в машиностроении предусматривается обязательное придание заготовке определённого положения относительно системы координат станка. С точки зрения теории базирование заготовки связано с лишением её соответствующего числа степеней свободы. Максимальное число степеней свободы равно шести, но лишать заготовку всех шести степеней свободы не всегда целесообразно. В условиях проведения

сварочно-наплавочных работ базирование заготовок также актуально, но точность базирования гораздо ниже, чем при механической обработке.

Придание заготовке нужного положения в соответствующей системе координат осуществляется путем соприкосновения её поверхностей с деталями (опорами) приспособления. Фиксирование заготовки обеспечивается дополнительными силовыми элементами приспособления или силой трения, которая реализуется благодаря весу заготовки.

В настоящей статье рассматривается процесс плазменной наплавки клиньев (рис. 1). Данные детали применяются в гидравлических задвижках в качестве элемента перекрывающего движение жидкости. Рабочие поверхности клиньев (на рис. 1 обозначены буквой «А») должны обладать повышенной износостойкостью. Для обеспечения соответствующего свойства рабочих поверхностей данные детали подвергают наплавке. Наиболее эффективным способом повышения износостойкости является плазменная наплавка.

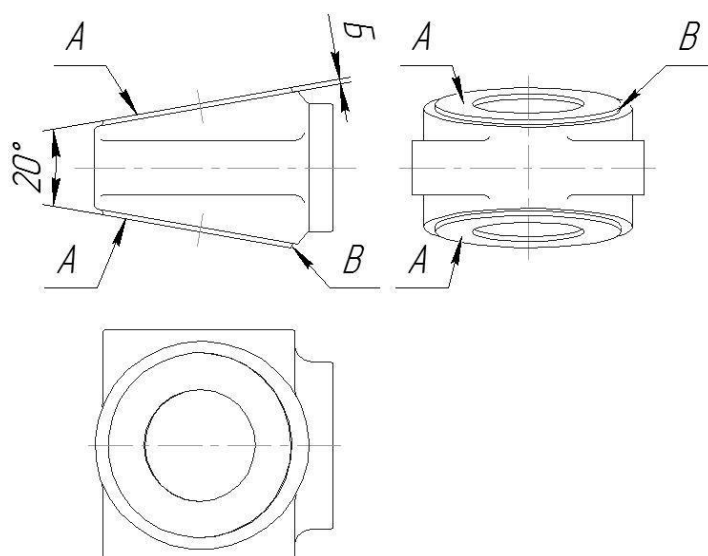


Рис. 1. Клин

Наплавляемая поверхность представляет собой кольцевой плоский торец, имеющий наружный и внутренний диаметры, а также определённый уклон относительно плоскости симметрии всего клина. Сам торец возвышается всего на несколько миллиметров относительно корпуса клина (размер «Б» на рис. 1).

Способ плазменной наплавки плоского торца может быть реализован по схеме, приведённой на рис. 2. Здесь можно выделить два основных движения: вращательное движение заготовки относительно неподвижной вертикальной оси (главное движение) и радиальное перемещение плазмотрона (подача). Такая схема наплавки деталей является самой распространённой в машиностроении из-за простоты её реализации.

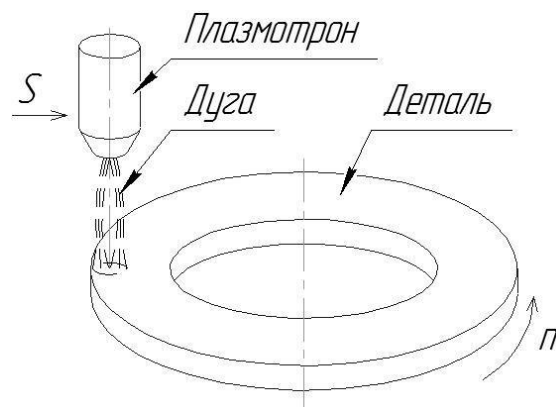


Рис. 2. Схема плазменной наплавки торцевых поверхностей

Рассматриваемая деталь (рис. 1) не имеет чётких базовых поверхностей, которые можно было бы задействовать при базировании на наплавочном приспособлении. Дело усугубляется ещё и тем, что наплавлять необходимо оба торца клина. После наплавки одного торца, заготовку следует перевернуть и наплавить второй торец.

Так как схема наплавки требует ориентирования торца заготовки относительно вертикальной оси, то напрашивается применение призм в качестве элементов приспособления. Однако, призмы наиболее эффективны при базировании длинных валов, отнимая у заготовки четыре степени свободы. Призмы, приставленные к цилиндрической поверхности малой протяжённости (поверхность «В» на рис. 1) способны лишь обеспечить совмещение центра торца и оси вращения, а обеспечить перпендикулярность торца с осью вращения они не могут. Кроме того, необходимо обеспечить токоподвод и надёжное закрепление наплавляемых клиньев.

Авторами статьи предложена схема приспособления, которая представлена на рис. 3. Данное приспособление состоит из двух синхронно-сводимых губок 1, комплекта подводимых призм 2 с опорными элементами 3. Всё приспособление базируется на планшайбе сварочного вращателя таким образом, чтобы ось симметрии приспособления совпадала с осью вращения.

Губки 1 приспособления обеспечивают лишение заготовки двух степеней свободы – перемещение вдоль оси X и вращение вокруг оси Z (точки 4 и 5). Подводимые на время базирования призмы 2 лишают заготовку одной степени свободы – перемещение вдоль оси Y (точка 6). Подводимые опорные элементы 3 приспособления базируют клин по плоскости торца и лишают заготовку трёх степеней свободы – перемещение вдоль оси Z и вращение вокруг осей X и Y (точки 1, 2 и 3).

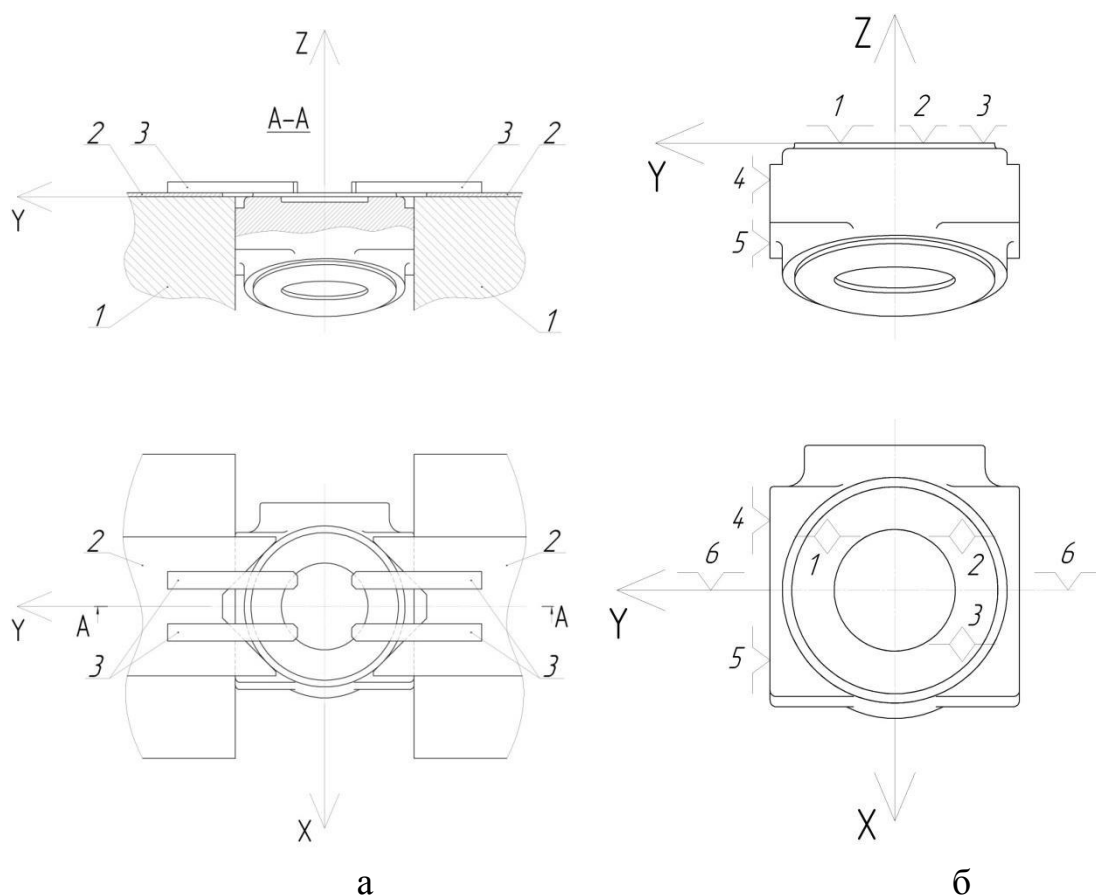


Рис. 3. Базирование клина в приспособлении:

а – приспособление; б – схема базирования

Приспособление работает следующим образом. Перед базированием клина в приспособлении призмы 2 с опорными элементами 3 выдвигаются навстречу друг к другу. Затем клин заводят между губок 1 так, чтобы цилиндрический поясок торца оказался в призмах, а сам торец плотно касался опорных элементов 3. После этого губки приспособления смыкают (синхронное смыкание губок осуществляется с помощью винта с правой и левой резьбой). Затем призмы с опорными элементами смещают в стороны и фиксируют их, освобождая торец для наплавки. После наплавки одного торца деталь переворачивают и наплавляют второй торец (по аналогии с первым).

Стоит заметить, что в процессе плазменной наплавки цилиндрический поясок торца клина и сам торец будут заварены, и повторно использовать их для базирования не удастся. Именно эта особенность процесса наплавки явилась причиной применения временных опор при базировании детали. Авторы считают, что применение временных опор может быть оправдано при базировании других комбинированных заготовок не только для наплавки, но и для механической обработки.

Список литературы

1. Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения: Учебник / Б. М. Базров. – 2-е изд. – Москва: Машиностроение, 2007. – 736 с.
2. Гусев, А. А. Проектирование технологической оснастки: Учебник / А. А. Гусев, И. А. Гусева; 2-е изд. – М: Машиностроение, 2013. – 416 с.
3. Научно-технические технологии в машиностроении: Учебное пособие / А. Г. Суслов, Б. М. Базров и др. – М.: Машиностроение, 2012. – 528 с.
4. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Смольянинов Антон Владимирович
Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии транспортного машиностроения
и ремонта подвижного состава» ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-11
E-mail: smolyan@bk.ru

Беккер Денис Александрович
Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Студент гр 16-И ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-11
E-mail: smolyan@bk.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Smolyaninov Anton Vladimirovich
Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
Federation
Candidate of technical sciences, associate
professor of the department "Technologies of
transport engineering and rolling stock repair",
OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-11
E-mail: smolyan@bk.ru

Becker Denis Alexandrovich
Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk.644046, the Russian
Federation
Student gr 16-I OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-11
E-mail: smolyan@bk.ru

УДК 621.791

Ш. С. Файзибаев, Э. С. Набиев, Н. А. Самборская

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ),
г. Ташкент, Республика Узбекистан

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ, РЕШАЕМЫХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Работа посвящена разработке технологии сварки рельсов встык электрошлаковым способом, а так же износостойкой наплавке зубьев ковшей экскаваторов.

Ключевые слова: ванно-шлаковая сварка, сварка рельсов, многоэлектродная наплавка, зуб ковша экскаватора.

Sherzod S. Fayzibayev, Elman S. Nabiev, Nelly A. Samborskaya
Tashkent Institute of Railway Engineers (TashIIT), Tashkent, Republic of Uzbekistan

ABOUT SOME PROBLEMS SOLVED AT CONSTRUCTION OF RAILWAYS USING WELDED TECHNOLOGIES

***Abstract.** An article is devoted to the development of rails butt welding technology by electro-slag method, as well as wear-resistant surfacing of teeth of excavator buckets.*

***Keywords:** bath-slag welding, rail welding, multi-electrode surfacing, excavator bucket tooth.*

В рамках «Концепции стратегического развития железнодорожного транспорта государств – участников СНГ до 2020 года» от 10.10.2011 г, АО «Узбекистон темир йуллари» ведет целенаправленную работу по реконструкции существующих и строительству новых электрифицированных железных дорог, и в частности, для увеличения скоростей движения пассажирских поездов. Организация скоростного и высокоскоростного движения устанавливает высокие требования к прочности и устойчивости пути в местах соединения рельсов в стыках. Наиболее полно отвечающим этим требованиям является бесстыковой рельсовый путь.

В научно-исследовательской лаборатории «Материаловедение и сварка» ТашИИТ, начаты экспериментальные исследования по сварке рельсов встык электрошлаковым способом [1].

В соответствии с планом работ на первом этапе решена проблема технологической оснастки необходимой для сварки. Изготовлены: сварочная экспериментальная установка, на базе токарно-винторезного станка; пустотелый плавящийся мундштук с четырьмя каналами для прохождения электродных проволок; водоохлаждаемая форма для необходимой кристаллизации жидкой ванны.

На втором этапе определены параметры сварочного процесса нагрева и плавления мундштука с проволоками и металла рельса. Основными величинами, определяющие ход процесса и его результат являлись: напряжение сварки, скорость подачи электродных проволок, сила сварочного тока, количество электродных проволок, величина зазора между кромками. Предварительно подобран режим сварки, обеспечивающий требуемое расплавление и заполнение жидким металлом зазора между расположенными на расстоянии друг от друга рельсами. Поисковыми работами достигнута возможность сварки рельсов встык с удовлетворительным формированием сварного шва (рис. 1).



Рис. 1. Рельсы, сваренные электрошлаковым способом

Третий этап совместных работ предусматривает подготовку и проведение механических испытаний образцов сваренных рельсов на прессе ПМС – 320. Результаты испытаний рельсов на статический поперечный изгиб будут представлены в следующих публикациях.

Реализация проектов в области строительства новых железных дорог не возможна без использования землеройных машин. Производительность и долговечность являются основными определяющими параметрами этих машин.

При строительстве электрифицированной железной дороги Ангрен – Пап использовались экскаваторы типа XCMG ХЕ объемом ковша 1,6 м³. На производительность их работы существенное влияние оказывали зубья, являющиеся рабочим органом ковша. Взаимодействуя со скальным грунтом, они подвергались преждевременному абразивному изнашиванию. Работа с затупленными зубьями приводило к большим затратам энергии, необходимым для преодоления возрастающих сил трения при черпании. Устранение вредного влияния изношенных зубьев на механизмы экскаватора требовало частой их замены или упрочнения рабочих поверхностей.

