

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕМ СПАРЕННОМ ДИСКОВОМ ИНСТРУМЕНТЕ НА ЧЕТЫРЕХГРАННЫХ ПРИЗМАХ

А.А. Хорешок*, ** д.т.н., проф., Л.Е. Маметьев*, д.т.н., проф., А.Ю. Борисов*, ст. преп.,
А.В. Воробьев**, к.т.н., 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: haa.omit@kuzstu.ru, bau.asp@rambler.ru, vorob@tpu.ru

Основным недостатком многочисленных исполнительных органов проходческих комбайнов с поперечно-осевыми исполнительными органами является низкая производительность процесса зарубки из-за наличия неразрушаемого целика забойного массива в межкорончатом пространстве, что требует дополнительных возвратно-поворотных движений стрелы в горизонтальной плоскости. Для повышения эффективности процесса зарубки исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия с поперечно-осевыми аксиальными коронками, разделенными друг от друга корпусом раздаточного редуктора, предложено техническое решение (патент РФ 136086), на базе которого в межкорончатой зоне размещены дисковые инструменты на четырехгранных призмах (рис. 1) [9–11, 13, 14, 16, 17].

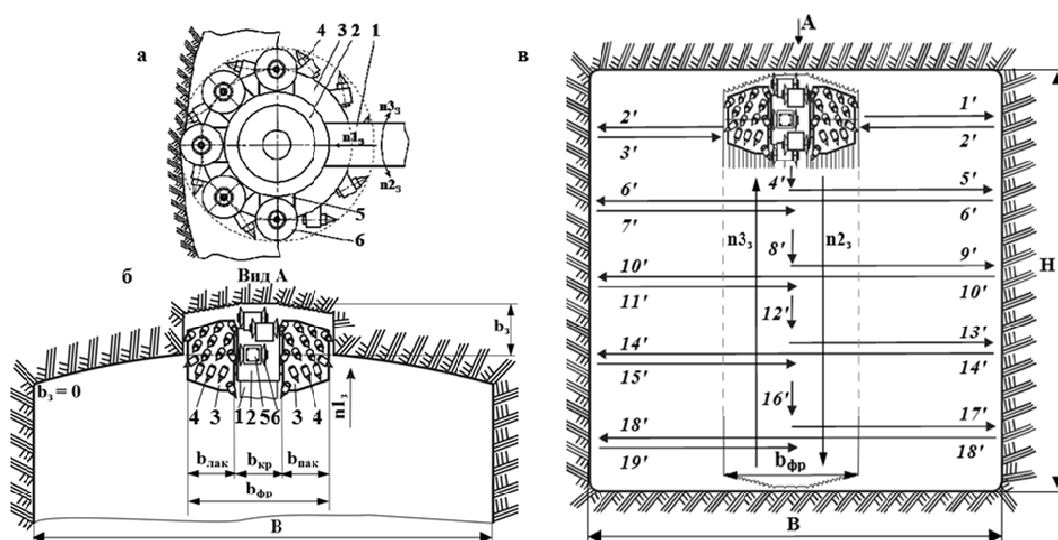


Рис. 1. Исполнительный орган с резцовыми и дисковыми инструментами: а – зона размещения дисковых инструментов; б – процесс центральной зарубки; в – последовательность обработки проходческого забоя

Исполнительный орган проходческого комбайна избирательного действия (рис. 1, а, б) содержит стрелу 1, корпус раздаточного редуктора 2 с двумя разрушающими аксиальными коронками 3, содержащими резцы 4. К цилиндрической наружной поверхности корпуса раздаточного редуктора 2 прикреплены четырехгранные призмы 5 с двумя дисковыми инструментами 6. Стрела 1 исполнительного органа может перемещаться в трех направлениях относительно неподвижного корпуса проходческого комбайна с помощью шести гидродомкратов. При этом два гидродомкрата обеспечивают телескопическую осевую раздвижность по стрелке n_{13} , два гидродомкрата подъема и опускания в вертикальной плоскости перемещают стрелу 1 по стрелкам n_{23} или n_{33} , а два гидродомкрата поворота в горизонтальной плоскости обеспечивают ее движение к бортам выработки.

Внутреннее пространство четырехгранной призмы 5 с узлами крепления дискового инструмента 6 закрыто герметичной четырехгранной крышкой. При этом диаметр окружности (рис. 1, а), описывающий вылет наружных кромок дисковых инструментов 6 в плоскости перпендикулярной оси вращения коронок 3 не превышает диаметра окружности, описывающий максимальный радиальный вылет крайних резцов 4 на больших основаниях разрушающих аксиальных коронок 3.

Исполнительный орган проходческого комбайна избирательного действия осуществляет циклическое проведение выработки прямоугольного сечения по высоте H и ширине B (рис. 1, б, в). Подготовка к циклу проходки начинается с процесса зарубки в центральной части выработки. При зарубке стрелы с двумя разрушающими аксиальными коронками на требуемую величину заглупления в направлении продольной оси выработки или на ширину поперечного захвата b_3 (рис. 1, б), совмещают возвратно-циклические перемещения стрелы в вертикальной плоскости от кровли до почвы выработки n_2 и обратно, n_3 с постепенной телескопической раздвижностью n_1 на заданную ширину захвата b_3 . Этот процесс обеспечивается одновременной работой гидродомкратов подъема стрелы, гидродомкратов телескопической раздвижности стрелы и непрерывным вращением двух разрушающих аксиальных коронок с резцами. Процесс зарубки осуществляется по ширине фронта зарубки $b_{фр}$, включающего ширину зарубки левой $b_{лак}$ и правой $b_{пак}$ разрушающих аксиальных коронок, а также ширину $b_{кр}$ корпуса раздаточного редуктора в виде сектора цилиндра с углом охвата $\varphi \leq \pi/2$, на наружной поверхности которого с определенной схемой набора прикреплены четырехгранные призмы с двумя дисковыми инструментами, работающими в режиме поворотно-строгальной установки.

