

Литература.

1. Chinakhov, D.A. Study of Thermal Cycle and Cooling Rate of Steel 30XГСА Single-Pass Weld Joints, Applied Mechanics and Materials. –2011. – Vol. 52–54. –Pp 442–447.
2. Chinakhov, D.A. Simulation of Active Shielding Gas Impact on Heat Distribution in the Weld Zone, Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 762. –Pp 717–721.
3. Технологическое обеспечение надежности цилиндров гидростоек механизированных крепей / Коган Б.И., Буялич Г.Д., Буялич К.Г. // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2012. – № 10 (147). – С. 29–31.
4. Особенности взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами в сложных горно-геологических условиях пологих и наклонных пластов/Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, Ю. М. Леконцев, М. Г. Лупий. -Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. -144 с.
5. Повышение сопротивления консолей механизированной крепи/Г. Д. Буялич, Б. А. Александров, Ю. А. Антонов, В. В. Воеводин//Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2000. -№ 5. -С. 82-87.
6. Буялич, Г. Д. Методика составления модели гидростойки механизированной крепи для расчетов методом конечных элементов/Г. Д. Буялич, А. В. Воробьев, А. В. Анучин//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -2012. -Отд. вып. 7: Горное машиностроение. -С. 257-262.
7. Buyalich G.D., Anuchin A.V., Dronov A.A. The Numerical Analysis of Accuracy of Hydraulic Leg Cylinder in Modeling Using Solid Works Simulation, Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 770. – pp 456-460. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.770.456.
8. Buyalich, G.D., Buyalich K.G., Voyevodin V.V. Radial deformations of working cylinder of hydraulic Legs depending on their extension, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2015. –Vol. 91. 012087, DOI:10.1088/1757-899X/91/1/012087.
9. Контактное и силовое взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами/Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин. -Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. -130 с.
10. Механизм взаимодействия механизированных крепей с кровлями угольных пластов/Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -2012. -Отд. вып. 3: Горное машиностроение. -С. 122-125.
11. Александров, Б. А. Влияние начального распора механизированной крепи на частоту и интенсивность резких осадков кровли/Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов//Вестник Кузбасского государственного технического университета. -2002. -№ 6. -С. 21-22.
12. Buyalich G.D., Buyalich K.G. Comparative Analysis of the Lip Seal in Hydraulic Power Cylinder, Applied Mechanics and Materials. – 2015. –Vol. 770. – pp: 402-406. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.770.402.
13. Buyalich G.D., Buyalich K.G. Modeling of Hydraulic Power Cylinder Seal Assembly Operation, Mining 2014 : Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control: Chinese Coal in the Century: Mining, Green and Safety, China, Qingdao, 17–20 October 2014. – 2014 : Amsterdam, Paris, Beijing. Atlantis Press. – pp. 167–170.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЦАПФЫ ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА ЭКСКАВАТОРА-
МЕХЛОПАТЫ**

*А.А. Хорешок**, *д-р техн. наук, проф.*, *П.В. Буянкин***, *канд. техн. наук, ст. преп.*,
*А.В. Воробьев****, *канд. техн. наук, доц.*

, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,*
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, 650000, Россия

,* Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: vorob@tpi.ru

Опорно-поворотное устройство экскаватора-мехлопаты является одним из важнейших узлов, определяющим надежную и безопасную эксплуатацию машины в целом. Поэтому необходимо уделять особое внимание этому элементу как при проектировании, так при изготовлении и эксплуата-

ции. Вместе с тем отмечается недостаток работ, посвященных исследованиям нагружения опорно-поворотных устройств.

Существующие в отечественном машиностроении расчетные подходы по определению нагруженности опорно-поворотных устройств (или ОПУ) сведены к математическому расчету распределенных вертикальных нагрузок на роликовый круг и отрывающего усилия на центральной цапфе. Эти подходы, в большинстве своем, являются статическими, при этом влияние эксплуатационных нагрузок учитывается динамическим коэффициентом $K_{дин}$, принимаемым равным двум и заложенными коэффициентами запаса прочности деталей. В целом, эти методы дают хороший результат, но не всегда могут учитывать некоторые специфические особенности нагружения, такие как влияние максимальных усилий резания и напора при черпании горной массы. В ряде случаев это может привести к снижению точности расчетов, и как следствие, уменьшению несущей способности узлов и их надежности, что негативно скажется при работе машины в реальных условиях ее эксплуатации. Излишняя же металлоемкость элементов выражается в завышенной стоимости машины и снижении ее ценовой конкурентоспособности при приобретении.