В научно-исследовательской лаборатории «Материаловедение и сварка» были упрочнены десять зубьев методом износостойкой наплавки по слою легирующей шихты (рис. 2) и проведены испытания по определению продолжительности их работы [2]. При испытании на износостойкость использовали один комплект зубьев (4 шт.), который установили на ковш опытного экскаватора. Для сравнительного анализа подготовили второй экскаватор с обычными зубьями. Испытания велись на участке «Чодак» в одинаковых условиях экскавации грунта со скальными включениями.

За период эксплуатации наплавленные зубья показали хорошую сопротивляемость износу. Трещин и отколов наплавленного металла, влияющих на надежность зубьев, не наблюдалось. Более чувствительной к ударным нагрузкам оказалась задняя грань зуба, работающая большей частью в жестких условиях взаимодействия с обрабатываемой средой. На рис. 3 представлены зубья с выкрашиваниями наплавленного слоя на задних поверхностях. Испытания показали, что выкрашивания не оказывают отрицательного влияния на общую работоспособность зубьев. Продолжительность работы упрочненных зубьев до полного выхода их из строя составило свыше 200 часов, что в 2 раза больше времени работы обычных зубьев.



Рис. 2. Наплавленные поверхности зубьев ковша экскаватора



Рис. 3. Задние поверхности зубьев с выкрашиваниями наплавленного металла

Таким образом, эксплуатация наплавленных зубьев подтвердила их достаточную износостойкость, чтобы рекомендовать упрочняющую технологию к внедрению на ДП «Андижанский механический завод». Высокая износостойкость наплавленного металла позволит сократить время и затраты связанные с заменами зубьев, а также увеличить долговечность и производительность экскаваторов.

Список литературы

1. Набиев, Э. С. Сварка железнодорожных рельсов ванно-шлаковым способом [Текст] / Э. С. Набиев, Н. А. Самборская // Научно-технический журнал ФерПИ. – 2017. – Том 21. – № 3. – С.27 – 31.

2. Набиев, Э. С. Наплавка зубьев ковша экскаваторов [Текст] / Э. С. Набиев // Научно-технический журнал ФерПИ. –2018. –Том 23. – № 1. – С.29 – 33.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Файзибоев Шерзод Сабирович

Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, Миробадский район,
г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Доктор технических наук, профессор.
Тел.: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

Набиев Эльман Саядович

Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, Миробадский район,
г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Кандидат технических наук, доктор,
Старший научный сотрудник научно-
исследовательской лаборатории
«Материаловедение и сварка»
Тел.: 8-109-98-71
E-mail: nes.2406@mail.ru

Самборская Нелли Алексеевна

Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, Миробадский район,
г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Старший научный сотрудник научно-
исследовательской лаборатории
«Материаловедение и сварка»
Тел.: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Fayzibaev Sherzod Sobirovich

Tashkent institute of railway transport
engineering (TashIET).
1 Adilhodjaev str., Mirobad region, Tashkent,
100167, Republik of Uzbekistan.
Doctor of the technical sciences, professor.
Phone: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

Nabiyev Elman Sayadovich

Tashkent institute of railway transport
engineering (TashIET).
1 Adilhodjaev str., Mirobad region, Tashkent,
100167, Republik of Uzbekistan.
Candidate of Engineering Sciences, Assistant
professor, Senior scientific employee of the
research laboratory " Material sciences and
welding"
Phone: 8-109-98-71
E-mail: nes.2406@mail.ru

Samborskaya Nelly Alekseevna

Tashkent institute of railway transport
engineering (TashIET).
1 Adilhodjaev str., Mirobad region, Tashkent,
100167, Republik of Uzbekistan.
Senior Researcher, Research Laboratory
“Materials Science and Welding”.
Phone: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

Н. Т. Смайлова

Павлодарский государственный педагогический университет (ПГПИ),
г. Павлодар, Республика Казахстан

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТОЙКИ ВЫРАВНИВАНИЯ РОЛИКОВОЙ МНЛЗ

***Аннотация.** Металлургическое оборудование подвержено воздействию высоких температур, агрессивных сред, контактных и ударно-абразивных нагрузок. В данной статье предложена модернизация стойки выравнивания роликовой МНЛЗ путем внесения частичных изменений и усовершенствований в конструкцию с целью повышения эффективности.*

***Ключевые слова:** непрерывная разливка стали, машина непрерывного литья заготовок, кристаллизатор, оборудование, инструмент, стойка выравнивания, зона вторичного охлаждения, непрерывный слиток.*

N. T. Smaylova

Pavlodar State Pedagogical University (PSPU), Pavlodar, Republic of Kazakhstan

MODERNIZATION OF THE ROLLER ALIGNMENT RACK MNLZ

***Abstract.** Metallurgical parts are exposed to elevated temperatures, aggressive environments, contact and shock-abrasive loads. So their repair is an actual task. In this article, the upgrade of the alignment stand of the Roller Continuous Casting Machine is proposed by making partial changes and improvements to the design in order to increase efficiency.*

***Keywords:** continuous casting of steel, Roller Continuous Casting Machine, crystallizer, equipment, tools, leveling stand, secondary cooling zone, continuous ingot.*

Введение

В качестве основного способа разливки стали принимают непрерывную разливку. Поэтому особенно актуальной задачей является значительное повышение эффективности этого процесса на МНЛЗ - машине непрерывного литья заготовок (или УНРС – установка непрерывной разливки стали).

Непрерывное литье заготовок (НЛЗ) является прогрессивным и высокоэффективным процессом. Преимущества НЛЗ состоит не только в значительном сокращении производственного цикла получения готового металла и

капитальных затрат, но и в значительном повышении качества заготовок за счет однородности их строения и снижения расхода металла [1].

Для непрерывного литья стальных заготовок применяют в основном машины трех типов: вертикальные, вертикальные с изгибом слитка и радиальные [2].

Расплав металла из разливочного ковша поступает в промежуточный ковш, нагретый предварительно до температуры $(0,7 - 0,8) T_{пл}$. Из промежуточного ковша расплав металла с перегревом в $30 - 70^{\circ}\text{C}$ поступает в кристаллизатор. В кристаллизаторе с медными стенками происходит быстрое охлаждение жидкого металла и образование твердой корки. Кристаллизатор постоянно охлаждается циркулирующей под давлением водой, при этом он совершает возвратно-поступательные движения вдоль оси литья с амплитудой $15 - 30$ мм, чтобы металл не приваривался к стенкам кристаллизатора [1].

При непрерывной разливке можно сократить не только время за счет исключения некоторых операций, но и капиталовложения (например, на сооружение обжимных станков). Непрерывная разливка обеспечивает значительную экономию металла вследствие уменьшения обрезки и энергии, которая тратилась на подогрев слитка в нагревательных колодцах. Исключение нагревательных колодцев позволило в значительной степени избавиться от загрязнения атмосферы. По ряду других показателей: качеству металлопродукции, возможности механизации и автоматизации, улучшению условий труда непрерывная разливка также эффективнее традиционных способов. Но непрерывная разливка имеет и отрицательные стороны. Стали некоторых марок, например, кипящие, нельзя разливать по этому методу, малые объемы разливки сталей различных марок повышают их себестоимость, неожиданные поломки оказывают большое влияние на снижение общей производительности.

В зависимости от размера слитка МНЛЗ делятся на слябовые, блюмовые и заготовочные. Соответственно и размеры промежуточных ковшей, кристаллизаторов, а также состав огнеупоров при этом разные.

МНЛЗ состоит из сталеразливочного и промежуточного ковшей, водоохлаждаемого кристаллизатора, системы вторичного охлаждения, устройства для вытягивания, оборудования для резки и перемещения слитка.

Промежуточный ковш, являющийся последней емкостью на пути стали к кристаллизатору, предназначен для приема металла из сталеразливочного ковша и распределения его по кристаллизаторам. Подачу металла в кристаллизатор производят через разливочные стаканы с помощью регулирующих устройств стопора или шиберного затвора.

С целью перекрытия струи металла, поступающего в кристаллизатор из

промышленного ковша, применяют огнеупоры. [3]

После выпуска металла из сталеплавильного агрегата, доводки по химическому составу и температуре на АКП, ковш поднимается литейным краном на поворотный стенд МНЛЗ. Поворотный стенд представляет собой вращающуюся конструкцию с двумя позициями для установки ковшей. После опустошения ковша в позиции разливки, стенд поворачивается на 180° и уже полный ковш находится в позиции разливки. После открытия шиберов ковша, жидкий металл начинает поступать в промежуточный ковш, который является своего рода буфером между сталь-ковшом и кристаллизатором. После открытия шиберов промышленного ковша металл поступает в кристаллизатор. Кристаллизатор представляет собой водоохлаждаемую конструкцию, которая совершает вертикальные или околоразличные колебания, для предотвращения застывания металла на стенках кристаллизатора. В зависимости от конструкции МНЛЗ размеры кристаллизатора могут варьироваться. В кристаллизаторе происходит застывание стенок сляба. Далее, под воздействием тянущих роликов сляб попадает в зону вторичного охлаждения (дуговой участок ручья), где на металл через форсунки разбрызгивается вода. После выхода металла на прямолинейный участок ручья, происходит отрезание слябов (газовая резка или ножницы).

Методы исследования

Стремление улучшить качество и повысить экономичность наращивания слитка перед прокаткой являются причинами разработки МНЛЗ усовершенствованных типов.

Понятие МНЛЗ радиального типа охватывает несколько разновидностей конструкции установок, имеющих общую принципиальную металлургическую сущность. Радиальными называются все УНРС, на которых отливаемая заготовка в течение всего периода (или части его) затвердевания находится в криволинейном положении. Следует подчеркнуть, что УНРС, на которых заготовке придается криволинейное положение после ее полного затвердевания, не относятся к типу радиальных [4].

Отличительной чертой радиальных установок является, как уже указывалось, то, что затвердевание непрерывной заготовки в ней происходит в криволинейном положении.

Наиболее распространены УНРС, на которых заготовка затвердевает от начала и до конца в криволинейном положении с постоянным радиусом кривизны и выпрямляется одностадийно после полного затвердевания. Принципиальная схема основных параметров криволинейного непрерывного слитка показана на рис. 1, основу которой составляют следующие исходные положения:

- кривая, описывающая профиль продольной оси затвердевающего слитка, имеет постоянную кривизну, т.е. является дугой окружности;
- кристаллизатор располагается на дуге окружности в месте пересечения ее с горизонтальной линией из центра кривизны;
- выпрямление криволинейного непрерывного слитка осуществляется по касательной в точке пересечения окружности с вертикальной осью из центра кривизны;
- в момент начала деформации изгиба кристаллизация непрерывного слитка полностью заканчивается.

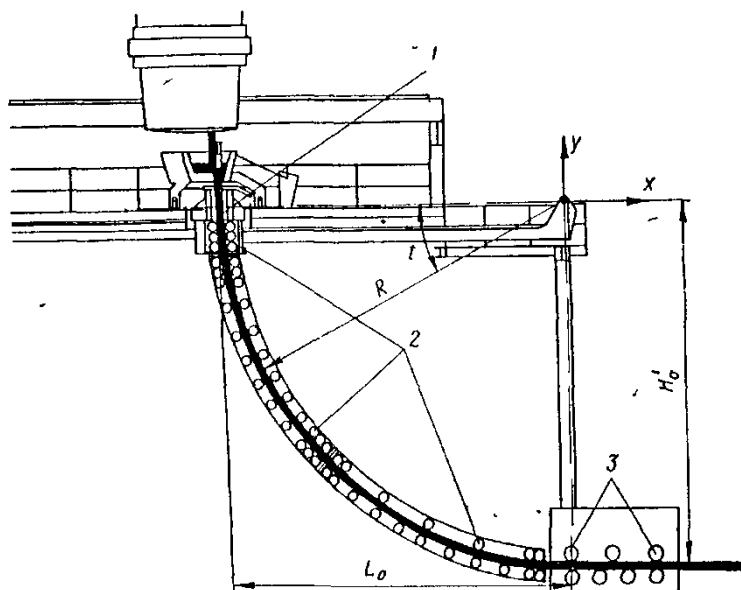


Рис. 1. Принципиальная схема МНЛЗ для отливки слитков с постоянным радиусом кривизны и выпрямлением после полного затвердевания:

- 1 – кристаллизатор, 2 – ролики второго охлаждения,
- 3 – валки правильно-тянущего устройства

В данных установках не происходит никакой деформации заготовки до полного ее затвердевания, так как заготовка перемещается по дуге окружности. Деформация (распрямление) происходит после полного затвердевания заготовки.

В зоне вторичного охлаждения, сразу после выхода слитка из кристаллизатора, расположена стойка выравнивания заготовки.

Существующая конструкция стойки требует замены на другую, когда требуется выпуск слитка большего или меньшего диаметра согласно заказу. Т.е., существующая конструкция стойки выравнивания используется только при производстве определенного диаметра слитка.

Данный недостаток является существенным, т.к. при замене стойки

необходимо предварительно демонтировать патрубки охлаждения (спрейер) слитка, только после этого осуществляется доступ к замене стойки. Помимо этого, при износе поверхностей роликов, увеличивается зазор прохождения слитка, что технологически недопустимо, а данная конструкция не позволяет регулировать зазор и требует замены роликов.

Такие мероприятия являются существенно трудозатратными, увеличивается время простоя МНЛЗ, задействуется грузоподъемная техника (мостовой кран).