После зарубки можно использовать следующую траекторию движения стрелы с разрушающими аксиальными коронками, осуществляемую по направлениям перемещения $1'-19'$ (рис. 1, в). На направлениях перемещения $1'-11'$ преобладают процессы разрушения, а на направлении перемещения $1'-3'$, $17'-19'$ преобладают процессы разрушения, зачистки выступов-гребешков на поверхностях кровли и почвы выработки. После окончательной зачистки почвы от продуктов разрушения по всей ширине B выработки, проходческий комбайн подается вперед на забой, а стрела сокращает телескопическую раздвижность гидродомкратами на величину b_3 и следующий рабочий цикл обработки забоя повторяется.

Результаты исследований по моделированию напряженного состояния сопрягаемых элементов узлов крепления двух дисковых инструментов на четырехгранных призмах в отдельных режимах вращения при центральной зарубке в забойные массивы проходческих горных выработок представлены в работах [13, 14, 16, 17].

Для исследования напряженного состояния узлов крепления дискового инструмента к четырехгранным призмам в спаренном режиме вращения при центральной зарубке исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия, предложено оригинальное техническое решение (патент РФ 146845), включающее четырехгранную призму со спаренными дисковыми инструментами (рис. 2) [14]. Реализация данного технического решения обеспечивает совместное вращение двух дисковых инструментов на каждой четырехгранной призме с уменьшением процесса их заклинивания и износа при зарубке стреловидного исполнительного органа проходческого комбайна в горный массив.

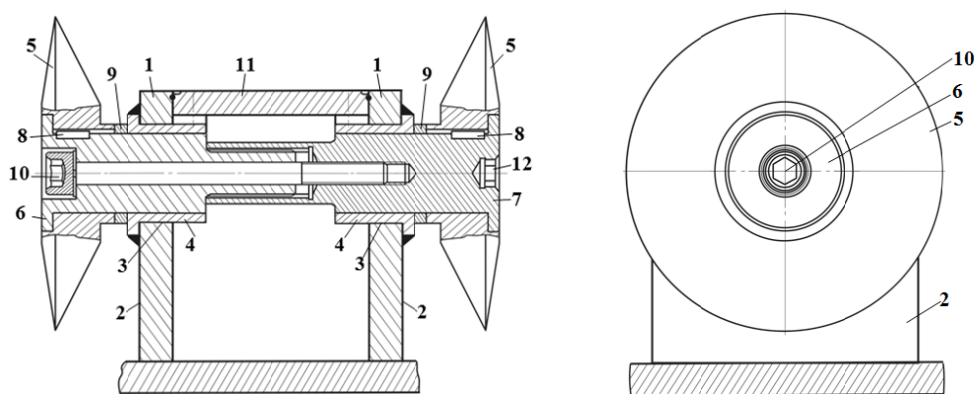


Рис. 2. Устройство жесткого соединения между двумя дисками четырехгранной призмы

Четырехгранная призма 1 (рис. 2) состоит из двух рабочих граней 2 со сквозными цилиндрическими отверстиями 3 и двух боковых граней. Внутри каждого сквозного цилиндрического отверстия 3 размещена цапфа-штулка 4. При этом спаренные дисковые инструменты 5 выполнены в виде единого сборно-разборного конструктивного модульного блока с возможностью совместного свободного вращения относительно неподвижных цапф-штулок 4. Единый сборно-разборный конструктивный модульный блок выполнен в виде жестко прикрепленных друг другу двух осей 6 и 7 с упор-

ными буртиками, одна из которых содержит шлицевой хвостовик, а другая содержит шлицевую втулку. Оси 6 и 7 имеют зоны, обеспечивающие шпоночное присоединение дискового инструмента 5 посредством шпонки-фиксатора 8. Дистанционные торцевые шайбы 9 размещены между торцевыми поверхностями каждого из двух дисковых инструментов 5 и торцевыми поверхностями упорных буртиков каждой из двух цапф-втулок 4. Ось 6 выполнена со ступенчатым сквозным отверстием, внутри которого размещен дистанционный винт 10 для крепления единого сборно-разборного конструктивного блока. Для защиты внутреннего пространства четырехгранной призмы 1 используют четырехгранную крышку 11. Со стороны свободного торца оси 7 выполнено шестигранное углубление 12 под ключ для осуществления монтажно-демонтажных операций.

Построение конечно-элементных моделей (рис. 3) и расчет усилий нагружений P_z , P_y , P_x (табл. 1) для спаренного дискового инструмента с узлами крепления на четырехгранных призмах осуществлено по методикам, изложенным в исследованиях исполнительного органа с реверсивными радиальными коронками и одиночными дисковыми инструментами на опорах-кронштейнах и трехгранных призмах, а также с аксиальными резовыми коронками и двумя отдельными дисковыми инструментами на четырехгранных призмах [4–6, 12–17]. За исходные условия при расчете параметров напряженного состояния были выбраны диапазоны характеристик разрушаемых забойных массивов: угольного ($\sigma_{сж} = 12,4; 13,5; 14,8$ МПа) и породного ($\sigma_{сж} = 51; 60,6; 78,9$ МПа). Для моделирования напряженно-деформированного состояния сопрягаемых элементов узлов крепления использованы четыре варианта конструкций дискового инструмента диаметром $D = 0,16$ м (три биконических с углами заострения: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ; 20^\circ + 10^\circ = 30^\circ; 15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$ и один конический $\varphi = 0^\circ + 30^\circ$).