Компоновочная схема ОПУ экскаватора ЭКГ-10 (как наиболее распространенного) представляет собой конструкцию с однорядным роликовым кругом с цилиндрическими роликами, расположенными между верхним и нижним рельсами. Для восприятия нагрузок и во избежание опрокидывания поворотной платформы, при потере ее устойчивости, устанавливается центральная цапфа. В процессе эксплуатации контакт роликов и рельсов происходит по линии или прямоугольнику, центральная цапфа периодически принимает возникающие нагрузки [1]. Такие воздействия неизбежно приводят к износу сопряженных элементов и выходу их из строя (рис. 1).



Рис. 1. Излом центральной цапфы экскаватора ЭКГ-10 при воздействии эксплуатационных нагрузок

Для установления полной картины напряженно-деформированного состояния элементов опорно-поворотного устройства экскаватора ЭКГ-10 при воздействии эксплуатационных нагрузок, с помощью системы SolidWorks Simulation построена расчетная модель. Программный комплекс SolidWorks Simulation широко применяется для анализа напряженно-деформированного состояния конструкций, в том числе горных машин [5-9]. Для получения количественной оценки закладываемых нагрузок использовался программный комплекс Mathcad.

Общий алгоритм работы SolidWorks Simulation при решении статической задачи в линейной постановке имеет следующий вид [2, 3].

1. Создается геометрическая модель рассчитываемой конструкции (рис. 2).
2. Строится сетка конечных элементов, т.е. производится дискретизация объема, занимаемого деталью или сборкой. Для объемного тела область разбивается на тетраэдры с гранями, аппроксимируемыми линейными или параболическими функциями координат.
3. Определяются зависимости для преобразования перемещений в узлах сетки к глобальной системе координат. Для пространственных конечных элементов степенями свободы являются перемещения в направлении осей локальной системы координат элемента.
4. Вычисляются матрицы жесткости конечных элементов. В формулах для расчета компонентов матриц жесткости конечных элементов учитываются координаты узлов, модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов.
5. Полученные матрицы жесткости преобразуются из локальных систем координат элемента в глобальные, которые в свою очередь объединяются в единую глобальную матрицу жесткости.

6. Назначенные граничные (статические и кинематические) условия преобразуются в нагрузки и перемещения в узлах, выраженные в глобальной системе координат.
7. Решается полученная линейная система уравнений, определяются перемещения в узлах конечных элементов. Для решения могут использоваться прямые и итерационные методы. Выполняется расчет деформаций в узлах.
8. На основе компонентов напряженно-деформированного состояния и параметров прочности материала производится вычисление эквивалентных напряжений по выбранному критерию прочности.

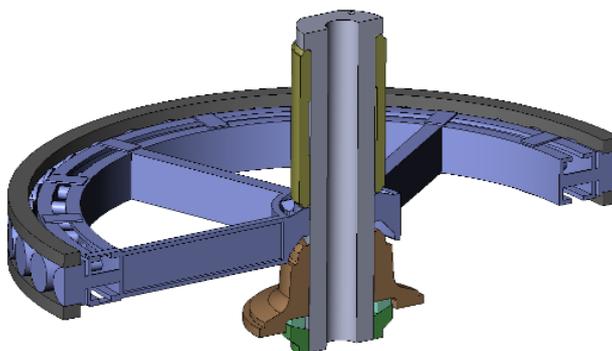


Рис. 2. Геометрическая модель опорно-поворотного устройства экскаватора ЭКГ-10 (в разрезе)

Для снижения объема расчетов были упрощены (рис. 2) некоторые детали (нижняя часть гайки цапфы с резьбой, втулка поворотной платформы), влияние которых компенсировалось соответствующими граничными условиями.

Рама поворотной платформы моделировалась верхним рельсом и втулкой. Нижняя рама была смоделирована как отливка и нижний рельс. Грани этих деталей связывались при помощи граничного условия «Жесткий соединитель», обеспечивающего жесткую связь выбранных поверхностей и неизменное расстояние между ними. Это условие корректно описывает работу конструкции, так как верхний рельс закреплен неподвижно к поворотной платформе, нижний рельс и отливка центральной цапфы неподвижно закреплены к нижней раме.