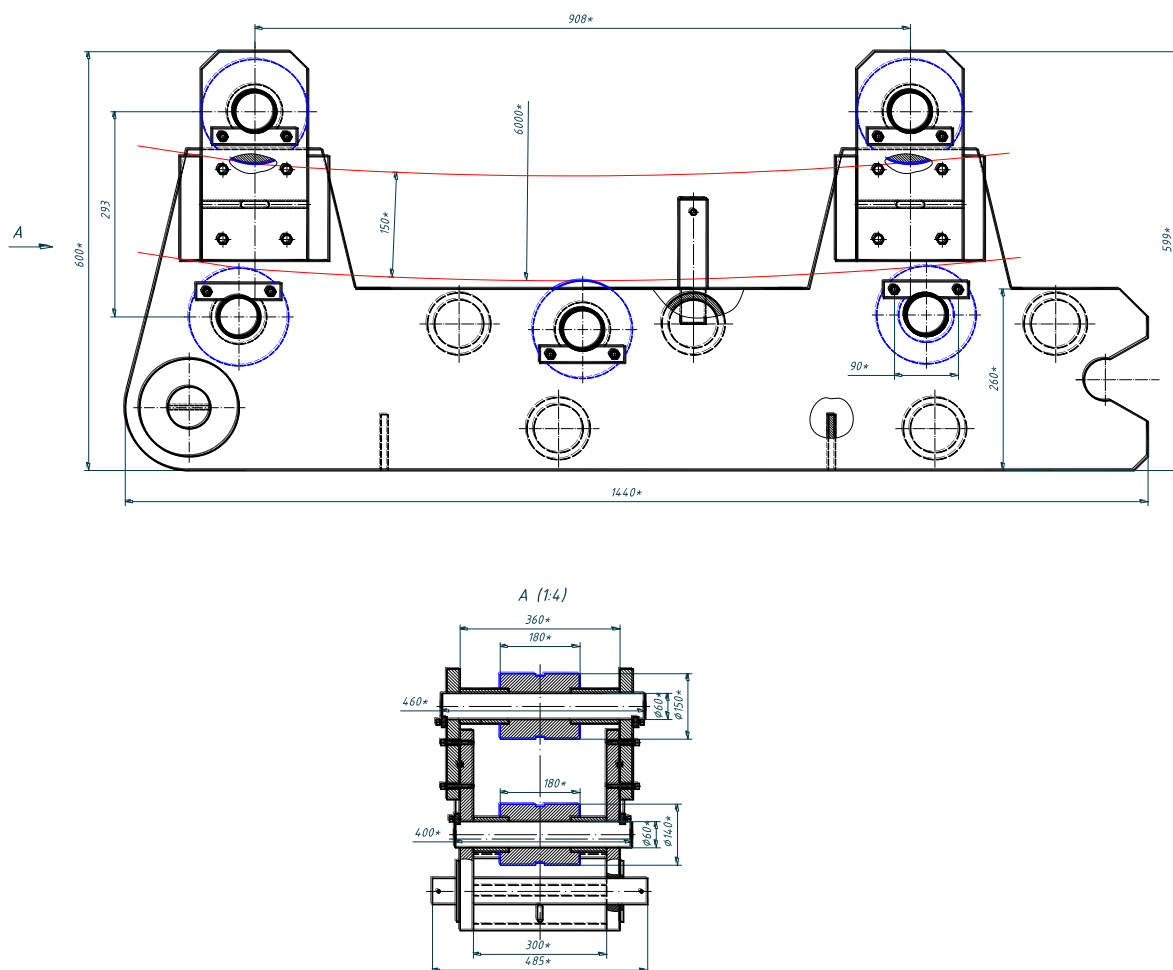


Рис. 2. Стойка выравнивания роликовая до модернизации

Результаты исследования

В связи с производственной необходимостью требуется модернизация стойки выравнивания. Для этого необходимо выполнить следующее:

- в деталях «Ухо» выполнить по 2 паза 20x180 мм;
- в детали «Корпус» выполнить отверстия под болты для крепления деталей «Ухо».

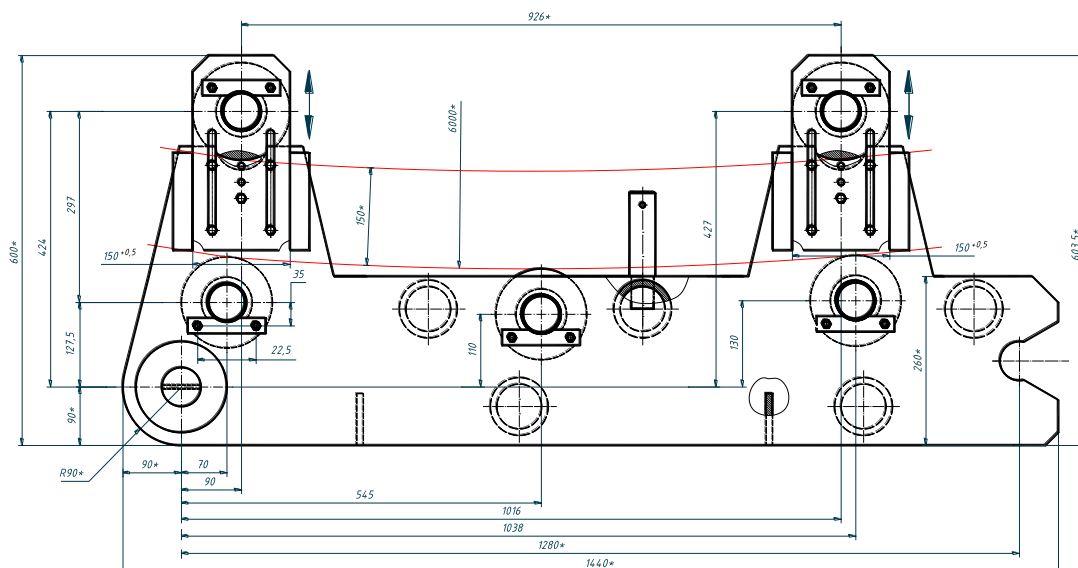


Рис. 3. Стойка выравнивания роликовая после модернизации

Принятые конструктивные изменения позволяют без демонтажа стойки выравнивания, прямо на месте, в зоне вторичного охлаждения, выполнить настройку зазора под слиток, как при смене диаметра гильзы кристаллизатора, так и при износе роликов стойки.

Модернизация стойки позволила снизить трудовые и энергозатраты на демонтаж-монтаж, металлоемкость оборудования, уменьшить простои производства.

Вывод: Metallургическое оборудование интенсивно изнашивается под воздействием высоких температур, агрессивных сред, механических нагрузок.

Преимуществами МНЛЗ с модернизированной стойкой выравнивания роликовой являются следующие: меньшее количество текущих ремонтов в межремонтном периоде, а также небольшие затраты на капитальный ремонт; значительно большая наработка на один отказ, что позволит снизить текущие издержки потребителя при эксплуатации МНЛЗ с модернизированной стойкой выравнивания роликовой.

Под модернизацией стойки выравнивания роликовой МНЛЗ, находящейся в эксплуатации, понимается приведение ее в соответствие с современными требованиями путем внесения частичных изменений и усовершенствований в конструкцию машин с целью повышения их эффективности.

Экономическая эффективность модернизации узла может быть значительно повышена за счет применения типовых узлов и механизмов при их централизованном изготовлении.

К числу общих показателей экономического эффекта от модернизированной

стойки выравнивания роликовой МНЛЗ относятся: экономия на себестоимости производства (эксплуатации) продукции; экономия на капитальных вложениях, обусловленных производством (эксплуатацией) продукции; экономия на приведенных затратах, обусловленных производством (эксплуатацией) продукции.

В качестве общего показателя экономического эффекта от предлагаемой модернизации также может рассчитываться экономия на затратах, обусловленных производством (эксплуатацией) продукции. Если внедрение предлагаемого способа по сравнению с базовым требует дополнительных капитальных вложений и при этом обеспечивает экономию по себестоимости продукции, наряду с показателем экономического эффекта должен рассчитываться показатель сравнительной экономической эффективности дополнительных капиталовложений. Такими являются показатель эффективности дополнительных капитальных вложений либо обратной ему по величине срок окупаемости дополнительных капиталовложений экономией на себестоимости продукции.

Наличие ряда общих показателей экономического эффекта и эффективности дополнительных капиталовложений не означает необходимости расчета всех показателей в каждом конкретном случае сравнения вариантов техники. Применительно к соотношению по вариантам трудоемкости продукции и ее себестоимости потребных капитальных вложений и дефицитных средств производства должен быть выбран один показатель, соответствующий особенностям данного случая расчета, на основе которого определяется экономически рациональный вариант.

Приведенные показатели характеризуют экономический эффект и эффективность дополнительных вложений в рамках экономики предприятия. Наряду с этим в условиях действия новых форм экономического стимулирования производства и расширения хозяйственной самостоятельности предприятий получают применение хозрасчетные показатели экономичности новой техники, определяемые исходя из достижения минимума издержек на производство и реализацию всей совокупности продукции предприятия.

Заключение

В статье рассмотрена существующая конструкция узла, проведён анализ существующего положения на МНЛЗ.

На основании данных литературного обзора и конструкционного расчета предложена модернизация стойки выравнивания для уменьшения количества текущих ремонтов в межремонтном периоде и повышения производительности.

После модернизации стойки уменьшилось время на наладку линии МНЛЗ, уменьшилась трудоемкость ремонтов.

Список литературы

1. Шимов, Г. В. Основы технологических процессов обработки металлов давлением: Учебное пособие / Г. В. Шимов, С. П. Буркин; под общ. ред. С. П. Буркина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 160 с.
2. Плахтин, В. Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин / В. Д. Плахтин. – М.: Металлургия, 1983. – 300 с.
3. Притыкин, Д. П. Надежность, ремонт и монтаж металлургического оборудования: Учебник для вузов / Д. П. Притыкин. – М.: Металлургия, 1985. – 368 с.
4. Гребеник, В. М. Надежность металлургического оборудования: Справочник / В. М. Гребеник, В. К. Цапков. – М.: Металлургия, 1980. – 344 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Смайлова Н. Т.

Павлодарский государственный педагогический университет (ПГПИ), ул. Мира, д.60, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан.
Доктор технических наук, профессор.
E-mail: ganibek2006@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Smaylova N. T.

Pavlodar State Pedagogical University (PSPU). Mira st., 60, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan.
Doctor of the technical sciences, professor.
E-mail: ganibek2006@mail.ru

УДК.629.42.07

Ш. С. Файзибаев, И. Ю. Соболева, Н. А. Самборская

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ), г. Ташкент, Республика Узбекистан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОФИЛЯ КАТАНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Аннотация. В статье рассматривается установка для реализации технологического процесса глубинного упрочнения поверхностей катания по рельсу колесных пар тепловозов.

Ключевые слова: восстановление, профиль колеса, ресурс, износостойкость, упрочнение, колесно-моторный блок

Sherzod S. Fayzibayev, Irina Yu. Soboleva, Nelly A. Samborskaya

Tashkent Institute of Railway Engineers (TashIIT), Tashkent, Republic of Uzbekistan

IMPROVEMENT OF THE SKATING PROFILE AND INCREASING THE RESOURCE OF BANDCHES OF WHEELS OF ROLLING STAFF

Abstract. The article discusses the installation for the implementation of the process of deep hardening of the rolling surfaces along the rail of wheelsets of diesel locomotives.

Keywords: *restoration, wheel profile, resource, wear resistance, hardening, wheel-motor block.*

Взаимодействие колеса и рельса является физической основой движения подвижного состава по железным дорогам. Безопасность движения и основные технико-экономические показатели хозяйств пути и подвижного состава во многом зависят от параметров этого взаимодействия. Большое влияние на условие работы колесных пар оказывают возрастающие скорости движения поездов. Увеличение скорости движения приводит к росту динамических нагрузок и появлению высокочастотных колебаний на участках с большой жесткостью пути. Возрастание нагрузок, максимально реализуемой силы тяги и скорости приводило к повышению напряженного состояния рельсов и колес, что еще больше увеличило их износ [1].

Технология восстановления профиля катания далеко не совершенна. Обтачивания по износу гребня при ремонте связаны с удалением большого объема работоспособного металла, то есть с существенным технологическим изнашиванием. Главным недостатком является отсутствие методов и средств, позволяющих осуществить оптимальный процесс резания, что приводит к заведомо излишнему снятию металла. В результате при восстановлении конфигурации профиля бандажа с поверхности катания удаляется упрочненный в процессе эксплуатации износостойкий слой металла. Ведь известно, что в начале приработки деталей, а именно в системе «колесо-рельс» после обточки износ быстро растет. Затем наступает момент, когда износ протекает плавно. Поэтому требовалось найти и устранить первопричины, вызывающие усиленный износ бандажей колесных пар локомотивов и рельсов. В данном случае предлагается метод, позволяющий выполнять упрочнение поверхности бандажей, способствующий увеличению их срока службы.

Исходя из этого, можно отметить два основных пути повышения ресурса колес при ремонте:

– за счет экономии металла обода, нерационально срезаемого при ремонте, т.е. снижения неиспользуемой части назначенного ресурса при восстановлении геометрии профиля колеса [2];

– за счет увеличения износостойкости оставшейся части рабочей толщины металла обода, и соответственно, повышения величины используемой части назначенного ресурса [3].

В данном случае предлагается метод, позволяющий выполнять упрочнение поверхности бандажей, способствующий увеличению срока службы колесных пар, а именно установка глубинного упрочнения поверхности катания.

Установка предназначена для реализации технологического процесса глубинного упрочнения поверхностей катания тепловозов типа ТЭ10М после плановых видов заводского и деповского ремонта колесно-моторного блока (КМБ).

Реализация этого технологического процесса согласно расчетных и экспериментальных исследований способствует увеличению пробегов тепловозов в 2 – 2,5 раза между очередными обточками в эксплуатации, достигнутыми на АО «ЎТЙ» в настоящее время [2].

Для глубинного упрочнения поверхностей катания колесных пар используются КМБ тепловозов типа ТЭ10М, подготовленные к монтажу на тележки тепловозов в процессе заводских видов ремонта на предприятии «Узжелдорремаш» или деповского вида ремонта (ТР-3) в локомотивном депо «Узбекистан». Каждый КМБ монтируется на раме установки для глубинного упрочнения (УГУ) с подключением тягового электродвигателя к источнику питания (генератору), с помощью которого задается расчетный режим упрочнения. На каждом КМБ устанавливаются колесные пары, профиль обточенных бандажей которых соответствует рис. 1, рекомендованному ТашИИТом на основании расчетно-экспериментальных исследований.