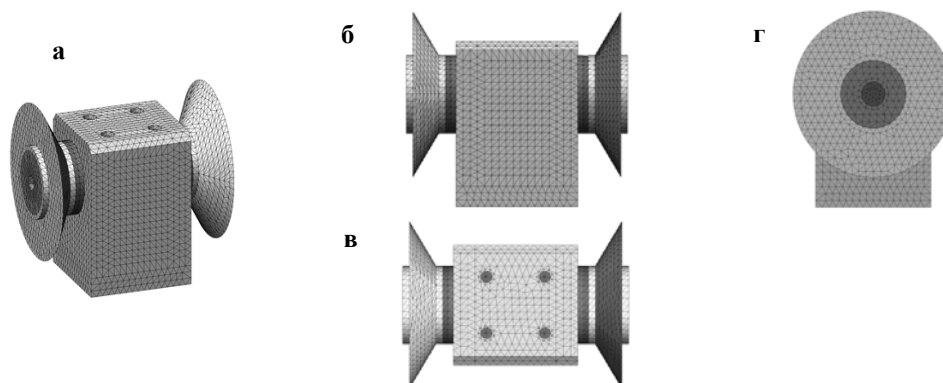


Рис. 3. Конечно-элементная модель четырехгранной призмы со спаренными дисковыми инструментами: а – в аксонометрии; б, в, г – по трем основным проекциям

Таблица 1

Результаты расчета нагрузок при разрушении забойных массивов
спаренным дисковым инструментом

Усилия, кН	Характеристики разрушаемого массива по $\sigma_{сж}$, Мпа					
	Угольный массив			Породный массив		
	12,4	13,5	14,8	51	60,6	78,9
	при $h = 0,04$ м			при $h = 0,006$ м		
<i>Биконический дисковый инструмент: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ$</i>						
P_z	4,946	5,255	5,812	3,548	4,216	5,489
P_y	11,11	11,737	13,054	11,009	13,082	17,033
P_x	0,323	0,314	0,318	4,337	5,154	6,71
<i>Биконический дисковый инструмент: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$</i>						
P_z	5,003	5,286	5,879	3,589	4,26	5,553
P_y	11,239	11,873	13,205	11,137	13,23	17,23
P_x	0,327	0,317	0,322	4,388	5,21	6,788
<i>Биконический дисковый инструмент: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$</i>						
P_z	5,101	5,389	5,994	3,659	4,348	5,662
P_y	11,458	12,105	13,463	11,354	13,492	17,566
P_x	0,333	0,324	0,328	4,473	5,315	6,921

Усилия, кН	Характеристики разрушаемого массива по $\sigma_{сж}$, МПа					
	Угольный массив			Породный массив		
	12,4	13,5	14,8	51	60,6	78,9
	при $h = 0,04$ м			при $h = 0,006$ м		
	Конический дисковый инструмент: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 0^\circ + 30^\circ$					
P_z	4,927	5,205	5,79	3,535	4,2	5,469
P_y	11,068	11,692	13,004	10,968	13,032	16,968
P_x	1,739	1,837	2,043	4,321	5,134	6,685

При моделировании напряженно-деформированного состояния сопрягаемых элементов узлов крепления спаренных дисковых инструментов к четырехгранным призмам на корпусе раздаточного редуктора в межкорончатом пространстве исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия использовалась система SolidWorks Simulation, в которой решаются общие задачи по методу конечных элементов (МКЭ) в линейной постановке. 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. Размер конечных элементов выбирался таким образом, чтобы дальнейшее повышение плотности сетки не оказывало существенного влияния на результаты расчетов. Параметры сетки: размер КЭ – 10 мм; допуск – 0,5 мм; автоматическое уплотнение сетки не использовалось. Для расчета использовался алгоритм FFEPlus, так как он является более производительным при решении задач большой размерности [6]. Для описания взаимодействия деталей в сборке использовались следующие контактные условия: для неразъемных соединений элементов корпуса – тип контактного условия «связанные», для разъемных соединений – контактное условие «нет проникновения».

Усилия резания P_z , внедрения P_y и бокового усилия P_x на спаренных дисковых инструментах (рис. 4) определены с учетом конструктивных, режимных параметров и характеристик разрушаемого массива $\sigma_{сж}$. Расчетные усилия нагружения P_z , P_y , P_x (табл. 1) прикладывались к конечно-элементным моделям спаренных дисковых инструментов с узлами крепления в четырехгранных призмах для получения картины напряженного состояния (рис. 5–8) для биконических и конических дисковых инструментов с учетом предела прочности на одноосное сжатие горного массива $\sigma_{сж}$ от 12,4 до 78,9 МПа. Материалы сопрягаемых деталей в конструкции: 35ХГСА, Ст. 45, Ст. 65Г, Ст. 15.