В качестве кинематического граничного условия применялось крепление «Зафиксированный», приложенное к грани нижнего рельса. Данный вид крепления ограничивает линейные перемещения по трем координатным осям, принимая их равными нулю.

Поскольку геометрическая модель, свойства материалов деталей и прилагаемые нагрузки симметричны относительно вертикальной плоскости, было использовано граничное условие «Симметрия». Геометрическая модель рассекалась по плоскости симметрии, к поверхностям в сечении применялось кинематическое граничное условие, запрещающее перемещения по нормали к секущей плоскости. Это позволило уменьшить размерность задачи, за счет чего была повышена плотность сетки конечных элементов и точность расчетов.

Исходя из сложности определения граничных условий приложения нагрузок на элементы ОПУ принято решение о приложении граничных сил, учитывающих влияние веса рукояти и ковша с горной массой ($G_{\text{рук+гр}} \max 250 \text{ кН}$), а также усилий резания и напора ($P_{01}=330 \text{ кН}$ и $P_{02}=100 \text{ кН}$). Это как раз является специфической особенностью нагружения, когда учитываются максимальные усилия резания и напора, возникающие при черпании горной массы. Точки приложения сил принимались в соответствии со схемой на рис. 3.

Действие сил переносилось из точек приложения на грань верхнего рельса за счет применения граничного условия «Дистанционная нагрузка» с опцией «Жесткая связь».

Так как расчет проводился для сборки, были описаны условия контактного взаимодействия для соприкасающихся граней деталей. Использовалось контактное условие «Нет проникновения», исключающее возникновение интерференции компонентов, но допускающее появление зазоров. Контактное условие использовалось с опцией «Поверхность с поверхностью». Этот набор контактных условий позволяет получить максимальную точность при решении контактной задачи с гладкими криволинейными взаимодействующими гранями, но требует наибольших затрат вычислительных ресурсов.

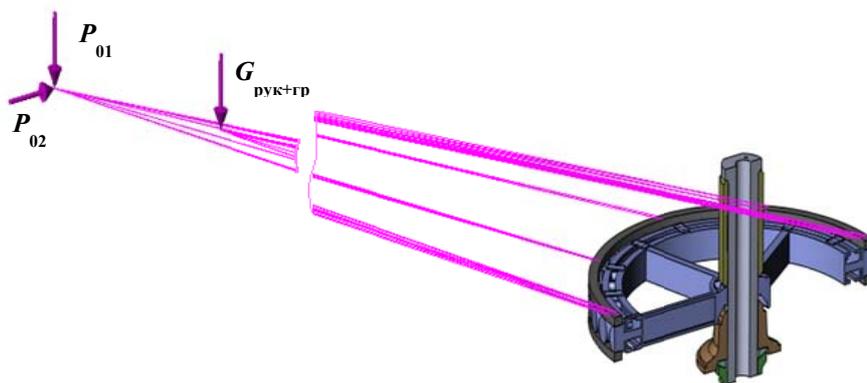


Рис. 3. Схема нагружения опорно-поворотного устройства

При дискретизации геометрической модели использовалась сетка с параболическими конечными элементами (КЭ) в форме тетраэдров. Параболические КЭ обеспечивают лучшее описание геометрии модели сеткой и повышенную точность расчетов за счет большего по сравнению с линейными КЭ числа узлов. Параметры сетки: размер КЭ – от 10 до 50 мм; соотношение увеличения размера элемента – 1,6; автоматическое уплотнение сетки не использовалось. Исходя из необходимости подробного исследования центральной цапфы, было проведено уплотнение сетки для данной детали. Максимальный размер КЭ при этом был уменьшен до 30 мм.

При вычислении исследования применялась решающая программа «FFEPlus», которая использует усовершенствованное переупорядочение матрицы, что делает ее более эффективной для больших задач.

В результате расчетов МКЭ получена картина распределения эквивалентных напряжений по критерию Мизеса в элементах опорно-поворотного устройства экскаватора ЭКГ-10 при воздействии эксплуатационных нагрузок (рис.4) [4].