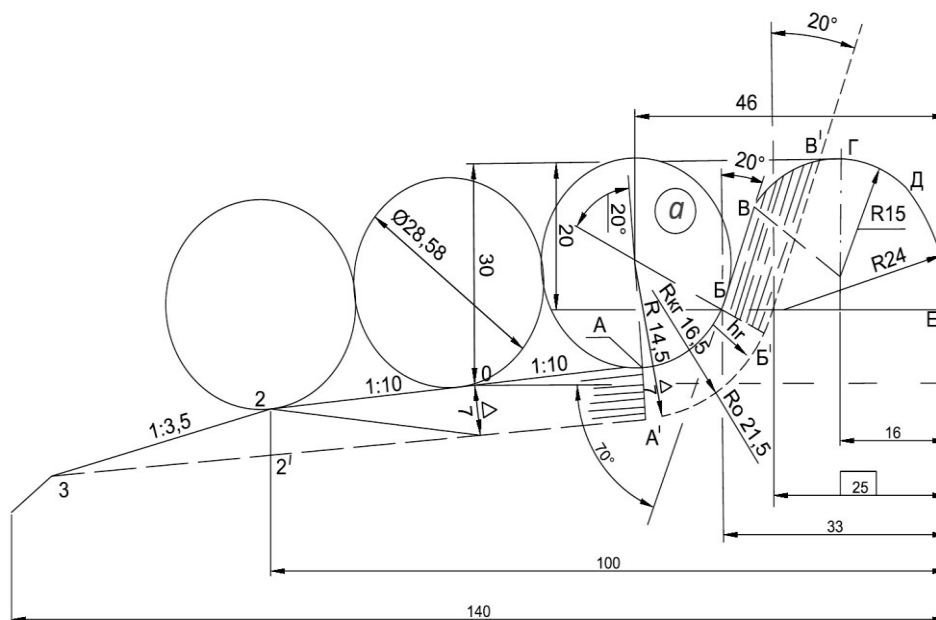


Рис. 1. Рекомендуемый профиль бандажей колесных пар и схема расчета площади износа зоны гребня

Реализуемый режим глубинного упрочнения на установке осуществляется:

- для зоны 22^1AA^1 глубиной $\Delta=7\text{мм}$ перекатывания по рельсам колесных пар на прямых участках пути;
- зоны гребня AA^1B^1B , нагружаемой при движении в кривых участках рельсового пути.

Технологический процесс глубинного упрочнения поверхностных слоев бандажей колесных пар тепловозов реализуется за счет локальных воздействий

импульсных контактных напряжений, превышающих в 2 – 3 раза пределы прочности материалов, используемых для изготовления бандажей.

Для увеличения ресурса эксплуатирующихся колес и сокращения потребностей железнодорожного транспорта в новых колесах в процессе ремонта целесообразно использовать не только экономичные способы восстановления геометрических параметров обода (точение с индукционным отжигом, врезное профильное высокоскоростное шлифование, плазменно-механическую обработку), но так же восстанавливать и физико-механические свойства металла профиля поверхности обода колеса с применением глубинного упрочнения поверхностей катания бандажей колесных пар за счет локальных воздействий импульсных контактных напряжений.

На основе полученных исследований, изготовлены и испытаны колесные пары тепловозов ТЭ10М, имеющие рекомендуемый профиль бандажа. Рекомендуемый профиль нового бандажа по рис. 1 позволил увеличить расчетный пробег в среднем в 1,7 раза.

Внедрение современных технологий и научных разработок, в частности в области долговечности, обеспечит значительное улучшение качественных показателей работы железнодорожного транспорта, экономии валютных средств. Экономическая эффективность использования новых профилей позволит получить большой экономический эффект.

Список литературы

1. Глущенко, А. Д. Моделирование импульсного динамического и теплового нагружения материала колесных пар локомотивов / А. Д. Глущенко, Ш. С. Файзибаев. – Т.: Фан, 2002. – 194 с.
2. Вериго, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. – М.: Транспорт, 1986. – 412 с.
3. Иванов И. А. О повышении ресурса цельнокатаных колес / И. А. Иванов, С. В. Урушев // Железнодорожный транспорт. – 2000. – №3. – с. 11

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Файзибоев Шерзод Сабирович

Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, Миробадский район,
г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Доктор технических наук, профессор.
Тел.: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Fayzibaev Sherzod Sobirovich.

Tashkent institute of railway transport
engineering (TashIET).
1 Adilhodjaev str., Mirobad region, Tashkent,
100167, Republik of Uzbekistan.
Doctor of the technical sciences, professor.
Phone: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

Соболева Ирина Юрьевна

Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, Миробадский район,
г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Старший преподаватель кафедры «Вагоны и
вагонное хозяйство».
Тел.: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

Самборская Нелли Алексеевна

Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, Миробадский район,
г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Старший научный сотрудник научно-
исследовательской лаборатории
«Материаловедение и сварка»
Тел.: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

Soboleva Irina Yurevna

Tashkent institute of railway transport
engineering (TashIET).
1 Adilhodjaev str., Mirobad region, Tashkent,
100167, Republik of Uzbekistan.
Senior teacher of chair “Wagons and wagon
facilities”.
Phone: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

Samborskaya Nelly Alekseevna

Tashkent institute of railway transport
engineering (TashIET).
1 Adilhodjaev str., Mirobad region, Tashkent,
100167, Republik of Uzbekistan.
Senior Researcher, Research Laboratory
“Materials Science and Welding”.
Phone: 8-109-98-71
E-mail: icenter@tashiit.uz

УДК 656.078.14

С. С. Юшкова

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС),
г. Екатеринбург, Российская Федерация

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ**

***Аннотация.** Уровень эффективности и качества работы железных дорог оценивается сроком доставки до пункта назначения перевозимого груза, с ростом которого возрастает интенсивность износа инфраструктуры и подвижного состава, что неизбежно ведет к увеличению времени транспортировки. С учетом непрерывного увеличения закупочной стоимости подвижного состава, высокой степени износа существующих тяговых ресурсов и ограниченности инвестиций ОАО «РЖД» вопрос повышения эффективности использования, технического обслуживания и постройки локомотивов и вагонов является особенно актуальным. Переход на полигонную технологию управления движением поездов позволяет ОАО «РЖД» организовать ритмичное продвижение вагонопотока, обслуживание подвижного состава и предоставление «окон» в едином створе для всего полигона.*

Математическое обеспечение процедур формирования себестоимости реализовано в «Автоматизированной системе контроля погрузки производственного подразделения». Получаемые результаты интегрированы в «Автоматизированную систему управления эксплуатационной работой единого центра управления инфраструктурой» и настроены на трансформацию, эффективное использование потенциала предприятий железнодорожного транспорта.

***Ключевые слова:** подвижной состав, инфраструктура, полигон железных дорог, производственное подразделение, механизм адаптации отклонений затрат.*

Svetlana S. Yushkova

Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, the Russian Federation

AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF THE PRODUCTION UNIT

***Abstract.** The level of efficiency and quality of work of the Railways is estimated by the time of delivery to the destination of the transported cargo, with the growth of which the intensity of deterioration of infrastructure and rolling stock increases, which inevitably leads to an increase in transportation time. Taking into account the continuous increase in the purchase price of rolling stock, the high degree of depreciation of existing traction resources and limited investment of JSC "Russian Railways", the issue of improving the efficiency of use, maintenance and construction of locomotives and cars is particularly relevant. The transition to the landfill technology of train traffic control allows JSC "Russian Railways" to organize the rhythmic promotion of car traffic, maintenance of rolling stock and the provision of "Windows" in a single alignment for the entire landfill.*

Mathematical support of procedures of formation of Prime cost is realized in the "Automated system of control of loading of production division". The obtained results are integrated into the "Automated control system of operational work of the unified infrastructure management center" and are set for transformation, effective use of the potential of railway transport enterprises.

***Keywords:** rolling stock, infrastructure, railway landfill, production unit, cost deviation adaptation mechanism.*

В международной эксплуатационной длине доля отечественных железных дорог составляет примерно 7 % (более 85 тыс. км), по стоимости основных производственных фондов – 14 %, ВВП – 4,9 %, мировому пассажиро- и грузообороту – 15 и 24 % соответственно. При этом износ путевой инфраструктуры достигает 55 %, систем электрической централизации – 76 %, автоблокировки – 55 %, тяговых подстанций и контактной сети – 54 %, локомотивного парка – более 20 %. К 2025 г. ожидается прирост грузооборота на 21 % от уровня 2018 г. [1], по результатам которого к значениям 2017 г. погрузка выросла на 2,2 % до 1289,6 млн. т (3533,2 тыс. т в среднем в сутки) (рис.1a), средняя дальность перевозок грузов увеличилась на 35 км (+1,9 %), до 1835 км, а груженный грузооборот достиг исторического максимума – 2596,9 млрд. ткм (+4,2 %) (рис.1b).

При этом в грузообороте транспортной системы страны доля железных дорог составила свыше 87 % с абсолютным рекордом по объемам перевозок к пиковому значению советского периода в 1988 г. – грузооборот увеличился на 2,5 %. В сфере пассажирских перевозок отправлено более 1,157 млрд. чел. [2].

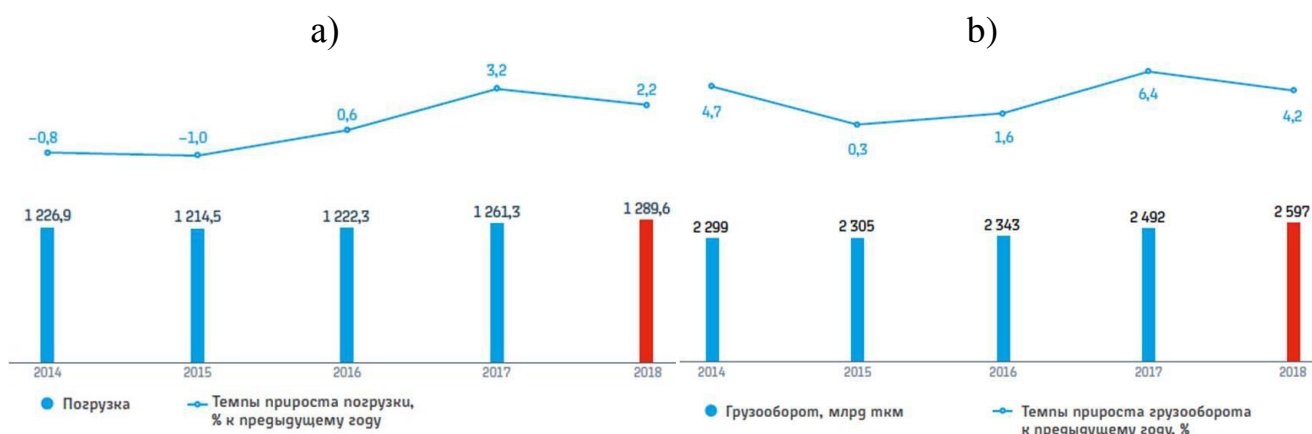


Рис.1. а) Динамика объемов погрузки, млн. т; б) Динамика грузооборота [2]

Обеспечение темпов экономического роста выше мировых значений, сохранение макроэкономической стабильности и внедрение современных технологий сложно представить без решения задач по ускоренной модернизации транспортного комплекса, обновления инфраструктуры и совершенствования перевозочных технологий. Приоритетное направление развития производственного блока ОАО «РЖД» – замена региональных принципов управления перевозочным процессом на планирование и организацию движения поездов на полигонах железных дорог (далее – полигон), который позволяет повысить эффективность работы, четко разграничить функционал и ответственность функциональных подразделений.

Так, на одном из наиболее грузонапряженных ходах – Восточном полигоне – при росте объемов перевозок к уровню прошлого года на 5 % в 2018 г. объем ремонтов увеличился на 13,8 %, а реконструкции пути – на 23,6 %. Выполнено более четверти работ (28 %) по оздоровлению пути, проведена реконструкция контактной сети общей протяженностью 111,7 км, отремонтировано 334 объекта по капитальному ремонту [2]. Внедряются автоматизированные комплексы задач диспетчерского планирования, контроля и управления движением поездов, а также ведутся работы в рамках систем планирования и оперативного регулирования парка локомотивов (вагонов) и моделирования работы железнодорожных станций.

При этом требуется дальнейшее совершенствование полигонных принципов управления перевозочным процессом, эксплуатационной работой и инфраструктурой ОАО «РЖД». В свою очередь, бизнес-блок «Железнодорожные перевозки и инфраструктура» (далее – ЦЖД) объединяет основные производственные бизнес-единицы, занимающиеся организацией железнодорожных перевозок, содержанием и развитием инфраструктуры и

локомотивного комплекса. От эффективности их деятельности и уровня технологического взаимодействия зависит производственно-финансовый результат перевозочного процесса.

Полигонная технология формируется на трехуровневом управлении перевозочным процессом, в котором принятие решений по регулированию локомотивным парком, распределению погрузочных ресурсов, предоставлению «окон» на инфраструктуре осуществляется в жесткой иерархии от центрального до регионального уровней. При этом региональные центры корпоративного управления (далее – РЦКУ) осуществляют координацию эксплуатационной работы в границах соответствующей железной дороги, на которой система управления и текущего содержания инфраструктуры осталась без изменений – центральной и региональными дирекциями инфраструктуры (далее – ЦДИ и ДИ соответственно) – являясь несбалансированным звеном.

Для устранения возможной несогласованности в действиях на разных уровнях в полигонной технологии необходимо усовершенствовать систему управления инфраструктурой, тяговыми ресурсами и вагонным парком. Для этого предлагаем сформировать Единый центр управления инфраструктурой полигона (далее – ЕЦУИ), который в установленных лимитах организует эксплуатацию и содержание инфраструктуры структурными подразделениями ОАО «РЖД» (ПЧ, ШЧ, ТЧЭ, АФТО, ДС и др.) (рис.2).