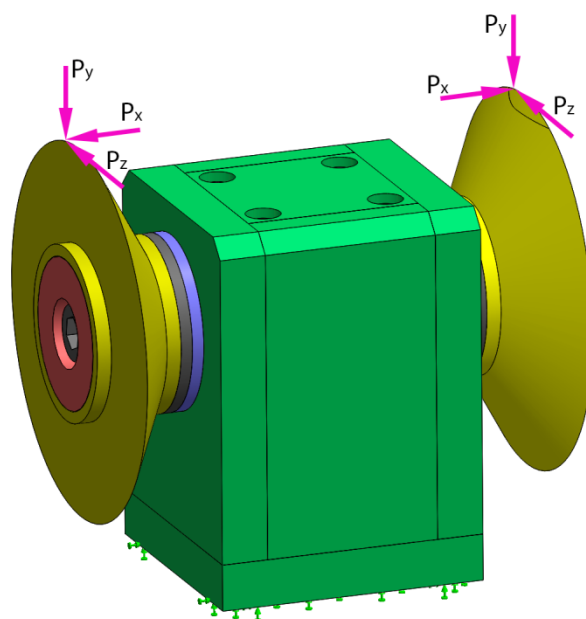


Рис. 4. Схема приложения нагрузок к дискам и крепления четырехгранной призмы

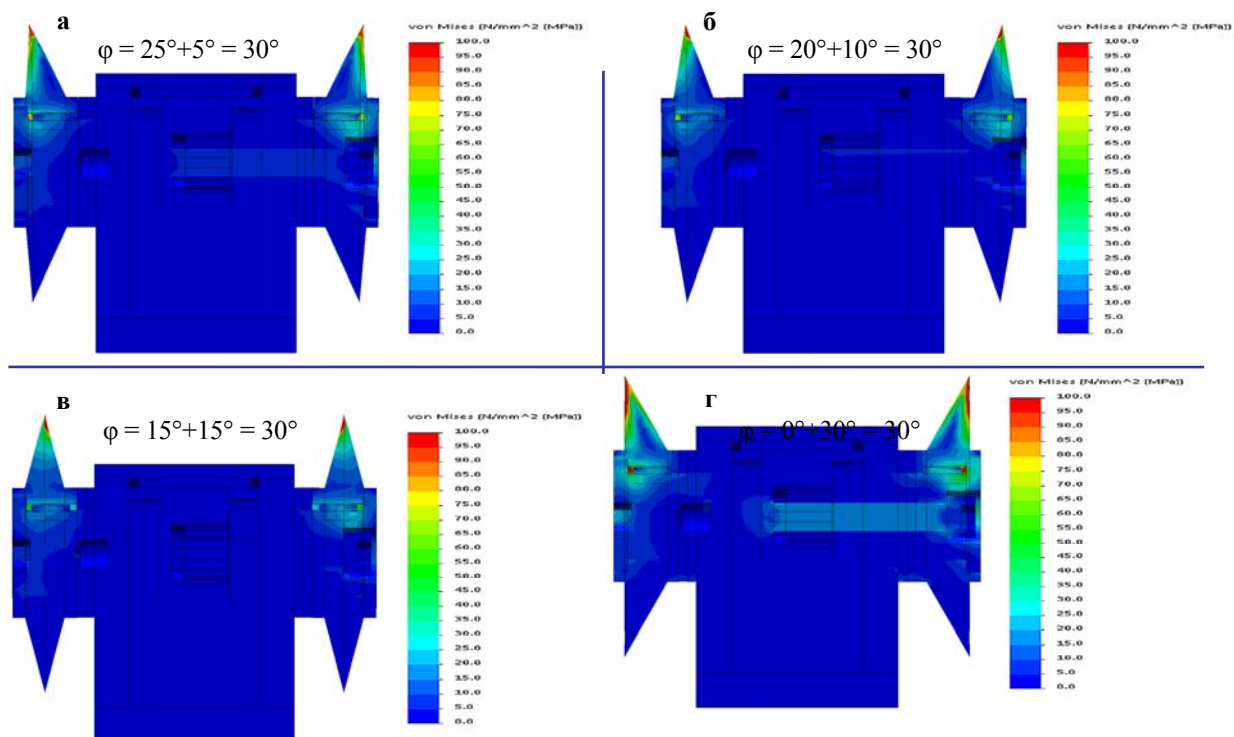


Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений по критерию Мизеса в деталях узлов крепления спаренных дисковых инструментов при разрушении угольного массива $\sigma_{сжк} = 12,4$ МПа

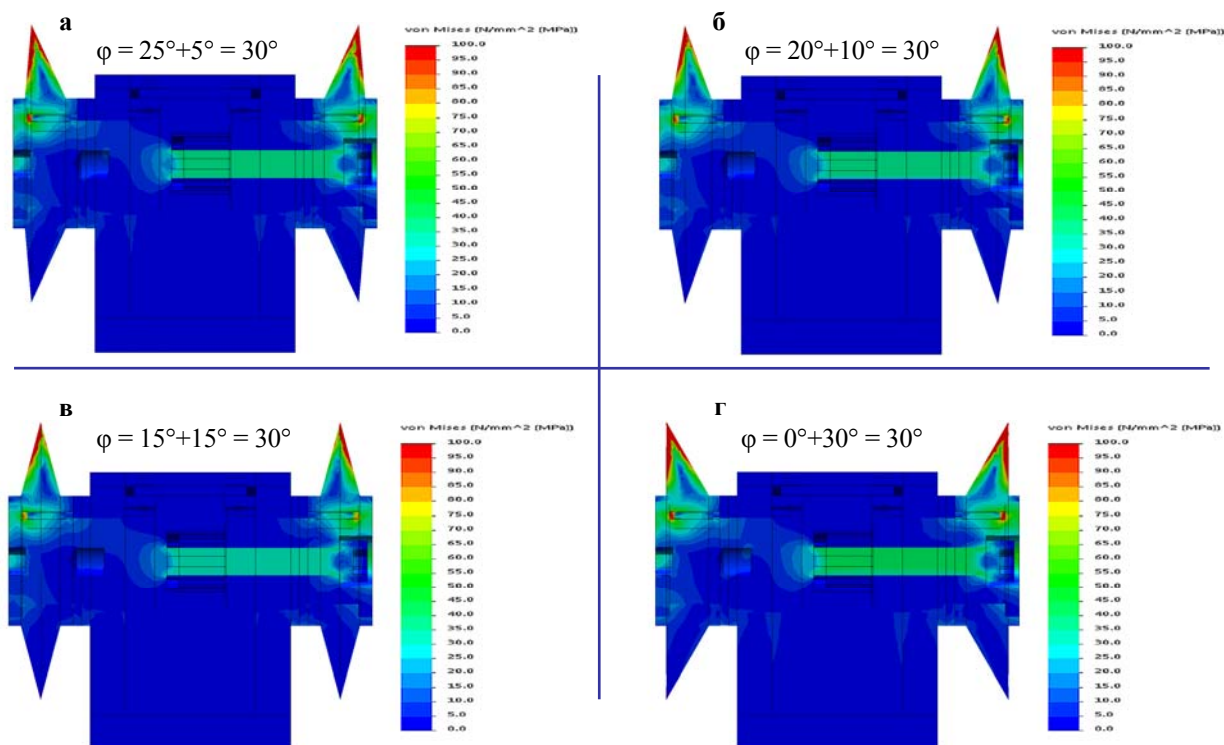


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений по критерию Мизеса в деталях узлов крепления спаренных дисковых инструментов при разрушении породного массива $\sigma_{сжк} = 51$ МПа