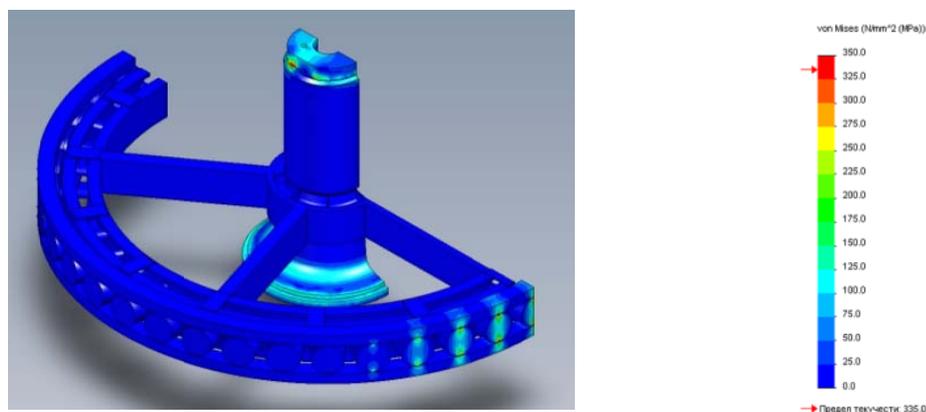


Рис. 4. Картина распределения эквивалентных напряжений по Мизесу в элементах опорно-поворотного устройства экскаватора ЭКГ-10

При этом установлено, что одним из наиболее нагруженных элементов ОПУ является центральная цапфа. Максимум напряжений на цапфе расположен в области галтели, при этом дополнительным концентратором напряжений является отверстие под рым-болт (рис. 5, а). На этом рисунке показана область детали, в которой напряжения превышают предел текучести для материала центральной цапфы (для стали 40 ГОСТ 1050-88 - 335 МПа). Этот факт подтверждает, что эксплуатационные нагрузки носят разрушающий характер и могут привести к поломке цапфы. Также из картины распределения эквивалентных напряжений следует, что наиболее нагружены места верхнего рельса в местах контакта с передними роликами в количестве 7 штук.

Одним из рациональных решений для исключения концентрации напряжений в центральной цапфе, предложен перенос отверстий под рым-болты ближе в центральной части (было 230 мм,

предложено 165 мм при прежней глубине отверстия), а также увеличение радиуса галтели с 10 до 25 мм (рис. 5, б). Это предложение не повлечет значительного изменения конструкции остальных (сопряженных) элементов опорно-поворотного устройства.

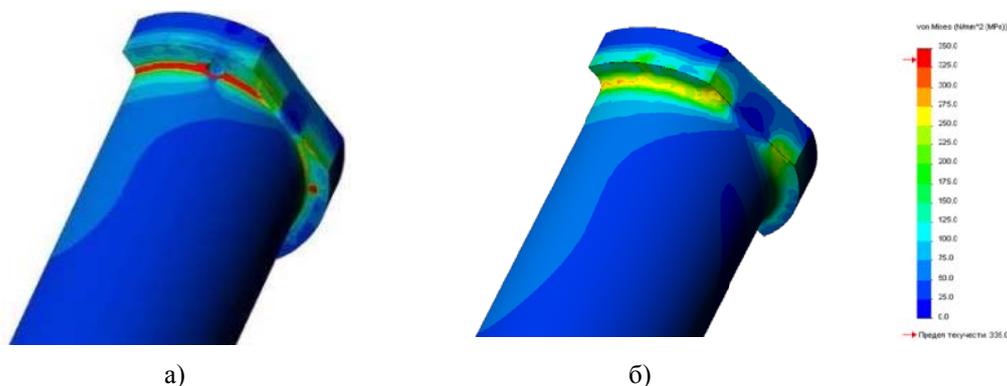


Рис. 5. Общий вид распределения эквивалентных напряжений по Мизесу в центральной цапфе:
а) - в местах с наибольшей концентрацией и превышением предела текучести стали 40
ГОСТ 1050-88, б) - с концентрацией напряжений после доработки конструкции

Анализ полученного напряженно-деформированного состояния опорно-поворотного устройства позволил установить картину распределения напряжений в его элементах и установить, что в процессе эксплуатации возможно изменение технического состояния конструкции, вплоть до износа и излома отдельных элементов. Использование разработанной модели напряженно-деформированного состояния позволит разрабатывать как различные конструкции отдельных элементов, так и компоновочные схемы опорно-поворотных устройств при воздействии максимальных нагрузок, необходимых для снижения концентрации напряжений. Одним из таких решений предложена усовершенствованная цапфа, рациональная конструкция которой снижает концентрацию напряжений при воздействии эксплуатационных нагрузок.

Литература.