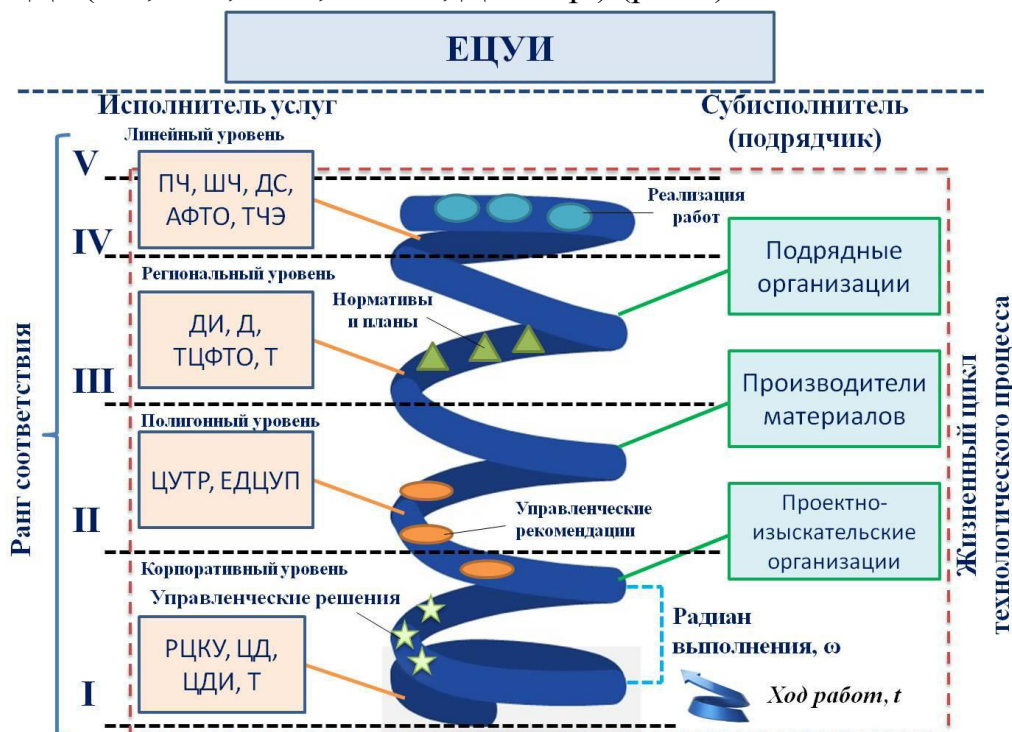


Рис. 2. Модель интегративного управления инфраструктурой и тяговыми ресурсами на полигоне

В эксплуатационной работе полигона ЕЦУИ взаимодействует с ЦУТР, ЕДЦУП, дирекциями: управления движением (Д), тяги (Т), энергообеспечения (НТЭ), территориальными центрами фирменного транспортного обслуживания (ТЦФТО), их структурными подразделениями (ТЧЭ, ДС, ИЧ, ВЧДЭ и др.) и на основе теории активных систем с помощью интегральной оценки анализирует эффективность использования инфраструктуры и локомотивов.

Интегральная оценка состоит из блоков оценки и ранжирования (далее – БОР), в которых через матрицы свертки (далее – МС) объединяются результаты оценок разнородных производственно-экономических показателей – на пересечении строки и столбца формируется ранг деятельности [3] (рис. 3). Этот механизм предусматривает достоверность оценки или ранга показателя: сначала допустимые интервалы оценок ранжируют эксперты — специалисты производственно-хозяйственного блока, а затем эксперты — компетентные специалисты железнодорожного транспорта.

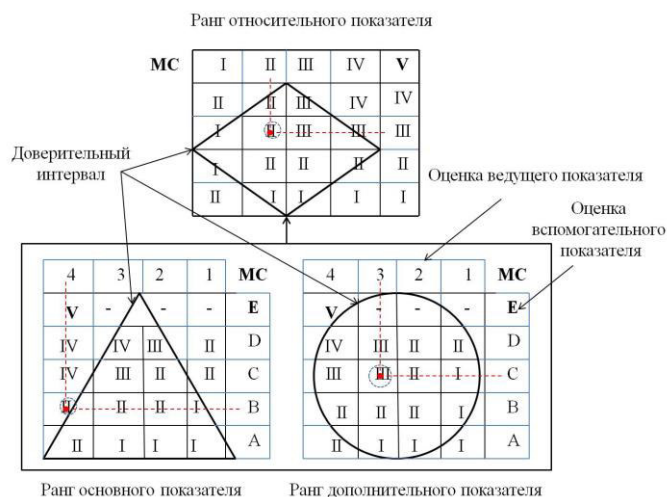


Рис. 3. Формирование ранга показателя

Различают показатели: ведущие (от 1 до 4), характеризующие выполнение плановых заданий, и вспомогательные (от А до D), определяющие эффективность производства. Ранг основного и дополнительного показателя (от I до V) характеризуется доверительным интервалом и отражает качество использования инфраструктуры и тяги: первому – соответствует невыполнение установленного плана и низкий уровень взаимодействия на полигоне, а пятому – реализация плановых заданий на линейном уровне управления.

Проблема заблаговременного предсказания и неопределенности возможных «переломов» тенденций изменения ключевых показателей деятельности, затрудняющая долгосрочное экономическое прогнозирование, особенно в такой капиталоемкой отрасли, как железнодорожный транспорт,

является чрезвычайно серьезной [4]. Ее устранение требует разработки механизмов, обеспечивающих бесперебойную производственно-хозяйственную деятельность полигонов. Для увеличения прибыльности перевозочной деятельности важно, наряду с эффективной организацией эксплуатационной работы, повышать производительность инфраструктуры и подвижного состава, осуществляя непрерывный контроль прямых затрат (рис. 4).

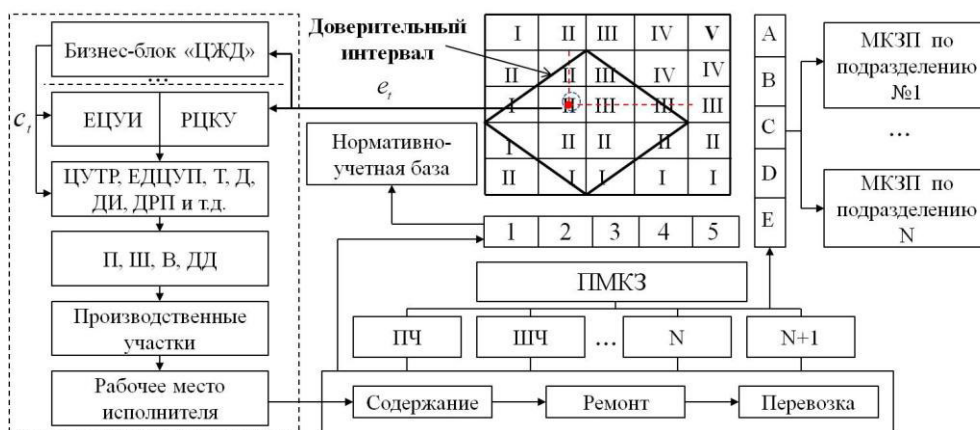


Рис. 4. Механизм адаптации отклонений затрат консолидированной ответственности участников перевозочного процесса

В основу функционирования механизма адаптации отклонений затрат консолидированной ответственности участников перевозочного процесса к объемам грузооборота (далее – МКЗ) заложены развитые в работе [5] фундаментальные подходы решения проблем по синтезу правильных адаптивных механизмов с идентификацией, которые позволяют осуществлять контроль первичных отклонений синхронно с выполнением работ на инфраструктуре и транспортировкой.

Первичная учетная информация о количестве и стоимости отклонений фиксируется первичным МКЗ (далее – ПМКЗ), данные в который поступают с функциональных подразделений, производственно-технических участков и рабочих мест. Производственно-финансовая деятельность структурных подразделений ЦЖД контролируется механизмом контроля затрат предприятия (далее – МКЗП). В каждом МКЗП входными данными являются затраты, а в ПМКЗ нормативов – получаемые нормативы, сопоставлением которых формируются оценки изменения нормативов. Основной задачей оценки и ранжирования является формирование уровня влияния каждой статьи затрат на адаптацию норм и нормативов производства. На основе получаемой информации о порядке и отклонениях определяются приоритетные факторы, ключевые причины и подразделения, наиболее влияющие затраты. Далее

вырабатываются управленческие рекомендации по корректировке норматива и вносятся изменения в нормативную базу по видам деятельности и исполнителям. Получившиеся результаты ранжирования отклонений используются производственными и управленческими подразделениями ОАО «РЖД» для оперативной ликвидации перерасхода (корректировка бюджета, разработка дополнительных мероприятий и т.д.). Периодичность контроля удовлетворяет потребностям технологического процесса и может быть непрерывной. Штатные отклонения III, IV рангов передаются по каналам связи на рабочие места в дирекции и центры ОАО «РЖД», а первичные – контролируются синхронно с перевозочным процессом и поступают в ЕЦУИ с мест их возникновения – структурных подразделений ДИ, Т, НТЭ, Д и т.д. – и фиксируется МКЗП. Отклонения по ритмичности погрузки железнодорожных станций поступают в «Автоматизированной системе контроля погрузки производственного подразделения» (далее – АС КП) [25] (рис. 5) [6].

Число		Месяц		Год		Дата													
13	9	2019	13.09.2019																
Собствен-ник	РПС	Потребитель	План	Факт	выполнен	ия плана	на 18:00	истекших	суток			Обеспече	ние выпол	нения пла	на перево	зок			
			Нарастаю	ощим итог	ом	Суточный	план	погрузки			Вагонов	на станции				Подход			
			План	Погруже-	+/- к	План	Погруже-	+/- к	Всего груз	Порожние	На поезд	ном пути	Груженные	НРП	Ближний	Ближний	Дальний		
			но	но	плану	но	но	плану	и порож	к подаче	порожние	груженные	груженные	после 18:0	(1 сут)	(1-3 сут)			
Производственное подразделение №1 (ст. Ревда)																			
Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Ведите	Рекомендации
ОАО "РЖД" ПВ	ОАО "РЖД"	3000	3000	1235	-1765	100	145	45	98	74	22	1	15	-14	124	201	65		Суточная погрузка в
Прочие ПВ	ОАО "ПК"	1000	1000	154	-846	33	11	-11	43	12	1	15	6	9	41	12	7		Отсутствует ПС для сут
Итого		4000	4000	1389	-2611	133	156	23	136	86	23	16	16	-5	165	213	72		Объем ПС в ближнем
Производственное подразделение №2 (ст. Первоуральск)																			
ОАО "РЖД" ПВ	ОАО "РЖД"	1520	1520	658	-862	51	12	-39	78	41	15	11	05	6	36	66	79		Суточная погрузка в
Прочие ПВ	ОАО "ПК"	450	450	12	-438	15	4	0	36	2	0	17	0	17	14	0	51		Суточная погрузка об
Итого		1970	1970	670	-1300	66	16	23	137	43	15	28	28	23	50	66	130		Объем ПС в ближнем

Рис. 5. Рабочий интерфейс АС КП

Программа предназначена для автоматического определения норматива погрузки производственного подразделения за отчетные сутки, нарастающим итогом за месяц и контроля выполнения установленного плана. Программа позволяет выдавать управленческие рекомендации по ритмичности погрузки с учетом ближнего и дальнего подхода подвижного состава для выполнения показателей в случаях отклонения от отчетной нормы погрузки.

Достоверность функционирования автоматизированных систем определяется согласованностью и непротиворечивостью поступающих исходных данных и порождаемых управленческих решений. При этом, чем больше полигон, тем значимее последствия управленческой ошибки. Поэтому основным технологическим мероприятием по снижению производственных расходов является использование адаптивного управления мощностью

производственных подразделений железнодорожного транспорта.

Программа предназначена для автоматического определения норматива погрузки производственного подразделения за отчетные сутки, нарастающим итогом за месяц и контроля выполнения установленного плана и графика «окон». АС КП позволяет выдавать управленческие рекомендации по ритмичности погрузки с учетом ближнего и дальнего подхода подвижного состава для выполнения показателей работы железнодорожных станций в случаях отклонения от отчетной нормы погрузки. Получаемые в АС КП результаты как исходные данные используются для выбора рекомендаций по принятию управленческих решений, поступающие из АСУ ЕЦУИ [7]. Она разработана на языке программирования Lazarus и используется для автоматизированного координирования и оценивания действий по управлению производственной инфраструктурой и движению тяговых ресурсов за счет сопоставления со смежными значениями параметров содержания обустройств и технических средств железнодорожного пути (рис. 6).

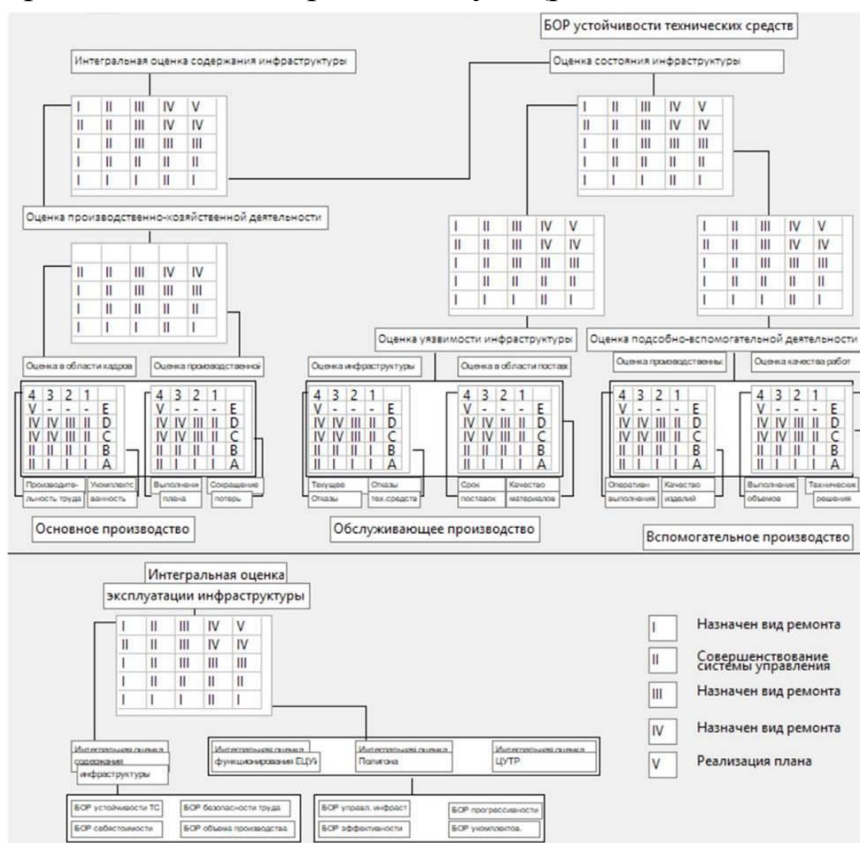


Рис. 6. Рабочий интерфейс АСУ ЕЦУИ

АСУ ЕЦУИ с помощью МС рангов производственно-экономической и управленческой деятельности перевозчика определяется интегральная оценка

транспортного инфраструктуры и процесса оказания услуги по доставке груза в целом. Данная программа позволяет в режиме реального времени (в том числе с учетом ретроспективных результатов) консолидировать основные показатели эффективности перевозочного процесса на полигоне посредством интеграции выходных данных (табличных форм) из общекорпоративной информационной среды – отраслевых автоматизированных систем, используемых в ОАО «РЖД» (АСОУП-2, ЕК АСУ ФР, АСУ МС, АСУ МР, СИРИУС и др.), – и визуального отображения эксплуатационной работы предприятий, обслуживающих инфраструктуру железнодорожных линий.