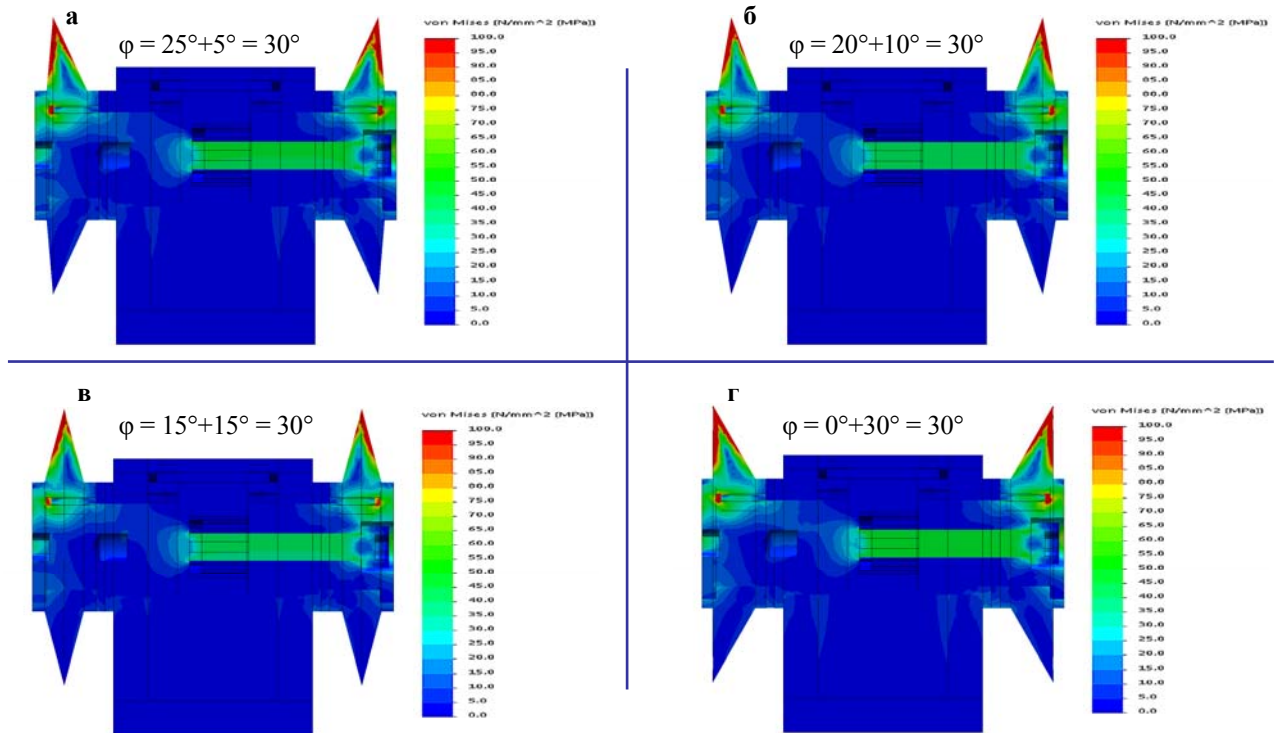


Рис. 7. Распределение эквивалентных напряжений по критерию Мизеса в деталях узлов крепления спаренных дисковых инструментов при разрушении породного массива $\sigma_{сж} = 60,6$ МПа

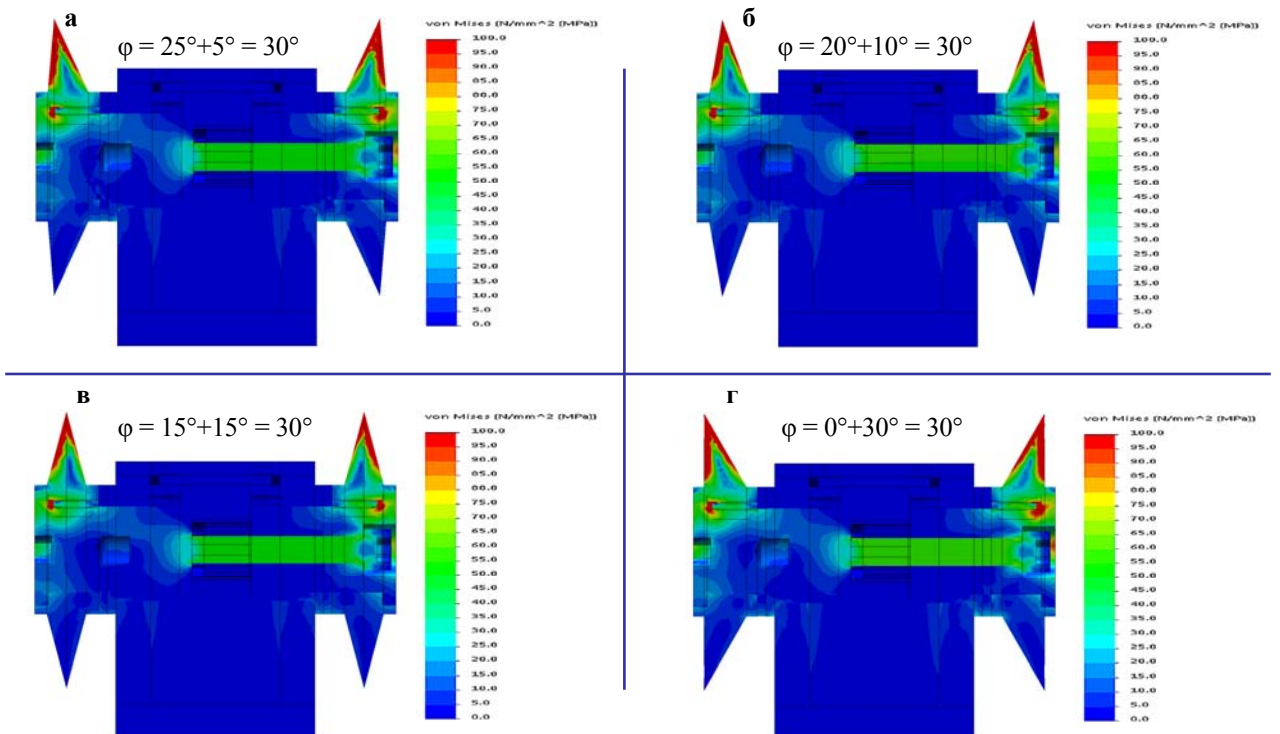


Рис. 8. Распределение эквивалентных напряжений по критерию Мизеса в деталях узлов крепления спаренных дисковых инструментов при разрушении породного массива $\sigma_{сж} = 78,9$ МПа

На рис. 9–12 представлены зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{эКВ}$ по критерию Мизеса от диаметра D дискового инструмента в плоскости сечения по клиновидной реборде со стороны крепеж-

ного винта для спаренного режима вращения дисков при разрушении забойных массивов: угольного ($1 - \sigma_{сж} = 12,4$ МПа), породных ($2 - \sigma_{сж} = 51$ МПа; $3 - \sigma_{сж} = 60,6$ МПа; $4 - \sigma_{сж} = 78,9$ МПа).