1. Буянкин, П. В. Расчет нагрузок в опорно-поворотном устройстве экскаватора-мехлопаты / П. В. Буянкин // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2014, №2. – С. 19–21.
2. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.: ил. + DVD – (Мастер).
3. SolidWorksSimulation. Как решать практические задачи / А.А. Алямовский. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 448 с.: ил. + DVD - (Мастер).
4. Хорешок, А. А. Оценка эксплуатационных нагрузок на опорно-поворотное устройство экскаваторов-мехлопат /А. А. Хорешок, И.Д. Богомолов, П. В. Буянкин, А. В. Воробьев // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – №6. – С. 43-46.
5. Effect of operating stresses on elements of shovel swing bearings / Khoreshok A.A., Bogomolov I.D., Buyankin P.V., Vorobev A.V. // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 770. pp. 445-448.
6. Stress-deformed state knots fastening of a disk tool on the crowns of roadheaders / Khoreshok A, Mame-tyev L, Borisov A, Vorobiev A // Mining 2014. Taishan academic forum - project on mine disaster prevention and control. Chinese coal in the XXI century: Mining, green and safety. – Qingdao, China, October 17-20, 2014, Atlantis press, Amsterdam-Paris-Beijing, 2014. pp. 177-183.
7. The application of the analytic hierarchy process when choosing layout schemes for a geokhod pumping station / Chernukhin R.V., Dronov A.A., Blashchuk M.Y. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. Т. 91. № 1. С. 012086.
8. Classification of geokhod units and systems based on product cost analysis and estimation for a prototype model production / Aksenov V.V., Walter A.V., Gordeyev A.A., Kosovets A.V. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. Т. 91. № 1. С. 012088.
9. Determination of necessary forces for geokhod movement / Efremenkov A.B., Timofeev V.Y. // IFOST 2012: Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, September 18-32, 2012, Tomsk. – С. 1 – 4.

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Сборник трудов
Международной научно-практической
конференции**

**17-18 декабря 2015 года
Юрга**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Сборник трудов
Международной научно-практической конференции

17–18 декабря 2015 г.

Томск 2015

УДК 62.002(063)

ББК 34.4л0

А43

Актуальные проблемы современного машиностроения : сборник трудов Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 198 с.

Сборник содержит материалы Международной научно-практической конференции по актуальным проблемам в сварочном производстве, машиностроении, металлургии, экологии и экономике.

Предназначен для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов технических и экономических специальностей.

УДК 62.002(063)

ББК 34.4л0

Ответственный редактор

Д.А. Чинахов

Редакционная коллегия

Д.В. Валуев

Е.А. Зернин

А.А. Моховиков

А.А. Сапрыкин

С.А. Солодский

Е.Г. Фисоченко

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ МАШИНОСТРОЕНИЯ <i>Темпель Ю.А., Темпель О.А.</i>	7
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО» НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ <i>Темпель О.А., Темпель Ю.А.</i>	11
РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ MECHBIOS DEVELOPMENT STUDIO <i>Чиков И.Н., Родионов Г.В., Киселёв А.В.</i>	14
ОЦЕНКА ГЕОХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК <i>Аксенов В.В., Косолец А.В., Нестерук Д.Н., Адамков А.В., Нестерова А.О.</i>	16
ПЕРЕДАЧА АНАЛОГОВОГО СИГНАЛА В ПК С ДАТЧИКА УСКОРЕНИЯ <i>Жуков Е.М., Жугда В.А.</i>	21
ОПЕРАТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЗМОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИКИ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ <i>Алешин А.К., Ковалева Н.Л., Фирсов Г.И.</i>	23
АДАПТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА <i>Афиногенова И.Н.</i>	28
МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО ПОДХОДА <i>Мамедов Ф.М.</i>	31
ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ <i>Шаталов М.А., Мычка С.Ю.</i>	32
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА <i>Глеков П.М.</i>	36
НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА <i>Ахмедов А.Э., Смольянинова И.В.</i>	38
МАТРИЧНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ГТД НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Кожина Т.Д., Ерошков В.Ю.</i>	40
УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА С УЧЕТОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>Пилипенко А.В., Пилипенко О.В., Пилипенко А.П.</i>	47
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ <i>Буялич Г.Д., Антонов Ю.А.</i>	50
ДИНАМИЧЕСКИЙ ГАСИТЕЛЬ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАСТРОЙКОЙ <i>Томилин А.К., Прокопенко Е.В.</i>	52