Процесс работы полигона в системе выстроен следующим образом:

1. Получение исходных данных о железнодорожной сети, маршрутах следования поездов, параметров эксплуатационной работы и состояния инфраструктуры.

2. Установка режима работы программы: очередность проведения ремонта инфраструктуры с учетом выполнения графика движения поездов.

3. Конструирование процесса обслуживания инфраструктуры.

4. Формирование алгоритмов решения поставленной задачи.

5. Построение оптимальных вариантов эксплуатационной работы.

6. Определение «барьерных мест» и реализация установленного плана формирования поездов в соответствии приоритизацией маршрутов.

В большинстве, существующие автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте не обеспечены необходимыми динамическими моделями оперативного реагирования на колебания рынка и ориентированы, прежде всего, на информационное обслуживание оперативных работников структурных подразделений региональных дирекций, служб и руководящего состава. Продуктивность реализации инвестиционных мероприятий, предусматривающих ремонт, модернизацию мощностей, объектов инфраструктуры и подвижного состава, в значительной степени зависит от эффективности управления, чем от загруженности сети. Модель интегративного управление инфраструктурой и тяговыми ресурсами на полигоне удовлетворяет требованиям к достоверности результатов и имеет прикладное значение при разработке автоматизированных систем на железнодорожном транспорте. АСУ ЕЦУИ позволяет осуществлять автоматизированное управление производственной инфраструктурой железнодорожных линий и подвижным составом.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что внедряемая ОАО «РЖД» система управления подвижным составом в сочетании с

технической и технологической готовностью единой инфраструктуры, с учетом предлагаемых в статье усовершенствований, обеспечит благоприятную реализацию полигонного сообщения на сети железных дорог.

Список литературы

1. Сирина, Н. Ф. Интегративное управление инфраструктурой в перевозочной деятельности железных дорог / Н. Ф. Сирина, С. С. Юшкова // Транспорт Урала. – 2019. – № 1. – С. 7 – 17.

2. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2018 год по итогам утверждения Правительством Российской Федерации (распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2019 г. №1393-р).

3. Совершенствование системы управления транспортной инфраструктурой полигона железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск, 2019. – Т.62. – № 2. – С. 98 – 108. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).

4. Мачерет, Д. А. Научный инструментарий предиктивного управления эффективностью железнодорожного транспорта / Д. А. Мачерет., Н. А. Валеев // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2018. – №77(2) – С. 84 – 91.

5. Цыганов, В. В. Правильные адаптивные механизмы с идентификацией / В. В. Цыганов // Проблемы управления. – 2018. – №2. – С.47 – 57.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019619025 от 09 июля 2019 г.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612748 от 26 февраля 2019 г.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Юшкова Светлана Сергеевна

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС).

Колмогорова ул., д. 66, г. Екатеринбург, 620034, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Вагоны» УрГУПС.

Тел.: +7 (343) 346-37-77, +79041629218.

E-mail: 3eol_triss@inbox.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Yushkova Svetlana Sergeevna

Ural State University of Railway Transport (USURT).

66 Kolmogorova st., Ekaterinburg, Sverdlovsk Region, 620034, the Russian Federation

Student of the Railway Cars department,

USURT, Postgraduate student.

Phone: +7 (343) 346-37-77, +79041629218.

E-mail: 3eol_triss@inbox.ru

О. С. Абляимов, Б. Х. Эркинов, Б. И. Гайратов

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ),
г. Ташкент, Республика Узбекистан

К ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 3ВЛ80^С НА УЧАСТКЕ КАТТАКУРГАН – НАВОИ АО «ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ»

Аннотация. Представлены результаты исследований по анализу и обоснованию параметров основных показателей перевозочной работы электровозов 3ВЛ80^С на участке Каттакурган – Навои узбекских железных дорог при движении грузовых поездов без остановок на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах. Параметры основных показателей энергетической эффективности использования исследуемых электровозов 3ВЛ80^С обозначены в виде табличных данных и графических зависимостей, а предложенные уравнения регрессии, которые отображают реальные условия организации эксплуатационной деятельности заданного участка железной дороги, предназначены для реализации вычисления значений упомянутых выше показателей в принятом диапазоне изменения массы состава грузовых поездов.

Ключевые слова: исследование, результат, грузовой поезд, движение, электровоз, железнодорожный путь, участок, эксплуатация, условие, направление, этап, скорость, расчёт, подвижной состав, анализ, оценка, станция, представить, пункт, средний, зависимость, обоснование, качество, перегон, профиль.

Oleg S. Abyalimov, Burhonjon X. Erkinov, Bahodir I. Gayratov

Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET),
Tashkent, the Republik of Uzbekistan

TO EXPLOITATION OF THE 3VL80^S ELECTRIC LOCOMOTIVES ON KATTAKURGAN – NAVOI SECTION OF «UZBEKISTAN RAILWAYS» JSC

Abstract. The article includes research results of analyzing 3VL80^S electric locomotive`s movement work on Kattakurgan – Navoi road section of uzbek railways while hauling freight trains without stopping on through stations, passing place and division points. The main parameter values of 3VL80^S researching electric locomotives` efficiency are shown in tables and graphs, and all proposed equations, which as the matter of the fact, reflect all condition terms of organizing movement on a particular direction, are destined for realizing calculations above for the freight trains masses changing value in accepted range.

Keywords: research, result, freight train, movement, electric locomotive, railway track, direction, exploitation, condition, district, stage, speed, calculation, rolling – stock, analysis, base, evaluation, station, present, point, average, dependence, quality, substantiation, section, profile.

Исследование возможностей и путей повышения эффективности, эксплуатационной надёжности локомотивного парка и обеспечения безопасности движения на различных участках узбекских железных дорог является важной и своевременной проблемой железнодорожной отрасли Узбекистана.

Решение этой проблемы, например, можно осуществлять путём улучшения технического обслуживания и ремонтного производства тягового электрического подвижного состава [1,2] или за счёт внедрения локомотивов гибридной тяги [3].

Сказанное в полной мере относится к локомотивному парку, тяговый подвижной состав которого эксплуатируется в АО «Ўзбекистон темир йўллари» и различается между собой не только по типу, серии, но и по тягово - энергетическим характеристикам.

Динамика ожидаемого роста грузооборота в млрд. тонно-километров брутто за пять лет приведена на рис. 1 [4], реализация которого осуществляется магистральными (поездными) грузовыми локомотивами электрической тяги. Видно, что увеличение ежегодного возрастания объёма железнодорожных перевозок грузов разных по структуре и содержанию колеблется в интервале от 3,73 до 2,40 процента, при этом их усреднённый ожидаемый рост составляет 3,05 процента.

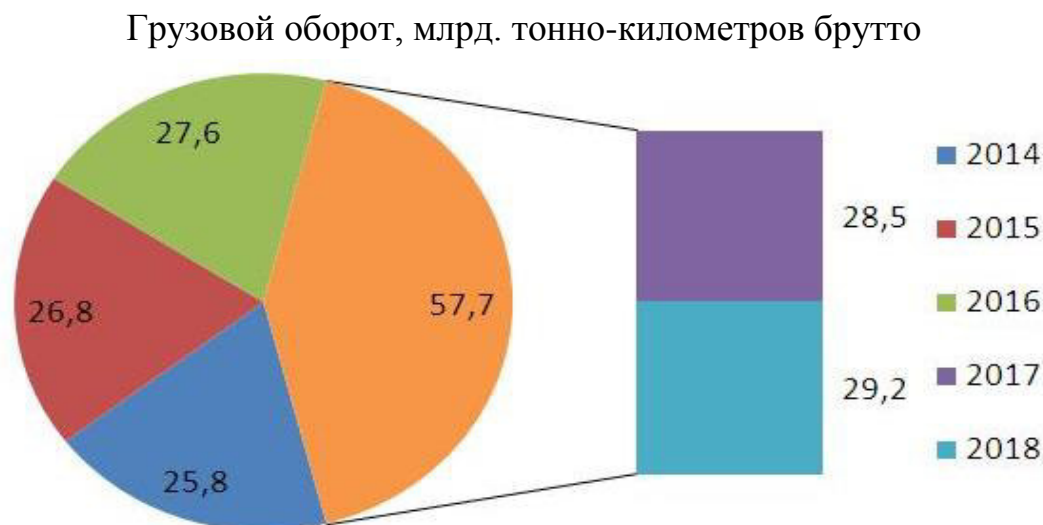


Рис. 1. Диаграмма объёма выполнения грузовых перевозок на узбекских железных дорогах

На вышеупомянутый тяговый электрический подвижной состав приходится около восемнадцати процентов всех секций эксплуатируемого парка локомотивов железнодорожной отрасли Узбекистана [5], семьдесят процентов магистральных электровозов которых – это электровозы серии ВЛ80^С в разном секционном сочетании.

Повышение эффективности перевозочного процесса магистральным (поездным) грузовым электровозным парком, несомненно, может обеспечить качественно новый подход по разработке и реализации комплекса разных по структуре технических предложений, направленных на оценку тяговых и энерго - эксплуатационных характеристик локомотивов этого парка с учётом экономного расходования энергетических ресурсов на перемещение поездов.

Поэтому необходимо выполнение глубокого теоретического и экспериментального анализа по оценке и обоснованию кинематических параметров движения грузовых поездов и параметров энергетической эффективности перевозочной работы электровозов, реализация которой осуществляется за счёт использования энергосберегающих режимов управления тягово - энергетическими установками в разных условиях эксплуатационной деятельности железных дорог.

Сотрудники кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТа и специалисты Управления по эксплуатации локомотивов АО «Ўзбекистон темир йўллари» имеют определённый и немалый научный и практический опыт в этой сфере деятельности. В этой связи, они постоянно проводят теоретические исследования, которые заключаются в обосновании эффективности магистрального (поездного) грузового электровозного парка локомотивов на разных по категории сложности участках узбекских железных дорог.

Настоящая работа продолжает исследования [4,5] и относится к локомотивам электровозной части локомотивного парка АО «Ўзбекистон темир йўллари», с помощью которых организуется технологический процесс железнодорожных перевозок грузов на одном из холмисто – горных участков узбекских железных дорог.

Целью исследования является обоснование основных показателей перевозочной работы и параметров энергетической эффективности локомотивов электрической тяги, опираясь на реальные условия эксплуатационной деятельности магистрального (поездного) грузового электровозного парка локомотивов серии ВЛ80^С на электрифицированном, действующем участке Узбекской железной дороги.

Данные исследования выполнялись для трёхсекционного магистрального (поездного) грузового электровоза серии ЗВЛ80^С в процессе реализации вождения грузового поезда без остановок на промежуточных отдельных пунктах (станции, разъезды и т.д.) с учётом реальных условиях организации эксплуатации на холмисто – горном участке Каттакурган – Навои.

Базовую составляющую исследования составили теоретические и практические рекомендации [6,7] по основам локомотивной тяги и предложенный автором алгоритм реализации сформулированной выше задачи, опираясь на исходные данные [5]: материально – технологические условия перевозочной работы электровоза, спрямлённый профиль пути холмисто-горного участка, объект

и предмет исследования.

Для обоснования параметров основных показателей перевозочной работы электровоза ЗВЛ80^С вначале была составлена математическая модель по вождению грузового поезда последним, используя с целью реализации этого предварительно рассчитанные и построенные удельные равнодействующие силы поезда, а затем выполнены графические построения кривых тока, траектории скорости и времени движения поезда на рассматриваемом участке счёта.

Объект исследования составил трёхсекционный магистральный (поездной) грузовой электровоз серии ЗВЛ80^С и спрямлённый профиль пути холмисто - горного участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Предметом исследования являются кинематические параметры движения грузовых поездов и тягово – энергетические показатели эффективности использования вышеупомянутого электровоза ЗВЛ80^С на холмисто – горном участке железнодорожной линии (магистральной) Мароканд – Навои Узбекской железной дороги.

Следует сказать, что трёхсекционный магистральный (поездной) грузовой электровоз ЗВЛ80^С имеет системы [8], основное и главное предназначение которых состоит в гарантированном и своевременном обеспечении ступенчатого контакторного изменения напряжения тяговых электродвигателей, электрическом реостатном торможении и возможности одновременного управления секциями по системе многих единиц.

Длина железнодорожного участка Каттакурган – Навои составляет 78,75 километров и состоит из двадцати шести и тридцати двух элементов [5], характеризующихся подъёмами крутизной от +0,14 до +5,77 тысячных, а также спусками от -0,12 до -5,37 тысячных и тремя «площадки» - станции Зиёвуддин и Навои, Разъезд № 33.

Холмисто - горный участок Каттакурган – Навои имеет промежуточные станции Зирабулак и Зиёвуддин, а также отдельные пункты - Разъезды № 28, № 29, № 30-33, где по станциям Каттакурган, Зирабулак и разъездам № 28, 29 скорость движения ограничена в $V^{ог} = 60$ км/ч, а по станции Зиёвуддин она имеет ограничение в $V^{ог} = 40$ км/ч.

На перегоне Каттакурган – Разъезд № 28 имеется два ограничения по скорости движения в $V^{ог} = 80$ км/ч. При этом максимальное ограничение по скорости движения грузового поезда на заданном холмисто – горном участке соответствует $V^{max} = 90$ км/ч.

Результат обоснования параметров основных показателей перевозочной работы магистрального (поездного) грузового электровоза ЗВЛ80^С показан в таблице 1. Индексом звёздочка * обозначены данные, в которых учитывается налог на добавленную стоимость.