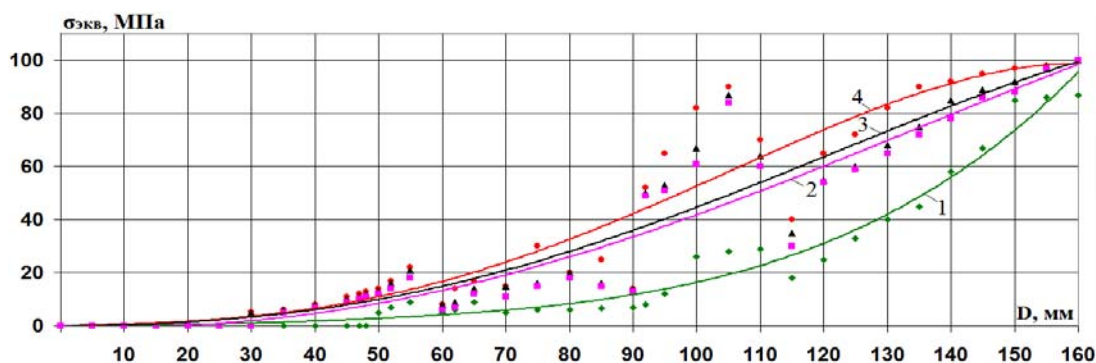


Рис. 9. Зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{э\text{кв}}$ от диаметра D биконического дискового инструмента с углом заострения $\varphi = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ$

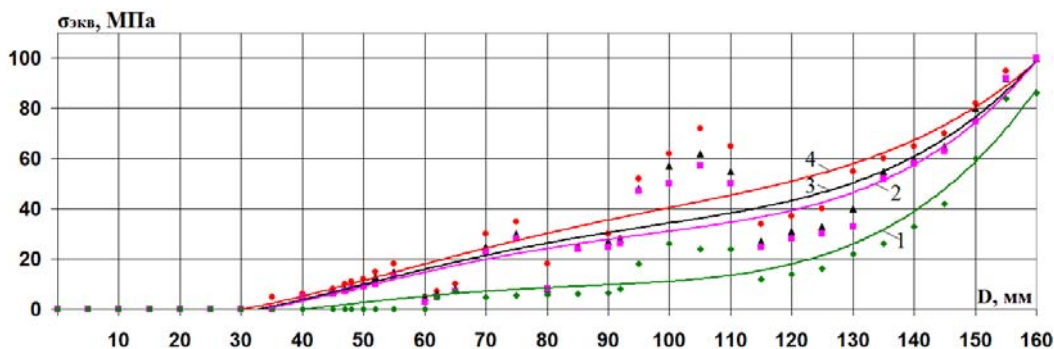


Рис. 10. Зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{э\text{кв}}$ от диаметра D биконического дискового инструмента с углом заострения $\varphi = 20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$

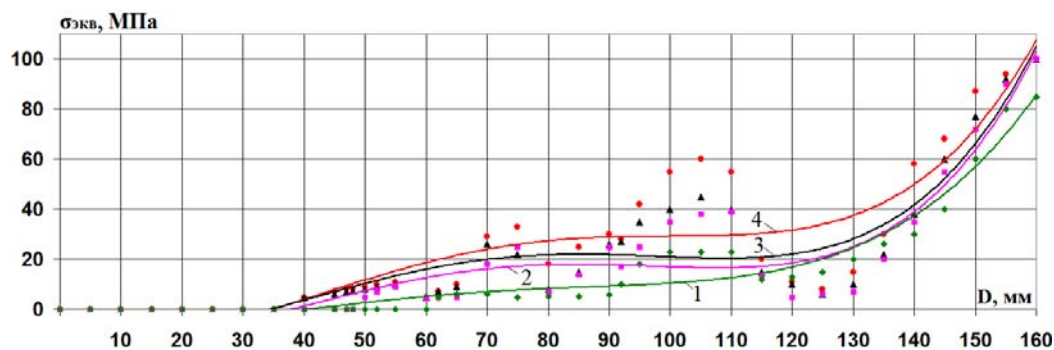


Рис. 11. Зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{э\text{кв}}$ от диаметра D биконического дискового инструмента с углом заострения $\varphi = 15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$

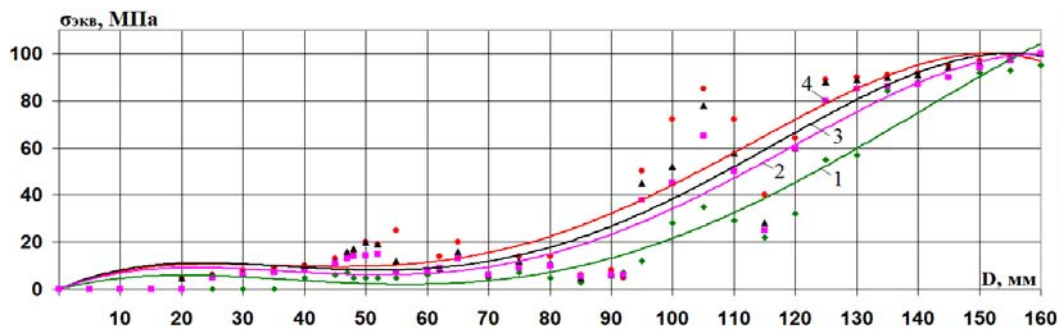


Рис. 12. Зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{э\text{кв}}$ от диаметра D конического дискового инструмента с углом заострения $\varphi = 0^\circ + 30^\circ = 30^\circ$

В табл. 2 представлены полиномиальные зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ по критерию Мизеса от диаметра D дискового инструмента в плоскости сечения по клиновой реборде со стороны крепежного винта узла крепления к четырехгранной призме для спаренного режима вращения четырех конструктивных вариантов дисков при разрушении забойных массивов.