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ КОМПАНИИ «ПИТЕРСОФТ» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	
<i>Филистеева Е.А.</i>	57
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АДАПТИВНЫМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ МОДУЛЕМ	
<i>Жуков Е.М., Тюрин А.В., Жуков В.Е.</i>	60
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ	
<i>Статников И.Н., Фирсов Г.И.</i>	63
ПРОБЛЕМА МИГРАЦИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН В ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
<i>Полежаев П.Н., Адрова Л.С.</i>	69
<u>СЕКЦИЯ 2: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ</u>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ВНУТРИТРУБНОЙ ДИАГНОСТИКИ ГАЗОПРОВОДОВ	
<i>Голубкин И.А.</i>	72
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕМ СПАРЕННОМ ДИСКОВОМ ИНСТРУМЕНТЕ НА ЧЕТЫРЕХГРАННЫХ ПРИЗМАХ	
<i>Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Борисов А.Ю., Воробьев А.В.</i>	77
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ТЯГОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ЧИСЛОМ ФАЗ НЕКРАТНЫМ ТРЕМ	
<i>Морозов П.В.</i>	86
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ	
<i>Нейман Л.А.</i>	88
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ	
<i>Нейман Л.А., Нейман В.Ю.</i>	93
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОТОННОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ	
<i>Петров Д.А., Проскурин С.Г.</i>	98
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РУКОЯТИ ЭКСКАВАТОРА	
<i>Ахметжанов Т.Б., Даненова Г.Т.</i>	100
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД В ПРЕПОДАВАНИИ ОСНОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ В ВУЗАХ	
<i>Горбатов В.В., Горбатов И.В., Акимов А.В.</i>	103
МЕТОД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕКТОРНЫХ МАГНИТНЫХ ДИПОЛЕЙ В РАСЧЕТАХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ	
<i>Бахвалов Ю.А., Гречихин В.В., Юфанова А.Л.</i>	107
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ ГЛУБИН ПРИ СЪЕМКЕ МОРСКОГО ДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ CARIS HIPS, GMT И ARCGIS	
<i>Леменкова П.А.</i>	111

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Гнедаш Е.В.</i>	117
ВЛИЯНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ДИАМЕТРА ГИДРОЦИЛИНДРА НА ЕГО ОБЩУЮ ДЕФОРМАЦИЮ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА <i>Увакин С.В., Буялич Г.Д.</i>	120
ПРИМЕНЕНИЕ ДВУСЛОЙНЫХ ЦИЛИНДРОВ В ГИДРОСТОЙКАХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ <i>Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Воеводин В.В.</i>	123
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЦАПФЫ ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА ЭКСКАВАТОРА-МЕХЛОПАТЫ <i>Хорешок А.А., Буянкин П.В., Воробьев А.В.</i>	125
 <u>СЕКЦИЯ 3: МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, МЕХАНИКА И ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ</u>	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПУТЁМ СНЯТИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ РЕЖУЩИХ В ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИНАХ <i>Макарчук А.Е., Мельников А.А., Темпель Ю.А.</i>	130
ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ СЛОЕВ Ti-Al НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА VT1-0 МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ <i>Матц О.Э., Батаев И.А.</i>	133
ИЗНОСОСТОЙКИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ СМЕСИ «СВМПЭ+ПТФЭ», НАПОЛНЕННЫЕ НАНО- И МИКРОЧАСТИЦАМИ И ВОЛОКНАМИ <i>НуеунСуан Тьук, Панин С.В., Корниенко Л.А.</i>	135
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОГЕЛЯ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ <i>Окулова А.А., Орлова Н.Ю.</i>	139
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕДОМОГО ДИСКА УСТРОЙСТВА БЛОКИРОВКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ ГИДРОМУФТЫ НА НАГРУЗОЧНУЮ СПОСОБНОСТЬ <i>Коперчук А.В., Мурин А.В.</i>	141
РЕКОНСТРУКЦИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ С РЕКУПЕРАТОРНЫМИ ХОЛОДИЛЬНИКАМИ, С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ <i>Липчанская Ю.Г., Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А.</i>	146
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ СВОБОДНОГО ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА ТРАНСМИССИИ ГЕОХОДА С ГИДРОЦИЛИНДРАМИ <i>Блащук М.Ю., Дронов А.А.</i>	150
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МАГНЕТРОННОГО СИНТЕЗА НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК AlTiN НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ <i>Кожина Т.Д.</i>	155
КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРОШКИ «КАРБИД ТИТАНА – ТИТАН» ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКЕ <i>Креницын М.Г.</i>	161
ПОКРЫТИЯ «ТИТАН – КАРБИД ТИТАНА» ПОЛУЧЕННЫЕ ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКОЙ <i>Креницын М.Г.</i>	166