Таблица 1

Показатели использования электровозов ЗВЛ80С на участке
Каттакурган – Навои, движение без остановок

Варианты тяговых расчётов	Условия перевозочного процесса			Время движения поезда, мин			Расходы электрической энергии на тягу поездов		Затраты денежных средств	
	масса состава Q, т	число осей m, осей	техническая скорость движения, V _T , км/ч	общее t _x	режим тяги t _T	режим холостого хода и торможения t _{ххт}	общий А, кВт-ч	удельный а, Вт-ч/т км брутто	полные C _э , тыс. Сум	удельные C _э , тыс. сум/км
Перегон Каттакурган – Разъезд. № 28, L= 11,25 км (11,269 км)										
1	2500	200	72,79	9,00	1,80	7,20	401,98	14,72	34,988 41,967*	3,204 3,843*
2	3000	200	71,21	9,20	2,00	7,20	409,03	12,49	35,602 42,703*	3,260 3,911*
3	3500	200	70,07	9,35	2,20	7,15	414,45	10,84	36,074 43,268*	3,304 3,963*
Перегон Разъезд. № 28 – Зирабулак, L = 16,85 км (17,641 км)										
1	2500	200	61,77	13,80	5,20	8,60	794,95	22,38	69,192 82,990*	4,870 5,847*
2	3000	200	60,89	14,00	5,90	8,10	895,50	21,01	77,944 93,490*	5,486 6,580*
3	3500	200	60,03	14,20	6,30	7,90	998,18	20,07	86,881 104,210*	6,115 7,334*
Перегон Зирабулак – Зиёвуддин, L = 27,15 км (26,729 км)										
1	2500	200	87,51	18,60	3,90	14,70	623,35	9,19	54,256 65,077*	2,000 2,399*
2	3000	200	86,58	18,80	4,20	14,60	698,40	8,58	60,790 72,913*	2,241 2,688*
3	3500	200	85,67	19,00	4,40	14,60	773,46	8,14	67,322 80,749*	2,481 2,977*
Перегон Зиёвуддин – Навои, L = 23,50 км (23,693 км)										
1	2500	200	88,57	16,05	3,50	12,55	637,45	10,76	55,483 66,549*	2,342 2,809*
2	3000	200	86,68	16,40	3,90	12,50	657,61	9,25	57,238 68,654*	2,416 2,898*
3	3500	200	85,12	16,70	4,30	12,40	675,74	8,15	58,816 70,547*	2,482 2,977*
Участок Каттакурган – Навои, L= 78,75 км (76,224 км)										
1	2500	200	79,61	57,45	14,40	43,05	2457,73	12,90	213,921 256,587*	2,806 3,366*
2	3000	200	78,31	58,40	16,00	42,40	2660,54	11,63	231,573 277,760*	3,038 3,644*
3	3500	200	77,19	59,25	17,20	42,05	2861,83	10,73	249,094 298,775*	3,268 3,920*

На рис. 2 приведены графики, описывающие динамику изменения некоторых данных тягового расчёта в зависимости от разных условий организации перевозочной работы электровозов ЗВЛ80^С без остановок на исследуемом участке железной дороги.

Из анализа приведённых данных видно, что увеличение массы состава способствует увеличению времени хода поезда и уменьшению технической скорости движения, а также обеспечивает повышение и снижение, соответственно, полного и удельного расхода электрической энергии на тягу поездов. С уменьшением массы состава, наоборот, время хода поезда и техническая скорость движения, соответственно, уменьшается и увеличивается, а упомянутые выше расходы энергетических ресурсов за поездку, соответственно, снижаются и повышаются.

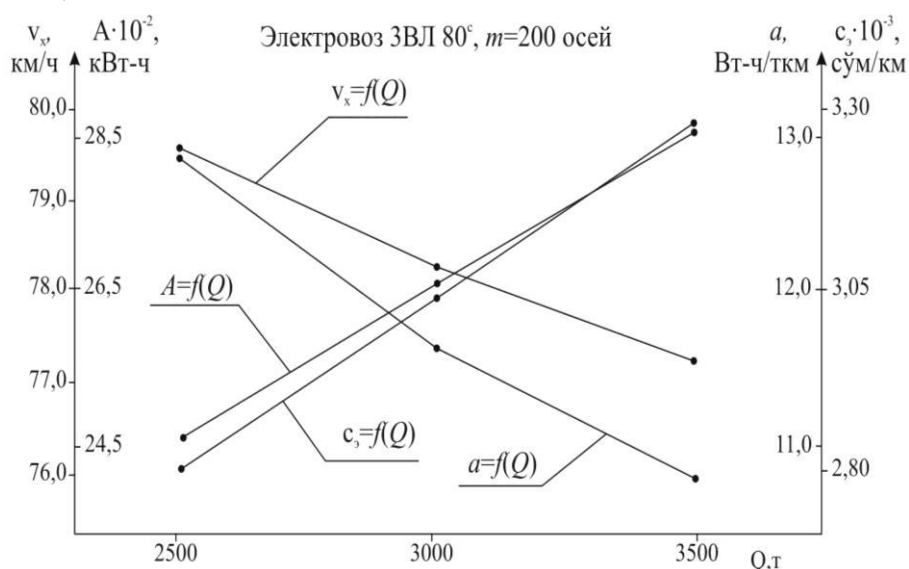


Рис. 2. Характер изменения показателей использования электровозов ЗВЛ80С на участке Каттакурган – Навои, движение без остановок

Ниже приведены аналитические зависимости по определению энергетических показателей перевозочной работы электровоза серии ЗВЛ80^С и кинематических параметров движения грузовых поездов без организации остановок на перегонах участка Каттакурган – Навои, которые были получены автором аналогично [5,8]. Здесь величина $Q_i = 1,2,3$ означает варианты тяговых расчётов.

Время движения поезда по участку t_x , мин:

$$t_x = -0,05Q_i^2 + 1,1Q_i + 56,40 \quad (1)$$

Время движения поезда в режиме тяги t_T , мин:

$$t_T = -0,2Q_i^2 + 2,2Q_i + 12,4 \quad (2)$$

Время движения поезда в режиме холостого хода и торможения $t_{xx,T}$, мин:

$$t_{xx,T} = 0,15Q_i^2 - 1,1Q_i + 44,00 \quad (3)$$

Скорость движения поезда техническая V_T , км/ч:

$$V_T = 0,09Q_i^2 - 1,57Q_i + 81,09 \quad (4)$$

Расход электрической энергии за поездку общий A , кВт - ч:

$$A = -0,76Q_i^2 + 205,09Q_i + 2253,4 \quad (5)$$

Расход электрической энергии за поездку удельный a , Вт-ч/т км брутто:

$$a = 0,185Q_i^2 - 1,825Q_i + 14,54 \quad (6)$$

Денежные затраты полные (без НДС), тыс. сўм:

$$C_3 = -0,0655Q_i^2 + 17,849Q_i + 196,14 \quad (7)$$

Денежные затраты приведённые (без НДС), тыс. сўм/км:

$$c_3 = -0,001Q_i^2 + 0,235Q_i + 2,572 \quad (8)$$

Из приведённых уравнений регрессий вытекает, что динамика изменения параметров вышеупомянутых показателей с учётом массы состава грузового поезда обозначена полиномом второй степени со стопроцентной точностью их вычисления.

Модели и кинематические параметры движения грузового поезда с учётом различных режимов работы силовых энергетических систем, а также энергетические показатели эффективности перевозочного процесса трёхсекционного магистрального (поездного) грузового электровоза 3ВЛ80^С могут быть использованы специалистами локомотивного комплекса и рекомендуются для внедрения в практику работы локомотивных депо Узбекской железной дороги.

Кроме этого, аналитические зависимости по обоснованию основных показателей перевозочной работы и параметров энергетической эффективности локомотивов электрической тяги позволят инженерно – техническому персоналу локомотивного депо Бухара наметить дальнейшие пути и принять оптимальное решение по реализации мероприятий экономного расхода электрической энергии на холмисто – горном участке своего депо.

Список литературы

1. Wang, Y. X. Display screen in the cab for the locomotive fault diagnosis system / Y. X. Wang, L. D. Wang et al. // J. China Railway Soc. – 2006. – Vol. 28, no. 3. – P. 67 – 70.
2. GT26CU-3 Locomotive Service Manual. Electro Motive Diesel Inc. – 3rd ed. – General Motors, 2009.
3. Li N. Research on Electromagnetic Transient Process of Electric Locomotive System / N. Li. – Beijing: Beijing Jiaotong Univ., 2010.
4. Абляимов, О. С. К анализу эксплуатации тепловозов UzTE16M3 на участке Мароканд – Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Абляимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – 2017. – № 3 (63) – С. 16 – 21.

5. Аблялимов, О. С. Исследование перевозочной работы электровозов ЗВЛ80С на холмисто – горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – 2016. – № 5 (59). – С. 16 – 22.

6. Кузьмич, В. Д., Теория локомотивной тяги [Текст] / В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, С. Я. Френкель // Учебник для вузов железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.

7. Деев, В. В. Тяга поездов [Текст] / В. В. Деев, Г. А. Ильин, Г. С. Афонин // Учебное пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1987. – 264 с.

8. Аблялимов, О. С. Основы управления локомотивов [Текст] / О. С. Аблялимов, Э. С. Ушаков // Учебник для профессиональных колледжей железнодорожного транспорта. – Ташкент: «Davt», 2012. – 392 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аблялимов Олег Сергеевич

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, и.о. профессора кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТ.
Тел.: +99890-975-59-43
E-mail: o.ablyalimov@gmail.com

Эркинов Бурхонжон Хайдарали ўғли
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Магистрант кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТ..
Тел. +99890-631-00-94
E-mail: erkinov.burxonjon0094@gmail.com

Гайратов Баходир Икболжон ўғли
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, г. Ташкент, 100167, Республика Узбекистан.
Студент 3-го курса Электромеханического факультета по кафедре «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТ.
Тел. +99897-262-07-11
E-mail: bgayratoff@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ablyalimov Oleg Sergeyeovich

Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET).
1, Adilhodjaeva str., Tashkent, 100167, the Republik of Uzbekistan.
Doctor of philosophy, chief scientific worker, acting professor of the chair «Locomotives and locomotive economy» TashIET.
Phone: +99890-975-59-43
E-mail: o.ablyalimov@gmail.com

Erkinov Burxonjon Xaydarali ug'li
Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET).
1, Adilhodjaeva str., Tashkent, 100167, the Republik of Uzbekistan.
Undergraduate of the chair «Locomotives and locomotive economy» TashIET.
Тел. +99890-631-00-94
E-mail: erkinov.burxonjon0094@gmail.com

Gayratov Bahodir Ikboljon ug'li
Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET).
25, Eltuzar str., Tashkent, 100167, the Republik of Uzbekistan.
Student of 3 courses of the Electromechanical department by of the chair «Locomotives and locomotive economy» TashIET.
Тел. +99897-262-07-11
E-mail: bgayratoff@gmail.com

О. С. Абляимов, Б. Х. Эркинов, Б. И. Гайратов

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ),
г. Ташкент, Республика Узбекистан

К ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВОЗОВ UzTE16M3 НА УЧАСТКЕ КАТТАКУРГАН – НАВОИ АО «ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ

Аннотация. Представлены результаты исследований по анализу и оценке эффективности использования тепловозов UzTE16M3 на участке Каттакурган - Навои узбекских железных дорог при движении грузовых поездов с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах. Приведены параметры основных показателей перевозочной работы исследуемых тепловозов UzTE16M3 в виде табличных данных и графических зависимостей, а также обозначены уравнения регрессии для организации вычисления значений упомянутых показателей в принятом диапазоне изменения массы состава грузовых поездов.

Ключевые слова: исследование, результат, грузовой поезд, движение, тепловоз, железнодорожный путь, участок, эксплуатация, условие, направление, этап, скорость, расчёт, подвижной состав, анализ, оценка, станция, представить, пункт, средний, зависимость, обоснование, качество, перегон, профиль.

Oleg S. Abyalimov, Burhonjon X. Erkinov, Bahodir I. Gayratov

Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET), Tashkent, the Republik of Uzbekistan

TO EXPLOITATION OF THE UzTE16M3 DIESEL LOCOMOTIVES ON KATTAKURGAN – NAVOI SECTION OF «UZBEKISTAN RAILWAYS» JSC

Abstract. The article includes research results of analyzing and evaluating UzTE16M3 diesel locomotives efficiency on Kattakurgan - Navoi road section of uzbek railways while hauling freight trains with stopping on through stations, passing places and division points. Main parameters of basic movement work of researched UzTE16M3 diesel locomotives are shown as tabled values and graphic dependencies, also equations of organizing necessary calculations mentioned above in accepted range of mass variation are marked here.

Keywords: research, result, freight train, movement, diesel locomotive, railway track, district, exploitation, condition, direction, stage, speed, calculation, rolling - stock, analysis, evaluation, station, present, point, average, dependence, base, quality, substantiation, profile.

Безусловно, внедрение в ремонтное производство и эксплуатационную деятельность линейных локомотиворемонтных предприятий перспективных конструктивных изменений, наукоёмких технических и технологических решений будет способствовать повышению безопасности движения поездов, эксплуатационной надёжности и эффективности перевозочной работы локомотивов.

В настоящее время, сотрудники кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТа и специалисты локомотивного комплекса Узбекской железной дороги принимают активное участие в этой сфере научных исследований.

Сказанное относится к действующим и новым участкам узбекистанских железных дорог. Использование локомотивов тепловозной тяги при реализации грузового и пассажирского движения на разных по степени сложности и протяжённости участках узбекистанских железных дорог, в том числе и на электрифицированных, всё ещё остаётся востребованным.

Подтверждением сказанному служит гистограмма [1], на которой приведена классификация локомотивов электрической и дизельной тяги эксплуатируемого локомотивного парка АО «Ўзбекистон темир йўллари» с учётом осуществляемой ими работы. Эта гистограмма, также, свидетельствует о том, что значительная часть всего объёма железнодорожных перевозок грузов разнообразных по структуре и содержанию, организованная посредством грузовых поездов, реализуется магистральным (поездным) грузовым тяговым дизельным подвижным составом – это двух, трёх, или четырёхсекционные тепловозы серии ТЭ10М и *UzTE16M*.

Упомянутые тепловозы составляют приблизительно 53,12 процента всего эксплуатируемого локомотивного парка АО «Ўзбекистон темир йўллари», тяговый подвижной состав которого участвует в магистральном, маневровом и пригородном (имеется ввиду электрические секции) видах движения.

Опираясь на сказанное выше, изыскание перспективных путей экономного расходования дизельного топлива в пути следования подвижного состава с учётом сокращения денежных ресурсов на его потребление и приобретение продолжает оставаться важной проблемой железнодорожного транспорта вообще, в том числе узбекского в частности.

В структурных подразделениях АО «Ўзбекистон темир йўллари» весьма успешно сказанное реализуется за счёт внедрения в практику работы локомотивных депо нового трёхсекционного магистрального (поездного) грузового тепловоза *UzTE16M3*, прошедшего модернизацию в результате использования на тепловозе 3ТЭ10М дизеля 1А-5Д49 взамен устаревшего дизеля 10Д100 [2].

Таким образом, настоящие теоретические исследования состоят в решении локальной задачи транспортной энергетики по обоснованию эффективности использования упомянутых тепловозов *UzTE16M3* при реализации грузовых железнодорожных перевозок на холмисто – горном участке Каттакурган – Навои

АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Конструктивная особенность тепловозов *UzTE16M3* и характеристика профиля пути с учётом принятого ограничения скоростей движения грузовых поездов обозначены в [1].

Цель исследований реализовывалась посредством данных [2] и фундаментальной составляющей теории тяги поездов [3,4], которая зафиксирована в правилах тяговых расчётов для поездной работы [5] – принцип наибольшего (полного) обеспечения мощностных и тяговых качеств локомотивов дизельной тяги с учётом максимальной величины кинетической энергии поезда при прохождении им каждого конкретного элемента железнодорожного профиля пути.

Ведение грузового поезда, масса составов которого варьировалась в диапазоне 2500 т – 3500 т с учётом фиксированной дифференциации её через каждые 500 т и одинаковым количеством осей равным двести, осуществлялось упомянутыми тепловозами *UzTE16M3* на принятом холмисто – горном участке с остановками.

В таблице 1 приведены значения кинематических параметров движения грузового поезда для разных вариантов ведения тепловозом *UzTE16M3* и его энергетические показатели в количественном и денежном исчислении.

Анализ и оценка этого этапа исследования по отношению к унифицированному грузовому поезду свидетельствует:

– уменьшение расхода натурального дизельного топлива за поездку, в первую очередь, связано с увеличением времени хода грузового поезда на режимах холостого хода, торможения и уменьшением времени работы силовой энергетической установки магистральных тепловозов под нагрузкой и, как следствие, это способствует уменьшению механической работы сил, действующих на упомянутый поезд в режиме тяги;

– увеличение массы состава и времени работы силовых энергетических установок грузового тепловоза на режимах тяги обеспечивает, также, и увеличение израсходованного им количества натурального дизельного топлива на тягу поездов;

– для исследуемой серии тепловоза каждое последовательное уменьшение массы состава грузового поезда на величину $\Delta Q = 500\text{т}$ приводит не только к снижению полной и удельной стоимости железнодорожных перевозок в грузовом движении, но и будет способствовать повышению удельного расхода натурального дизельного топлива на тягу поездов;

– повышение топливно – энергетической эффективности использования исследуемой серии тепловоза напрямую зависит от увеличения объёма перевозочной работы и рационального применения на режимах тяги «энергооптимальных» позиций контроллера машиниста с учётом самых высоких коэффициентов полезного действия силовой цепи в сочетании с режимом холостого хода и торможения.

Таблица 1

Показатели использования тепловозов $UzTE16M3$ на холмисто – горном участке Каттакурган – Навои, движение с остановками

Варианты ведения поезда	Показатели перевозочного процесса			Время движения поезда, мин			Расходы дизельного топлива				
							количественные			денежные	
	масса состава Q , т	число осей m , осей	техническая (ходовая) скорость движения, V_T , км/ч	общее t_x	режим тяги t_T	режим холостого хода и торможения $t_{xx+т}$	общий	удельный		полные C_T , тыс. с\ум	удельные C_T , тыс. с\ум/км
за поездку E , кг							натурного топлива e , кг/10 ⁴ ткм брутто	условного топлива e_y , кг/10 ⁴ ткм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перегон Каттакурган – Разъезд. № 28, $L = 11,25$ км (11,269 км)											
1	2500	200	58,29	11,60	4,80	6,80	113,41	40,26	57,57	200,79	17,818
2	3000	200	56,82	11,90	4,90	7,00	115,82	34,26	48,99	205,05	18,196
3	3500	200	58,04	11,65	5,70	5,95	133,21	33,77	48,29	235,84	20,928
Перегон Разъезд. № 28 – Зирабулак, $L = 16,85$ км (17,641 км)											
1	2500	200	68,99	24,80	7,50	17,30	189,40	42,95	61,42	335,32	19,008
2	3000	200	66,83	25,60	8,15	17,45	215,41	40,70	58,20	381,37	21,618
3	3500	200	65,93	25,95	8,35	17,60	223,66	37,84	54,11	395,98	22,446
Перегон Зирабулак – Зиёвуддин, $L = 27,15$ км (26,729 км)											
1	2500	200	72,57	22,10	6,40	15,70	155,79	23,31	33,34	275,82	10,319
2	3000	200	70,34	22,80	6,80	16,00	165,06	20,58	29,43	292,23	10,933
3	3500	200	69,72	23,00	7,40	15,60	178,37	19,06	27,25	315,80	11,815
Перегон Зиёвуддин – Навои, $L = 23,50$ км (23,693 км)											
1	2500	200	74,44	19,10	7,50	11,60	177,88	30,03	42,94	314,93	13,292
2	3000	200	69,68	20,40	8,55	11,85	201,83	28,39	40,60	357,33	15,082
3	3500	200	66,74	21,30	9,50	11,80	223,32	26,92	38,50	395,38	16,687
Участок Каттакурган – Навои, $L = 78,75$ км (76,224 км)											
1	2500	200	68,49	69,50	26,80	42,70	636,48	32,09	45,89	1126,9	14,204
2	3000	200	65,29	72,90	29,50	43,40	698,12	29,33	41,95	1236,0	15,580
3	3500	200	65,07	73,15	32,70	40,45	768,56	27,68	39,58	1360,7	17,152

На рис. 1 показан характер изменения некоторых энергетических показателей эффективности использования для тепловозов $UzTE16M3$ в процессе движения с остановками.

Приведённые ниже уравнения регрессии получены аналогично [1,3], в которых индекс i обозначает вариант тягового расчёта.

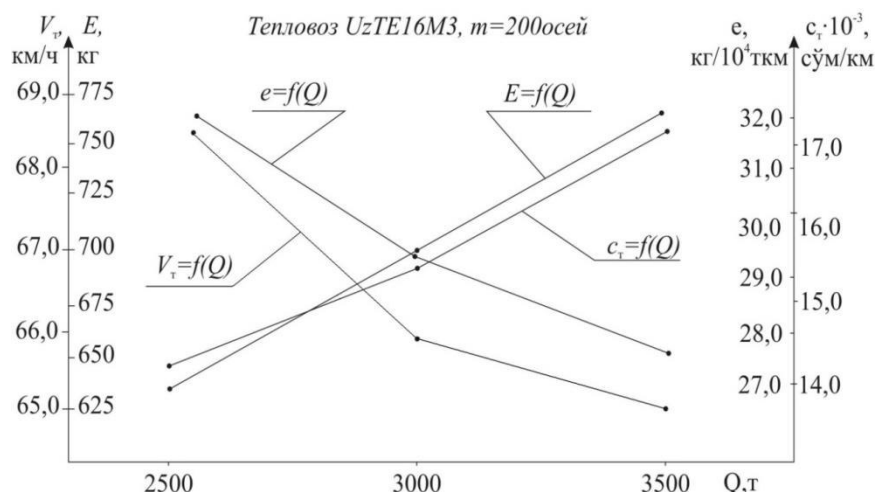


Рис. 1. Динамика энергетических показателей для тепловозов *UzTE16M3* на холмисто – горном участке Каттакурган - Навои, движение с остановками

Общее время хода поезда t_x , мин:

$$t_x = -1,575Q_i^2 + 8,125Q_i + 62,95 \quad (1)$$

Время хода поезда на режиме тяги t_T , мин:

$$t_T = 0,25Q_i^2 + 1,95Q_i + 24,60 \quad (2)$$

Время хода поезда на режиме холостого хода и торможения $t_{xx,T}$, мин:

$$t_{xx,T} = -1,825Q_i^2 + 6,175Q_i + 38,35 \quad (3)$$

Техническая скорость движения V_T , км/ч:

$$V_T = 1,49Q_i^2 - 7,67Q_i + 74,67 \quad (4)$$

Общий расход дизельного топлива за поездку E , кг:

$$E = 4,4Q_i^2 + 48,44Q_i + 583,64 \quad (5)$$

Удельный расход натурального топлива e , кг/10⁴ ткм брутто:

$$e = 0,555Q_i^2 - 4,425Q_i + 35,96 \quad (6)$$

Полные денежные затраты C_T , тыс. сўм:

$$C_T = 7,8Q_i^2 + 85,7Q_i + 1033,4 \quad (7)$$

Приведённые денежные затраты c_T , тыс. сўм/км:

$$c_T = 0,098Q_i^2 + 1,082Q_i + 13,024 \quad (8)$$

Уравнения регрессии свидетельствуют, что масса состава грузового поезда оказывает влияние на динамику изменения упомянутых выше параметров, которая описывается полиномом второй степени со стопроцентной точностью их вычисления.

Исследованиями [7 – 10 и многие другие] подтверждается достоверность моделей вождения грузовых поездов магистральными (поездными) грузовыми тепловозами *UzTE16M3*, значений параметров основных показателей перевозочной работы их и уравнений регрессии по определению вышеупомянутых параметров. В этой связи, они, вполне конкретно, могут характеризовать перевозочный процесс на холмисто – горном участке Каттакурган – Навои в

реальных условиях организации железнодорожных перевозок грузов.

Результаты данных исследований будут полезны специалистам локомотивного комплекса в процессе разработки практических рекомендаций и мероприятий по повышению топливно-энергетической эффективности перевозочного процесса, которые предлагается использовать на других, идентичных исследуемому железнодорожному участку Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари», реальных и виртуальных участках железных дорог.

Внедрение их в практику работы позволит локомотивным бригадам всегда организовывать экономию натурального дизельного топлива, расходуемого магистральными (поездными) трёхсекционными грузовыми тепловозами *UzTE16M3* в реальных условиях организации эксплуатационной деятельности участка Каттакурган – Навои холмисто – горного направления Самарканд – Навои – Бухара Узбекской железной дороги с учётом стоимости железнодорожных перевозок грузов разнообразных по содержанию и структуре.

Список литературы

1. Абляимов, О. С. Исследование эксплуатации тепловозов *UzTE16M3* на холмисто – горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Абляимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – 2016. – № 3 (57) – С. 16 – 22.

2. Абляимов, О. С. К анализу перевозочной работы тепловозов *UzTE16M3* на холмисто – горном участке железнодорожного пути [Текст] / О. С. Абляимов, М. И. Хисматулин, Т. М. Турсунов // Вестник ТашИИТ / Ташкентский ин-т инж. ж.-д. трансп. – 2016. – № 3 – С. 31 – 35.

3. Кузьмич, В. Д. Теория локомотивной тяги [Текст] / В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, С. Я. Френкель // Учебник для вузов железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.

4. Деев, В. В. Тяга поездов [Текст] / В. В. Деев, Г. А. Ильин, Г. С. Афонин // Учебное пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1987. – 264 с.

5. Правила тяговых расчётов для поездной работы [Текст] / Всесоюзный научно – исследовательский институт железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.

6. Абляимов, О. С. Основы управления локомотивов [Текст] / О. С. Абляимов, Э. С. Ушаков // Учебник для профессиональных колледжей железнодорожного транспорта. – Ташкент: «Davt», 2012. – 392 с.

7. Абляимов, О. С. Обоснование параметров перевозочной работы локомотивов дизельной тяги в эксплуатации [Текст] / О. С. Абляимов, А. М. Юсуфов, А. П. Вохидов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – 2016. – № 4 (58) – С. 15 – 20.

8. Аблялимов, О. С. Исследование эффективности использования локомотивов дизельной тяги на холмисто – горном участке железной дороги [Текст] / О. С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. –2016. – № 6 (60) – С. 17 – 24.

9. Аблялимов, О. С. К анализу эксплуатации тепловозов UzTE16M3 на участке Мароканд – Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. –2017. – № 3 (63) – С. 16 – 21.

10. Аблялимов, О. С. К вопросу эксплуатации тепловозов UzTE16M3 на участке Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Международный информационно – аналитический журнал «Crede experto: транспорт, общество, образование, язык» / Филиал Московского гос. техн. ун-та гражданской авиации. – Иркутск. – 2017. – № 3 – С. 35 – 44.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аблялимов Олег Сергеевич

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, г. Ташкент, 100167,
Республика Узбекистан.
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, и.о. профессора кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТ.
Тел.: +99890-975-59-43
E-mail: o.ablyalimov@gmail.com

Эркинов Бурхонжон Хайдарали ўғли
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, г. Ташкент, 100167,
Республика Узбекистан.
Магистрант кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТ..
Тел. +99890-631-00-94
E-mail: erkinov.burxonjon0094@gmail.com

Гайратов Баходир Икболжон ўғли
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ).
ул. Адылходжаева, д.1, г. Ташкент, 100167,
Республика Узбекистан.
Студент 3-го курса Электромеханического факультета по кафедре «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТ.
Тел. +99897-262-07-11
E-mail: bgayratoff@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ablyalimov Oleg Sergeyevich

Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET).
1, Adilhodjaeva str., Tashkent, 100167,
the Republik of Uzbekistan.
Doctor of philosophy, chief scientific worker, acting professor of the chair «Locomotives and locomotive economy» TashIET.
Phone: +99890-975-59-43
E-mail: o.ablyalimov@gmail.com

Erkinov Burxonjon Haydarali ug'li
Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET).
1, Adilhodjaeva str., Tashkent, 100167,
the Republik of Uzbekistan.
Undergraduate of the chair «Locomotives and locomotive economy» TashIET.
Тел. +99890-631-00-94
E-mail: erkinov.burxonjon0094@gmail.com

Gayratov Bahodir Ikboljon ug'li
Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET).
25, Eltuzar str., Tashkent, 100167, the Republik of Uzbekistan.
Student of 3 courses of the Electromechanical department by of the chair «Locomotives and locomotive economy» TashIET.
Тел. +99897-262-07-11
E-mail: bgayratoff@gmail.com

Научное издание

«ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

Материалы третьей всероссийской
научно-технической конференции
(10 октября 2019 г.)

Ответственный за выпуск Е. В. Пономарев

* * *

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 17.10.2019. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Плоская печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 6,39 Уч.-изд. л. 4,81.
Тираж 300 экз. Заказ

* *

Типография ОмГУПСа

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35