Таблица 2

Полиномиальные зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметра D для четырех конструктивных вариантов спаренных дисковых инструментов

Углы заострения диска $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, град	Забойные массивы, $\sigma_{\text{сж}}$, МПа	Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
25°+5°	12,4	$\sigma_{\text{экв}} = 2\text{E-}07D^4 - 3\text{E-}05D^3 + 0,002D^2 - 0,0106D$	0,9711
	51	$\sigma_{\text{экв}} = -8\text{E-}08D^4 + 1\text{E-}05D^3 + 0,0049D^2 - 0,0918D$	0,898
	60,6	$\sigma_{\text{экв}} = -2\text{E-}07D^4 + 4\text{E-}05D^3 + 0,0025D^2 + 0,0038D$	0,8982
	78,9	$\sigma_{\text{экв}} = -4\text{E-}07D^4 + 1\text{E-}04D^3 - 0,0005D^2 + 0,0579D$	0,9037
20°+10°	12,4	$\sigma_{\text{экв}} = 1\text{E-}06D^4 - 0,0003D^3 + 0,0244D^2 - 0,5984D$	0,9399
	51	$\sigma_{\text{экв}} = 1\text{E-}06D^4 - 0,0003D^3 + 0,0339D^2 - 0,7942D$	0,8921
	60,6	$\sigma_{\text{экв}} = 1\text{E-}06D^4 - 0,0003D^3 + 0,0329D^2 - 0,7628D$	0,8877
	78,9	$\sigma_{\text{экв}} = 9\text{E-}07D^4 - 0,0003D^3 + 0,0295D^2 - 0,6635D$	0,8909
15°+15°	12,4	$\sigma_{\text{экв}} = 1\text{E-}06D^4 - 0,0003D^3 + 0,0247D^2 - 0,6035D$	0,9423
	51	$\sigma_{\text{экв}} = 2\text{E-}06D^4 - 0,0006D^3 + 0,0517D^2 - 1,2264D$	0,858
	60,6	$\sigma_{\text{экв}} = 2\text{E-}06D^4 - 0,0006D^3 + 0,0523D^2 - 1,1771D$	0,8458
	78,9	$\sigma_{\text{экв}} = 2\text{E-}06D^4 - 0,0006D^3 + 0,0548D^2 - 1,2626D$	0,8041
0°+30°	12,4	$\sigma_{\text{экв}} = -8\text{E-}07D^4 + 0,0003D^3 - 0,0246D^2 + 0,6791D$	0,9532
	51	$\sigma_{\text{экв}} = -1\text{E-}06D^4 + 0,0004D^3 - 0,0355D^2 + 1,0052D$	0,9246
	60,6	$\sigma_{\text{экв}} = -2\text{E-}06D^4 + 0,0005D^3 - 0,0405D^2 + 1,178D$	0,8986
	78,9	$\sigma_{\text{экв}} = -2\text{E-}06D^4 + 0,0005D^3 - 0,037D^2 + 1,0852D$	0,8808

На рис. 13 представлен сводный график зависимостей эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметра D спаренных дисковых инструментов разных конструктивных вариантов на четырехгранных призмах (трех биконических с углами заострения: 1 – $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ$; 2 – $20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$; 3 – $15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$ и одного конического 4 – $\varphi = 0^\circ + 30^\circ$) при разрушении угольных забойных массивов проходческих горных выработок.

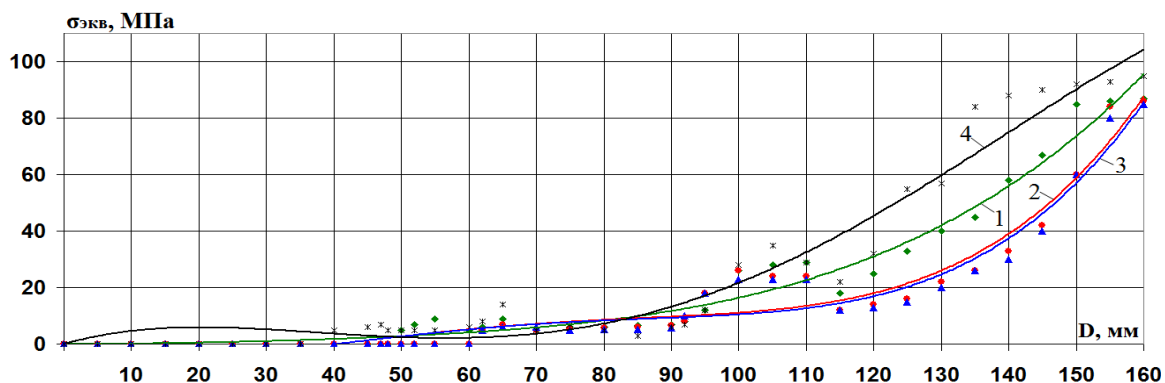


Рис. 13. Зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметра D дисковых инструментов разного конструктивного исполнения при разрушении угольного забойного массива $\sigma_{\text{сж}} = 12,4$ МПа

Результаты исследований и технические решения получены в рамках выполнения базовой части государственного задания Минобрнауки России по проекту № 632 “Исследование параметров технологий и техники для выбора и разработки инновационных технических решений по повышению эффективности эксплуатации выемочно-проходческих горных машин в Кузбассе”.

Анализ результатов зависимостей эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметра D спаренных дисковых инструментов четырех конструктивных вариантов показывает, что при разрушении угольных забойных массивов проходческих горных выработок все они имеют характер изменения в виде полиноми-

альных зависимостей с максимальной крутизной нарастания к зоне разрушения массива с глубиной внедрения $h = 0,04$ м при диаметре клиновой реборды диска $D = 0,16$ м. Здесь максимальный уровень эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ составляет 95 МПа, что характерно при разрушении угольного забойного массива коническим дисковым инструментом $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 0^\circ + 30^\circ$. Для трех конструктивных вариантов биконических спаренных дисковых инструментов ($\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ$; $20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$; $15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$) отмечается снижение уровня эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ до 85–87 МПа

Установлено, что при разрушении породных забойных массивов зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметра D спаренных дисковых инструментов также имеют сходный характер изменения в виде полиномиальных зависимостей с более пологой крутизной нарастания к зоне разрушения массива по сравнению угольными забоями при глубине внедрения $h = 0,006$ м на диаметре клиновой реборды диска $D = 0,16$ м. При этом для всех вариантов конструкций дисковых инструментов максимальный уровень эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ расположен в диапазоне 97–100 МПа.

В целом закономерности изменения напряженного состояния узлов крепления спаренного дискового инструмента при разрушении как угольных, так и породных, характеризуются тем, что:

- при использовании биконических дисковых инструментов с переходом от параметров асимметрии ($\varphi = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ$; $20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$) к параметрам симметрии ($15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$) в зоне разрушения забойных массивов выявлено выполаживание полиномиальных зависимостей эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметра D дисков.

- при использовании конического дискового инструмента ($\varphi = 0^\circ + 30^\circ$) отмечается максимальная крутизна нарастания полиномиальных зависимостей по сравнению с биконическими дисковыми инструментами на диаметрах, близких к зоне разрушения;

Таким образом, реализация предложенного технического решения узлов крепления породоразрушающих дисковых инструментов на четырехгранных призмах для обеспечения спаренного режима вращения позволит расширить область применения и повысить эффективность эксплуатации проходческих комбайнов избирательного действия отечественного и зарубежного производства с исполнительными органами в виде двух аксиальных коронок на телескопической стреле как в угольных, так и в породных забойных массивах.

Литература.

1. Хорешок, А.А. Совершенствование конструкции продольно-осевых коронок проходческого комбайна избирательного действия / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 5. – С. 2–6.
2. Хорешок, А.А. Прогнозирование максимального объема разрушенного материала дисковым инструментом / А.А. Хорешок, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 9. – С. 299–304.
3. Нестеров, В.И. Исполнительный орган проходческого комбайна для совмещения процессов разрушения забоя с дроблением негабаритов и погрузкой горной массы / В.И. Нестеров, Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва. – 2012. – № 3. – С. 112–117.
4. Хорешок, А.А. Распределение напряжений в узлах крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва. – 2012. – № 6. – С. 34–40.
5. Хорешок, А.А. Разработка реверсивных коронок для проходческих комбайнов с дисковым инструментом на сменных трехгранных призмах / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков, А.В. Воробьев // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 9. – С. 40–44.
6. Маметьев, Л.Е. Совершенствование конструкций узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва. – 2014. – № 1. – С. 3–5.
7. Маметьев, Л.Е. Разработка устройства пылеподавления для реверсивных коронок проходческих комбайнов / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва. – 2014. – № 3. – С. 17–21.
8. Маметьев, Л.Е. Улучшение процессов монтажа и демонтажа узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва. – 2014. – № 4. – С. 23–26.
9. Маметьев, Л.Е. Направление повышения зарубежной способности исполнительных органов проходческих комбайнов с аксиальными коронками / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-ва. – 2014. – № 5. – С. 21–24.

10. Хорешок, А.А. Устройства для улучшения процессов зарубки исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – № 4. – С. 11–16.
11. Хорешок, А.А. Адаптация узлов крепления дискового инструмента исполнительных органов проходческих комбайнов к монтажу и демонтажу / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – № 7. – С. 3–8.
12. 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.
13. Борисов, А.Ю. Напряжения в сопрягаемых элементах дисковых инструментов при разрушении проходческих забоев / А.Ю. Борисов, Л.Е. Маметьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2015. – №4. – С. 26–35.
14. Хорешок, А.А. Основные этапы разработки и моделирования параметров дискового инструмента проходческих и очистных горных машин / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, В.И. Нестеров, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – № 7. – С. 9–16.
15. Finite element models of disk tools with attachment points on triangular prisms / Khoreshok A.A., Mame-tyev L.E., Borisov A.Yu., Vorobev A.V. // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 770. С. 429-433.
16. Stress state of disk tool attachment points on tetrahedral prisms between axial bits / Khoreshok A.A., Mame-tyev L.E., Borisov A.Yu., Vorobev A.V. // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 770. С. 434-438.
17. The distribution of stresses and strains in the mating elements disk tools working bodies of roadheaders / Khoreshok A.A., Mametyev L.E., Borisov A.Yu., Vorobyev A.V. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. Т. 91. № 1. С. 012084.
18. Маметьев, Л.Е. Разработка исполнительных органов и инструмента для стреловых проходческих комбайнов и бурошнековых машин / Л.Е. Маметьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2015. – № 5. – С. 56–64.
19. 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.
20. 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.
21. Determination of necessary forces for geokhod movement / Efremkov A.B., Timofeev V.Y. // IFOST 2012: Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, September 18-32, 2012, Tomsk. – С. 1 – 4.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ТЯГОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ЧИСЛОМ ФАЗ НЕКРАТНЫМ ТРЕМ

П.В. Морозов, к.т.н.

*Новосибирский государственный технический университет
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)-346-04-42*

E-mail: kaftoe@ngs.ru

Большинство стандартных трансформаторных преобразователей переменного тока, применяемых в промышленности и на транспорте, преобразуют три фазы в три или в одну, а также другое количество фаз кратное трем. Развитие промышленных и тяговых электрических машин привело к появлению и распространению двухфазных и четырехфазных нагрузок, у которых количество фаз некратно трем фазам первичной сети. Примерами таких нагрузок являются двухфазные и четырехфазные двигатели в системах позиционирования инструментов и заготовок, а также двух- и четырехфазные системы тягового электроснабжения скоростных железных дорог переменного тока.

Для моделирования трансформаторов целесообразно использовать программы типа Matlab Simulink, PSIM, Multisim и т.д. В них содержатся библиотеки элементов электрических схем, где в наличии имеются только типовые трансформаторные преобразователи с числом фаз кратным трем.

Предложено дополнить эти библиотеки трехфазно-двухфазными и трехфазно-четырёхфазными трансформаторными преобразователями, выполненными по схеме Скотта [1,2]. Пример преобразователя из трех фаз в четыре показан на рисунке 1. Если из данного преобразователя удалить авто-

**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>Алешихин 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., Eroshkov 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>Томилини 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
Криницын 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