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ <i>Кожина Т.Д., Курочкин А.В.</i>	169
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА НАПЛАВКИ ТЕПЛОСТОЙКИМИ СТАЛЯМИ ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ <i>Малушин Н.Н., Валуев Д.В., Ковалев А.П., Серикбол А.</i>	177
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ В СРЕДЕ АЗОТА НА ОСНОВЕ ТЕПЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГОРНО - МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Малушин Н.Н., Валуев Д.В., Ковалев А.П., Серикбол А.</i>	183
СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ В СВАРНОМ ШВЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМг6, ПОЛУЧЕННОГО СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ <i>Клименов В.А., Абзаев Ю.А., Клопотов А.А., Поробова С.А.</i>	189
СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОГО ДВУХЛУЧЕВОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА И КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ИНТЕРФЕРОГРАММ <i>Носков М.Ф., Овчинников С.С.</i>	192
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ	197

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

- Абзаев Ю.А. 189
Адамков А.В. 16
Адрова Л.С. 69
Акимов А.В. 103
Аксенов В.В. 16
Алешин А.К. 23
Антонов Ю.А. 50
Афиногенова И.Н. 28
Ахмедов А.Э. 38
Ахметжанов Т.Б. 100
Батаев И.А. 133
Бахвалов Ю.А. 107
Блащук М.Ю. 150
Бондаренко Ю.А. 146
Борисов А.Ю. 77
Буялич Г.Д. 50, 120, 123
Буялич К.Г. 123
Буянкин П.В. 125
Валуев Д.В. 177, 183
Воеводин В.В. 123
Воробьев А.В. 77, 125
Глеков П.М. 36
Гнедаш Е.В. 117
Голубкин И.А. 72
Горбатов В.В. 103
Горбатов И.В. 103
Гречихин В.В. 107
Даненова Г.Т. 100
Дронов А.А. 150
Ерошков В.Ю. 40
Жугда В.А. 21
Жуков В.Е. 60
Жуков Е.М. 21, 60
Киселёв А.В. 14
Клименов В.А. 189
Клопотов А.А. 189
Ковалев А.П. 177, 183
Ковалева Н.Л. 23
Кожина Т.Д. 40, 155, 169
Коперчук А.В. 141
Корниенко Л.А. 135
Косолец А.В. 16
Кривицын М.Г. 161, 166
Курочкин А.В. 169
Леменкова П.А. 111
Липчанская Ю.Г. 146
Макарчук А.Е. 130
Малушин Н.Н. 177, 183
Мамедов Ф.М. 31
Маметьев Л.Е. 77
Матц О.Э. 133
Мельников А.А. 130
Морозов П.В. 86
Мурин А.В. 141
Мычка С.Ю. 32
НгуенСуан Тьук 135
Нейман В.Ю. 93
Нейман Л.А. 88, 93
Нестерова А.О. 16
Нестерук Д.Н. 16
Носков М.Ф. 192
Овчинников С.С. 192
Окулова А.А. 139
Орлова Н.Ю. 139
Панин С.В. 135
Петров Д.А. 98
Пилипенко А.В. 47
Пилипенко А.П. 47
Пилипенко О.В. 47
Полежаев П.Н. 69
Поробова С.А. 189
Прокопенко Е.В. 52
Проскурин С.Г. 98
Родионов Г.В. 14
Серикбол А. 177, 183
Смольянинова И.В. 38
Статников И.Н. 63
Темпель О.А. 7, 11
Темпель Ю.А. 7, 11, 130
Томилин А.К. 52
Тюрин А.В. 60
Увакин С.В. 120
Федоренко М.А. 146
Филистеева Е.А. 57
Фирсов Г.И. 23, 63
Хорешок А.А. 77, 125
Чиков И.Н. 14
Шаталов М.А. 32
Юфанова А.Л. 107

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Сборник трудов
Международной научно-практической конференции

17-18 декабря 2015 года

Компьютерная верстка и дизайн обложки
Д.В. Валуев, Е.Г. Фисоченко

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати . Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. .
Заказ . Тираж 150 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
Сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru