

УДК 622.272.6: 519.21

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ ПРИ СЛОЕВОЙ ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ ПЛАСТОВ

## DETERMINATION OF AERODYNAMIC PARAMETERS OF THE MINED OUT SPACES AT LAYERED MINING OF THICK SEAMS

**Торро Виктор Оскарович<sup>1</sup>**,  
старший преподаватель, e-mail: torrovo@mail.ru  
**Torro Victor O.<sup>1</sup>**, senior lecturer  
**Ремезов Анатолий Владимирович<sup>2</sup>**,  
доктор техн. наук, профессор, e-mail: lion742@mail.ru  
**Remezov Anatoly V., Dr. Sc., Professor**  
**Кузнецов Евгений Владимирович<sup>1</sup>**,  
кандидат техн. наук  
**Kuznetsov Evgeni V.<sup>1</sup>**, C. Sc. (Engineering)  
**Куликова Анна Александровна<sup>1</sup>**,  
ст. преподаватель, e-mail: nuta\_flowers\_88@mail.ru  
**Kulikova Anna A.<sup>1</sup>**, senior teacher

<sup>1</sup> Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева, филиал в г. Междуреченске. Россия, 652881, Кемеровская обл., г. Междуреченск, пр. Строителей, 36

<sup>1</sup> Mezhdurechensk Branch T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 36, pr. Stroiteley, Kemerovo region, Mezhdurechensk, 652881, Russia

<sup>2</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

<sup>2</sup> T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya st., Kemerovo, 650000, Russia

**Аннотация.** Целью данной статьи является обобщение результатов исследований аэродинамики выработанных пространств для снижения эндогенной пожароопасности ведения горных работ при слоевой выемке пластов. В ходе выполнения работы проводились исследования по изучению условий проветривания выемочных полей в условиях применения различных:

1. Схем подготовки выемочных полей.
2. Технологических схем отработки мощных пластов.
3. Схем проветривания выемочных участков в различных горно-геологических условиях.

В результате определялось удельное аэродинамическое сопротивление выработанных пространств, распределение потоков воздуха в выработанных пространствах различных слоёв, закономерности изменения аэродинамического сопротивления выработанного пространства по длине выемочного столба при отработке различных слоёв. Анализ условий проветривания выемочных полей при слоевой отработке мощных пластов показал наличие больших утечек воздуха в выработанное пространство рабочих и отработанных слоёв в столбах с направлением движения очистного забоя, как по падению, так и по простиранию пласта. В результате был сделан вывод о необходимости применения специальных мер, направленных на снижение эндогенной пожароопасности ведения горных работ при слоевой выемке пластов. Разработаны конкретные предложения.

**Abstract.** The purpose of the given article is to provide the summary of study results of aerodynamics of the mined out spaces in order to decrease fire danger during layered mining of thick seams. During work performance, the conditions of panel ventilating were studied with the application of various:

1. Schemes of panel development;
2. Technological schemes of thick seams mining;
3. Ventilation schemes for panels in different geological conditions.

In the study process, the following parameters were determined: specific aerodynamic resistance of the mined out spaces, distribution of air flows in the mined out spaces of various layers, laws of change of aerodynamic resistance of the mined out space along the length of the pillar in mining various layers. The analysis of ventilation conditions in panels during layered mining of thick seams showed the presence of great air leakages in the mined out spaces of the mined and existing layers in the pillars with the direction of production face both

along the strike and to the dip of the seam. As a result, the conclusion has been made on the need to apply special measures directed on decrease of endogenous fire danger during layered mining of seams. Specific proposals have been developed.

**Ключевые слова:** аэродинамика выработанных пространств, возвратноточная схема, комбинированная схема, утечки воздуха, аэродинамическое сопротивление, самовозгорание.

**Keywords:** aerodynamics of the mined out spaces, return air ventilation scheme, the combined scheme, air leaks, aerodynamic resistance, self-ignition.

Исследования аэродинамики выработанных пространств при слоевой выемке пластов производились на шахтах «Алардинская», «Усинская» и «им. Л.Д. Шевякова» [1-14].

На шахте «Алардинская» экспериментальные исследования проведены при отработке пласта 3 – 3а системой наклонные слои с обрушением в два слоя: на первом слое – в лаве № 3 – 1 – 11, во втором – в лаве № 3 – 2 – 4.

Мощность пласта 5,1-5,8 м, угол падения 15-16°, вынимаемая мощность слоя 2,5-2,8 м. непосредственная кровля мощностью 0,8-2,6 м представлена слоистым алевролитом, а основная мощность 5-13,7 м – мелкозернистым песчаником. Уголь крепкий, склонен к самовозгоранию.

Отработка первого слоя производилась с применением комплекса КМ-130, а второго 1-ОКП. Длина выемочного поля по простиранию лавы № 3-1-11 составляла 950 м, лавы № 3-2-4 – 1050 м, по падению 120 м и 90 м – соответственно.

Лавы № 3-2-4, отрабатывающая выемочное поле пласта 3-3а по второму слою, проветривалась по возвратноточной схеме с трёхсторонним прилеганием струи воздуха к отработанному пространству при шахматном порядке выемки столбов в выемочном поле. Ниже, по падению пласта, через отработанный столб смежной лавы № 3-2-6 производилась подготовка лавы № 3-2-8. На момент проведения экспериментальных исследований было отработано 220 м выемочного столба при скорости подвигания очистного забоя 100 м /мес.

Инструментальные измерения вентиляционных параметров показали наличие подсосов воздуха с вентиляционного штрека № 3-2-8 на конвейерный штрек № 3-2-4 через отработанное пространство лавы № 3-2-6 в количестве 4,5 м<sup>3</sup>/сек. Характер распределения прососов воздуха представлен на рис. 2.

На шахте «им. Л.Д. Шевякова» исследования

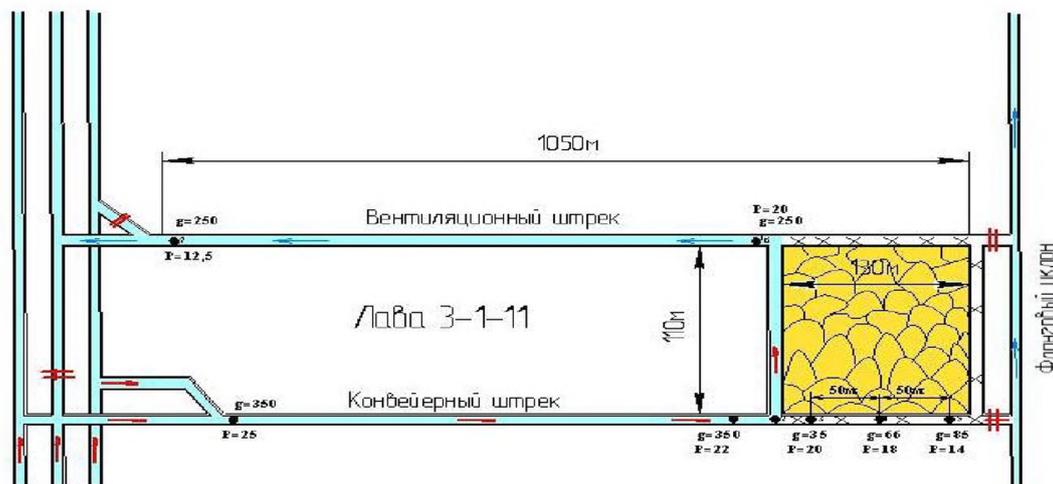


Рис. 1. Шахта «Алардинская» лавы № 3-1-11. Распределение воздуха через отработанное пространство

Fig. 1. The mine "Alardinskaya" longwall No. 3-1-11. The distribution of air through the mined out space

Отработка лавы № 3 – 1 – 11 производилась по бесцеликовой схеме, проветривание выемочного столба осуществлялось по возвратноточной схеме с односторонним прилеганием вентиляционной струи к отработанному пространству.

Проведённые измерения показали наличие утечек воздуха через отработанное пространство в сторону флангового бремсберга в количестве 100 м<sup>3</sup>/мин.

Потери давления воздуха в лаве № 3-1-11 составили 1 даПа, распределение воздуха через отработанное пространство представлено на рис. 1.

проводились при отработке первого слоя пласта III восьмого бремсбергового поля спаренными лавами № 3-8-1-3 и № 3-8-1-5.

Мощность пласта изменялась от 6,15м до 8,8 м. Строение пласта сложное, имеются прослойки аргиллита мощностью от 0,2 м до 0,7 м. Непосредственная кровля пласта мощностью 8 м сложена алевролитом средней устойчивости. Основная кровля – крепкий труднообрушаемый песчаник мощностью 25-28 м. Первичный шаг обрушения равен 30 м, последующие – 7-9 м. Уголь крепкий, склонен к самовозгоранию. В контуре отра-

батываемых столбов выявлено два геологических нарушения с амплитудой смещения до 4 м. Вынимаемая мощность пласта в первом слое – 3,5 м, среднесуточная нагрузка на очистной забой, оборудованный механизированным комплексом типа КМ-130 составила 1100 тонн. Проветривание лав производилось по комбинированной схеме.

Экспериментальные исследования показали наличие утечек воздуха из отработанного пространства лавы № 3-8-1-5 и вентиляционного штрека № 3-8-1-3 на вентиляционный штрек № 3-8-1-3, в доставочный бремсберг и поддерживаемую монтажную камеру. Общие утечки воздуха

на вентиляционный штрек № 3-8-1-3 составляли 1 м<sup>3</sup>/сек, а в монтажную камеру – 2 м<sup>3</sup>/сек. Отработанное пространство лавы № 3-8-1-5 находится под отработанным пространством лавы № 3-8-1-3 на протяжении 20 м, где и наблюдалось основное количество утечек воздуха (0,8 м<sup>3</sup>/сек из 1 м<sup>3</sup>/сек). Перепад давлений воздуха между точками 7 и 9 составлял 9,6 даПа.

Поток воздуха в сторону монтажной камеры наблюдался из очистного забоя поддерживаемого конвейерного штрека № 3-8-1-5, разрезной печи лавы № 3-8-1-7. При расстоянии от очистного забоя и разрезной печи лавы № 3-8-1-7 до монтаж-

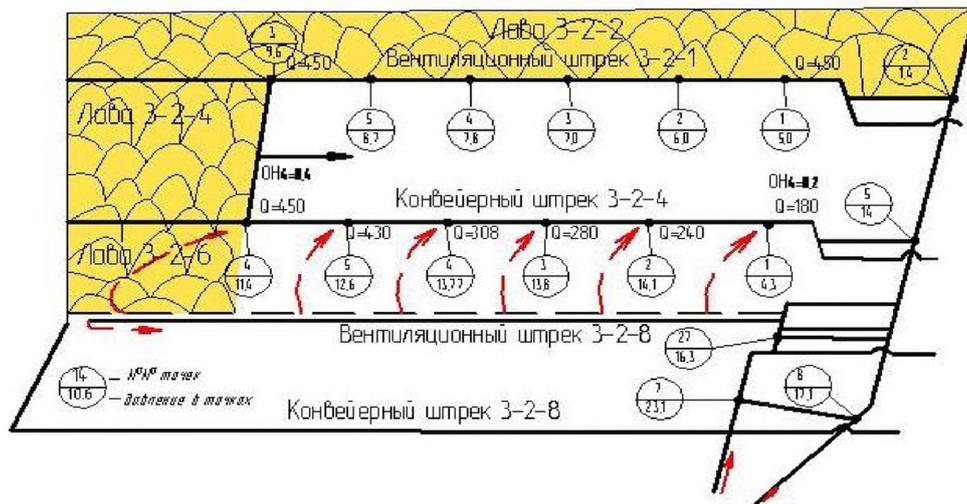


Рис. 2. Шахта «Алардинская» лавы 3 – 2 – 4. Характер распределения прососов воздуха 5/8,7 – числитель – номера точек, знаменатель – давление в точках даПа

Fig. 2. The mine "Alardinskaya" Longwall 3 – 2 – 4. The distribution of air leakages 5/8,7 where the numerator – the numbers of points, the denominator is the pressure at the points of daPa

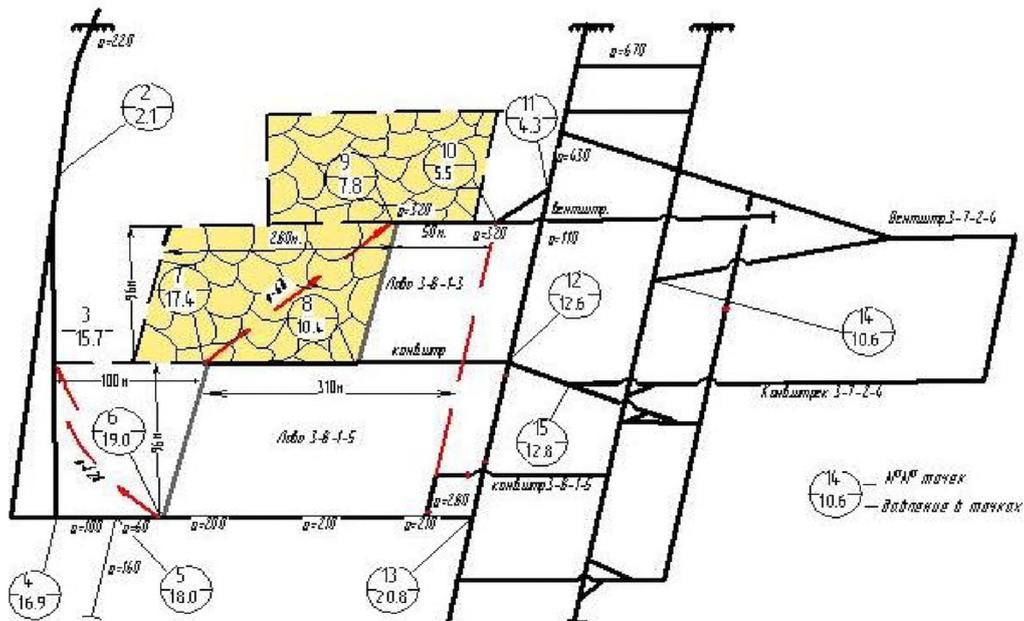


Рис. 3. Шахта «им Л.Д. Шевякова» лавы № 3 – 8 – 1 – 3 и № 3 – 8 – 1 – 5. Распределение воздуха через отработанное пространство

Fig. 3. Mine "im L. D. Shevyakova" Longwall No. 3 – 8 – 1 – 3 and No. 3 – 8 – 1 – 5. The distribution of air through the mined out space

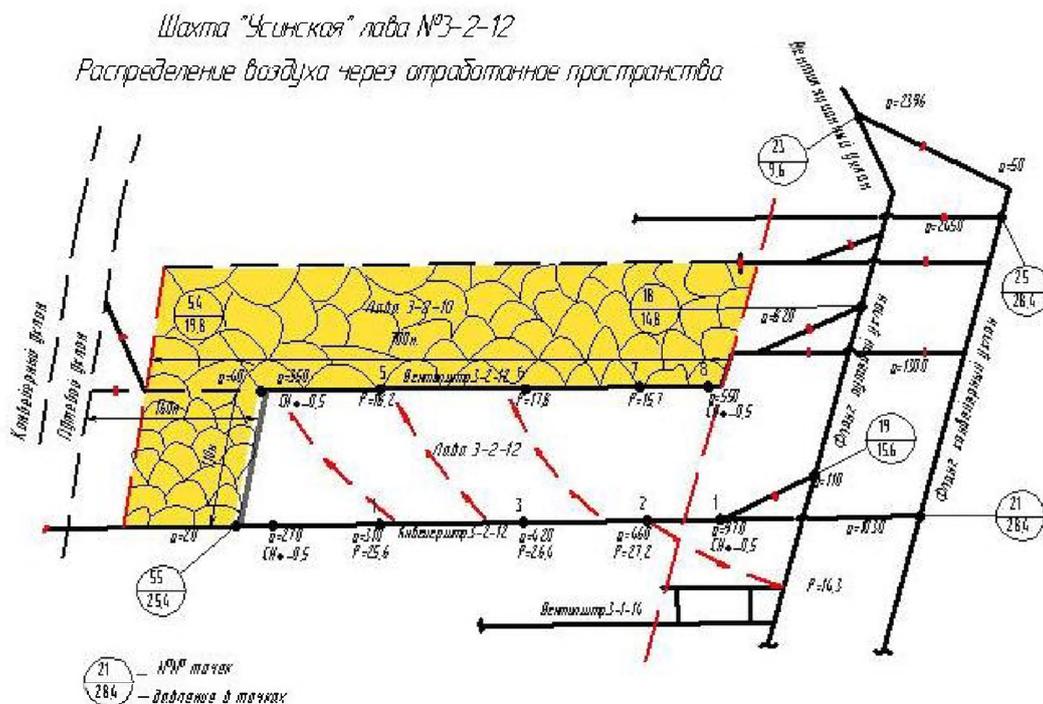


Рис. 4. Шахта «Усинская», лава № 3-2-12. Распределение воздуха через отработанное пространство  
Fig. 4. Mine Usinskaya, LW No. 3-2-12. Air distribution through the mined out space

ной камеры, равно соответственно 100 м и 90 м, перепад давлений воздуха составлял 13 даПа. Соответственно, общие утечки воздуха из очистного забоя и поддерживаемого конвейерного штрека № 3-8-1-5 до разрезной печи лавы № 3-8-1-7 на протяжении 10 м от лавы составляли 1 м<sup>3</sup>/сек (рис. 3).

Экспериментальные исследования на шахте «Усинская» проводились при отработке второго слоя пласта III лавой № 3-2-12 на гор. ± 0 м.

Пласт III на выемочном поле лавы № 3-2-12 имел общую мощность 8,5 м, вынимаемая мощность второго слоя составляла – 2,6 м. Угол падения пласта (8-11).

Непосредственная кровля пласта мощностью 10-12 м представлена алевролитом и песчаником, а основная мощностью 28-30 м – крепким устойчивым песчаником. Уголь пласта крепкий, склонен к самовозгоранию.

Размеры выемочного поля: по простиранию 700 м, по падению – 110 м. На момент проведения исследований было отработано 160 м выемочного столба при скорости подвигания очистного забоя 36-64 м/мес.

Отработка в пределах выемочного поля производилась в направлении от центральных уклонов к границе шахтного поля с применением механизированного комплекса 2-ОКП.

Проветривание лавы осуществлялось по возвратной схеме.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 4 в графическом виде.

Результаты экспериментальных исследований показали наличие больших утечек воздуха –

5 м<sup>3</sup>/сек со второго слоя на вентиляционный штрек № 3-1-14 первого слоя в районе монтажной камеры лавы № 3-1-12. Утечки воздуха в количестве 3,1 м<sup>3</sup>/сек наблюдались на всём протяжении конвейерного штрека № 3-2-12, где из 7,6 м<sup>3</sup>/сек воздуха, поступающего на этот штрек за монтажной камерой первого слоя, до очистного забоя второго слоя доходило лишь 3,5 м<sup>3</sup>/сек. На вентиляционном штреке 3-2-12 наблюдался подсос воздуха в количестве 3,3 м<sup>3</sup>/сек. Кроме того, проведенными исследованиями установлена аэродинамическая связь действующей очистной выработки с центральным конвейерным и центральным путевым уклонами через выработанное пространство лавы № 3-2-12.

Таким образом, анализ условий проветривания лавы 3-2-12 позволил выделить три потока воздуха в выработанных пространствах первого и второго слоёв:

- со второго слоя на первый в районе монтажной камеры лавы № 3-1-12;
- с конвейерного штрека второго слоя на вентиляционный штрек этого же слоя через деформированную межслоевую пачку и отработанное пространство первого слоя;
- с конвейерного штрека и очистного забоя на вентиляционный штрек в выработанном пространстве действующего выемочного столба в сторону центрального конвейерного и центрального путевого уклонов.

Аэродинамические параметры выработанных пространств исследуемых лав представлены в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные и расчетные параметры аэродинамики при слоевой выемке угольных пластов

Table 1. The experimental and calculated parameters of aerodynamics when layered excavation of coal seams

Номера точек на рис. 3.5-3.7	Режим проветривания		Сечение потока, м <sup>2</sup>	Длина пути фильтрации, м	Показатель режима движения,	Аэродинамическое сопротивление		Удельное аэродинамическое сопротивление		Коэффициенты	
	м <sup>3</sup> /с	даПа				$P^I$	$P^{II}$	$I, \text{даПа}\cdot\text{м}^3$	$II, \text{даПа}\cdot\text{см}^6$	проницаемости, $K \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$	макросероховатости, $10^{-4}$ , м
<b>Шахта им. Шевякова</b>											
Отработанное пространство 1-го слоя лавы № 3-8-1-3 фильтрационного потока от отработанного пространства лавы № 3-8-1-5											
7-9	0,83	9,6	70	280	1,85	2,05	11,46	0,51	200	3,45	6,12
Отработанное пространство 1-го слоя лавы № 3-8-1-5 в направлении от очистного забоя на фланговую выработку											
6-7-3	2,0	2,5	175	110	1,8	0,5	2,0	0,79	556,8	2,2	2,2
Отработанное пространство 1-го слоя лавы № 3-8-1-5 в направлении от конвейерного штрека № 3-8-1-5 на фланговую выработку											
3-4-5	1,0	1,8	157	100	1,82	0,4	1,4	0,63	345	2,8	3,5
<b>Шахта Усинская</b>											
Отработанное пространство 1-го слоя лавы № 2-3-8 в районе демонтажной камеры											
1-9	5,0	14,1	70	110	1,98	0,28	0,51	0,178	22,7	98,8	53,9
Отработанное пространство 1-го слоя лавы № 1-12 и деформированное междупластие перед очистным забоем											
4-55-54-3	1,7	6,2	200	115	1,8	0,76	1,6	1,32	577	1,3	2,12
Отработанное пространство 1-го слоя лавы № 1-12 и деформированное междупластие 200м от очистного забоя											
-4-5-6	1,16	9,4	200	115	1,66	2,41	4,904	4,19	1705	0,42	0,7
Отработанное пространство 1-го слоя лавы № 1-12 и деформированное междупластие 300м от очистного забоя											
2-3-6-7	0,66	11,5	200	115	1,5	8,71	13,2	15,15	4591	0,12	0,26

Как показал анализ данных табл. 1 удельное аэродинамическое сопротивление выработанных пространств первого слоя в (4-6) раз меньше аналогичного параметра для второго слоя при одинаковом расстоянии до очистного забоя. Это объясняется тем, что при выемке первого слоя обрушенные породы кровли, представленные крупными блоками, практически не слёживаются, вследствие чего коэффициент проницаемости выработанного пространства имеет максимальное значение. При отработке второго слоя оставляемая межслоевая пачка угля и, обрушенные при отработке первого слоя породы кровли, разрушаются на более мелкие фракции и уплотняются в выработанном пространстве второго и последующих слоёв, это увеличивает аэродинамическое сопротивление выработанного пространства.

Закон изменения аэродинамического сопро-

тивления выработанного пространства по длине выемочного столба при отработке второго слоя остаётся таким же, как при однослойной выемке пластов, однако его численные значения увеличиваются в 2,5-5 раз в зависимости от физико-механических свойств вмещающих пород.

Так аэродинамическое сопротивление выработанного пространства при выемке второго слоя увеличивается:

- для неустойчивых слёживающихся пород – в 4-5 раз;
- средней крепости и устойчивости – в 3-4 раза;
- крепких обрушаемых пород – в 2,5-3 раза

Малое аэродинамическое сопротивление выработанного пространства первого слоя при крепких вмещающих породах и большая воздухопроницаемость оставляемой межслоевой толщи мощ-

ностью 1 м и более создают повышенную эндогенную пожароопасность ведения горных работ на втором и последующих.

#### Выводы

1. Анализ условий проветривания выемочных полей, разрабатывающих пласты с крепкими труднообрушаемыми породами кровли, показал наличие больших утечек воздуха в выработанное пространство рабочих и отработанных слоёв в столбах с направлением движения очистного забоя, как по падению, так и по простиранию пласта. Утечки воздуха из слоевых выработок нижнего слоя на вышележащий отработанный столб составляют 30-50 % от общего количества воздуха, поступающего на выемочное поле, причём основной объём утечек наблюдается в районе монтажных и демонтажных камер в соответствии с принятой схемой проветривания;

2. Одной из основных причин возникновения эндогенных подземных пожаров при слоевой выемке пластов является несвоевременная и некачественная изоляция выработанных пространств, как на отработанных, так и на действующих выемочных столбах. Обеспечение надёжной изоляции отработанных выемочных столбов и полей при слоевой выемке пластов требует оставления достаточных по размеру целиков в местах возведения перемычек и своевременного и качественного выполнения изоляции;

3. Схемы подготовки выемочных полей с проведением фланговых выработок, используемых для монтажа механизированных комплексов, как с оставлением целиков, так и без межлавных целиков (с поддержанием выработок в выработанном пространстве, проведением присечных выработок догоняющим забоем в период отработки выемочного столба) создают прямой ток воздуха из очистного забоя или в него через выработанное пространство, особенно при некачественной изоляции со стороны фланговых выработок. Такая ситуация наблюдается на всех шахтах, где поддерживаемые выработки не изолируются со стороны фланговых выработок, а монтажные камеры сбиваются с выработанным пространством смежного действующего очистного забоя. В этом слу-

чае даже при применении возвратноточной схемы проветривания сохраняется неконтролируемый ток воздуха через выработанное пространство. Поэтому рассмотренная технология ведения горных работ характеризуется повышенной эндогенной пожароопасностью, она требует строгого контроля за продолжительностью ввода в работу смежного с работающим очистного забоя, своевременной и качественной изоляцией со стороны фланговых выработок;

4. Для снижения эндогенной пожароопасности ведения горных работ при слоевой выемке пластов необходимо:

4.1. Не допускать одновременную подготовку и отработку выемочных столбов на одном крыле в разных слоях.

4.2. Запретить расположение выработок второго и третьего слоёв в створе с выработками первого слоя.

4.3. Не допускать проведение присечных выработок ранее, чем через 6-12 месяцев после отработки и изоляции смежных столбов и затухания активных смещений подработанной толщи пород.

4.4. Принимать размеры целиков у фланговых выработок из условия расположения изолирующих сооружений за пределами зоны опорного горного давления.

4.5. Принимать размеры целиков у фланговых выработок из условия расположения изолирующих сооружений за пределами зоны опорного горного давления.

4.6. Снижать воздухопроницаемость выработанных пространств в районе монтажных и демонтажных камер путём тампонажа, создания изолирующих полос, заполнения пустот вспенивающимися быстротвердеющими составами и др.

5. Анализ результатов проведённых исследований и условий отработки мощных пологих и наклонных пластов слоевыми системами показал, что даже при выполнении указанных выше требований не исключается полностью возможность возникновения эндогенных пожаров, так как обеспечить надёжную изоляцию выработанных пространств при подготовке и отработке второго слоя в настоящее время технически сложно [1-14].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временное руководство по выбору технологических схем проветривания и управления газовойделением на выемочных участках. ВостНИИ, Москва, 1984. - 73с.
2. Руководство по применению способов торможения развития самонагревания угля в выработанных пространствах выемочных полей шахт. ВостНИИ, Кемерово, 1985. - 60с.
3. Возникновение очагов самовозгорания угля в шахтах / Л.П. Белавинцев // Уголь. – 1985. - № 7. – С. 43-45.
4. Торро В. О. Способ предупреждения эндогенных пожаров в действующих выемочных полях / В.О. Торро, Л.П. Белавинцев и др. // Авторское свидетельство № 1693258, 22 июля 1991 г.
5. Белавинцев М. П. Разработать комплексный способ и схемы профилактики эндогенных пожаров при слоевой выемке из мощных пологих и наклонных пластов / М.П. Белавинцев, В.О. Торро и др. // Отчет ВостНИИ, № гос. Регистрации 01910051535. Кемерово, 1993.

6. Морозов Ю. И. Способ разработки мощных пологих угольных пластов / Ю. И. Морозов, Н. Г. Сердобинцев, В. О. Торро и др. // Патент № 2039262, 1995. – 7с.
7. Белавенцев П. П. Руководство по применению способа профилактики эндогенных пожаров на принципе интенсификации дезактивации угля в шахтах Кузбасса / П. П. Белавенцев, В. А. Голунь, С. П. Ворошилов, З. С. Быкова, В. О. Торро и др. // Министерство топлива и энергетики, ВостНИИ, Кемерово, 1997. – 18с.
8. Белавинцев Л. П. Аэродинамический способ предупреждения эндогенных пожаров в шахтах / Л. П. Белавинцев, В. О. Торро, и др. // Уголь. – 1994. -№11. – С.37-38.
9. Торро В. О. Опыт отработки мощных пластов пологого залегания / В. О. Торро, В. П. Белов, А. В. Ремезов // Уголь, 2008 – №1. С. 11-14.
10. Торро В. О. Разработка технологических схем отработки мощных пологих пластов наклонными слоями с восходящим порядком выемки слоев / В. О. Торро, А. В. Ремезов // Материалы II Международной научно-практической конференции, Уфа, 29-30 сентября 2014 г. - РИО ИЦИПТ (Исследовательский центр Информационно-правовых технологий). – С. 131-143.
11. Торро В. О. Опыт отработки мощных пологих пластов в Кузбассе / В.О. Торро, А.В. Ремезов и др. // Кемерово. ООО «ОФСЕТ» 2015. - 898с.
12. Торро В. О. Аэродинамика выемочных полей на мощных пологих пластах / В.О. Торро, А.В. Ремезов, Г.Н. Роут // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2016.- № 3. - С. 21-29.
13. Исследование закономерностей протекания аэротермодинамических процессов при самонагревании угольного скопления / В.О. Торро, А.В. Ремезов, Г.Н. Роут // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2016.- № 3. - С. 37-43.
14. Торро В. О. Методика, ход и результаты исследования процесса самовозгорания угля / В.О. Торро, А.В. Ремезов, Г.Н. Роут // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2016. - № 4. - С. 18-25.

## REFERENCES

1. Vremennoe rukovodstvo po vyboru tehnologicheskikh shem provetrivaniya i upravleniya gazovydeleniem na vyemochnykh uchastkah. VostNII, Moskva, 1984. – 73 p.
2. Rukovodstvo po primeneniju sposobov tormozheniya razvitiya samonagrevaniya uglja v vyrabotannykh prostranstvakh vyemochnykh polej shaht. VostNII, Kemerovo, 1985. – 60 p.
3. Voznikovenie ochagov samovozgoraniya uglja v shahtah / L.P. Belavincev // Ugol'. – 1985. -№ 7. – p. 43 - 45.
4. Sposob preduprezhdeniya jendogennykh pozharov v dejstvujushhix vyemochnykh poljah./ V.O. Torro, L.P. Belavincev i dr. // Avtorskoe svidetel'stvo № 1693258, 22 ijulja 1991 g.
5. Razrabotat' kompleksnyj sposob i shemy profilaktiki jendogennykh pozharov pri sloevoj vyemke iz moshhnykh pologih i naklonnykh plastov / M.P. Belavincev, V.O. Torro i dr. // Otchet VostNII, № gos. Registracii 01910051535. Kemerovo, 1993.
6. Sposob razrabotki moshhnykh pologih ugol'nykh plastov / Ju. I. Morozov, N. G. Serdobincev, V. O. Torro i dr. // Patent №2039262, 1995. – 7s.
7. Rukovodstvo po primeneniju sposoba profilaktiki jendogennykh pozharov na principe intensifikacii dezaktivacii uglja v shahtah Kuzbassa / P. P. Belavencev, V. A. Golun', S. P. Voroshilov, Z. S. Bykova, V. O. Torro i dr. // Ministerstvo topliva i jenergetiki, VostNII, Kemerovo, 1997. – 18s.
8. Ajerodinamicheskij sposob preduprezhdenija jendogennykh pozharov v shahtah / L. P. Belavincev, V. O. Torro, i dr. // Ugol'. – 1994. -№11. – S.37-38.
9. Opyt otrabotki moshhnykh plastov pologogo zaleganija / V. O. Torro, V. P. Belov, A. V. Remezov // Ugol', 2008 – №1. S. 11-14.
10. Razrabotka tehnologicheskikh shem otrabotki moshhnykh pologih plastov naklonnymi slojami s voshodjashhim porjadkom vyemki sloev / V. O. Torro, A. V. Remezov // Mate-rialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Ufa, 29-30 sentjabrja 2014 g.- RIO ICIPT (Issledovatel'skij centr Informacionno-pravovykh tehnologij). – S. 131-143.
11. Opyt otrabotki moshhnykh pologih plastov v Kuzbasse / V.O. Torro, A.V. Remezov i dr. // Kemerovo. ООО «ОФСЕТ» 2015. - 898с.
12. Ajerodinamika vyemochnykh polej na moshhnykh pologih plastah / V.O. Torro, A.V. Remezov, G.N. Rout // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2016.- № 3. - S. 21-29.
13. Issledovanie zakonornostej protekanija ajerotermodinamicheskikh processov pri samonagrevanii ugol'nogo skoplenija / V.O. Torro, A.V. Remezov, G.N. Rout // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2016. - № 3. - S. 37-43.

14. Metodika, hod i rezultaty issledovanija processa samovozgoranija uglja / V.O. Torro, A.V. Remezov, G.N. Rout // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. - 2016.- № 4. - S. 18-25.

*Поступило в редакцию 22.04.2017*  
*Received 22 April 2017*

ISSN 1999-4125

# ВЕСТНИК

КУЗБАССКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



---

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

3-17



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева»

# ВЕСТНИК

КУЗБАССКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



№3 (121) 2017

Основан в 1997 году  
Выходит 6 раз в год  
ISBN 5-89070-074-X

## Редакционная коллегия:

Кречетов А.А., гл. редактор, к.т.н. (РФ)  
Костюк С.Г., зам. гл. ред., к.т.н. (РФ)  
Блюменштейн В.Ю., д.т.н. (РФ)  
Демирель Нурей, к.т.н. (Турция)  
Исмагилов З.Р., член-корреспондент РАН, д.т.н. (РФ)  
Каширских В.Г., д.т.н. (РФ)  
Клишин В.И., член-корреспондент РАН, д.т.н. (РФ)  
Клубович В.В., академик НАН Беларуси, д.т.н. (Беларусь)  
Колесников В.Ф., д.т.н. (РФ)  
Конторович А.Э., академик РАН, д.т.н. (РФ)  
Коротков А.Н., д.т.н. (РФ)  
Кузиев Д.А., к.т.н. (РФ)  
Малышев Ю.Н., академик РАН, д.т.н. (РФ)  
Маметьев Л.Е., д.т.н. (РФ)  
Мисников О.С., д.т.н. (РФ)  
Першин В.В., д.т.н. (РФ)  
Петрик П.Т., д.т.н. (РФ)  
Ренев А.А., д.т.н. (РФ)  
Серони Аньона, к.т.н. (Кения)  
Смирнов А.Н., д.т.н. (РФ)  
Фёт Штефан, д.т.н. (Германия)  
Хямяляйнен В.А., д.т.н. (РФ)  
Цзяо Ви-го, д.т.н. (Китай)  
Черкасова Т.Г., д.т.н. (РФ)  
Чехлар Михал, к.т.н. (Республика Словакия)  
Юй Шен-вэнь, д.т.н. (Китай)  
Яночко Юрай, д.т.н. (Республика Словакия)

Полнотекстовой доступ к электронной версии журнала  
на сайте [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Подписной индекс П4471 по электронному каталогу российской прессы  
«Почта России»

Издатель журнала: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

© Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, 2017

Уважаемые читатели!

Журнал издается с 1997 г.

Учредителем является Кузбасский гос-  
ударственный технический  
университет имени Т.Ф. Горбачева

Журнал зарегистрирован Федеральной  
службой по надзору в сфере связи, ин-  
формационных технологий и массовых  
коммуникаций – Свидетельство ПИ  
№77-060779 от 11 февраля 2015г.

Входит в Перечень ВАК РФ – ведущих  
рецензируемых научных журналов и  
изданий, в которых должны быть опу-  
бликованы основные научные резуль-  
таты диссертаций на соискание ученых  
степеней доктора и кандидата наук по  
направлениям 05.02.00 Машинострое-  
ние и машиноведение, 05.05.00 Транс-  
портное, горное и строительное маши-  
ностроение, 05.09.00 Электротехника,  
05.17.00 Химическая технология,  
25.00.00 Науки о Земле

Ответственный редактор -  
к.ф.-м.н., профессор кафедры  
прикладных информационных  
технологий  
М.А. Тынкевич

Технический редактор  
О.А. Останин

Дизайн обложки  
Ю.Е. Волчков, Д.А. Бородин

Адрес редакции:  
650000, Кемерово, ул. Весенняя 28,  
ФГБОУ ВО «Кузбасский  
государственный технический  
университет имени Т.Ф. Горбачева»

Тел.: +7-3842-39-63-14  
Сайт: [vestnik.kuzstu.ru](http://vestnik.kuzstu.ru)

Подписано к печати 26.06.2017

Формат 60×84 /8.  
Бумага офсетная.  
Отпечатано на МФУ  
Уч.-изд. л. 26,87.  
Тираж 150 экз.

Издательский центр УИИП КузГТУ  
650000, Кемерово,  
ул. Д. Бедного, 4а

Russian Federation Ministry of Education and Science  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
"T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University"

# BULLETIN

OF THE KUZBASS  
STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY



№ 3 (121) 2017

Founded in 1997  
Issued 6 times a year  
ISBN 5-89070-074-X

## Editorial Team:

Krechetov A.A., editor-in-chief, PhD (Russia)  
Kostyuk S.G., deputy editor-in-chief, PhD (Russia)  
Blumenstein V.Yu., Dr. Sc. (Russia)  
Cehlár Michal, PhD (Slovak Republic)  
Cherkasova T.G., Dr. Sc. (Russia)  
Demirel Nuray, PhD (Turkey)  
Ismagilov Z.R., corresponding member of RAS, Dr. Sc. (Russia)  
Iui Sheng-wen, Dr. Sc. (PRC)  
Janocko Juraj, Dr. Sc. (Slovak Republic)  
Jiao Wi-guo, Dr. Sc. (PRC)  
Kashirskikh V.G., Dr. Sc. (Russia)  
Khyamyalyaynen V.A., Dr. Sc. (Russia)  
Klishin V.I., corresponding member of RAS, Dr. Sc. (Russia)  
Klubovitch V.V., academician of Belarus NAS, Dr. Sc. (Belarus)  
Kolesnikov V.F., Dr. Sc. (Russia)  
Kontorovitch A.E., academician of RAS, Dr. Sc. (Russia)  
Korotkov A.N., Dr. Sc. (Russia)  
Kuziev D.A., PhD (Russia)  
Malyshev Yu.N., academician of RAS, Dr. Sc. (Russia)  
Mametiev L.E., Dr. Sc. (Russia)  
Misnikov O.S., Dr. Sc. (Russia)  
Pershin V.V., Dr. Sc. (Russia)  
Petrik P.T., Dr. Sc. (Russia)  
Renev A.A., Dr. Sc. (Russia)  
Seroni Anyona, PhD (Kenya)  
Smimov A.N., Dr. Sc. (Russia)  
Vöth Stefan, Dr.-Ing., (Germany)

Full-text access to the electronic version of the journal is on website [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Subscription index is P4471 as per the electronic catalog of the Russian press "Post of Russia"

Publisher: T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

© T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 2017

Dear readers!

The journal is published since 1997.

Founded by T. F. Gorbachev Kuzbass  
State Technical University

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technology and Mass Communications - Certificate PI No. 77-060779 of February 11, 2015.

It is included in the RF List of the Higher Attestation Commission being the list of the leading peer-reviewed scientific journals and publications in which the main scientific results of theses for the academic degrees of a doctor and candidate of sciences should be published in the following areas 05.02.00 Mechanical engineering and machine sciences, 05.05.00 Transport, mining and construction machinery, 05.09.00 Electrical engineering, 05.17.00 Chemical technology, 25.00.00 Earth sciences

Responsible editor -  
M. A. Tynkevich, PhD in Physics and Mathematics, Professor, Applied Information Technologies Department

Technical editor  
O. A. Ostanin

Cover design  
Yu.E. Volchkov, D.A. Borodin

Editorial office address:  
28, Vesennaya str., Kemerovo, 650000  
T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Tel.: +7-3842-39-63-14  
Web-site: [vestnik.kuzstu.ru](http://vestnik.kuzstu.ru)

Signed for publication on 26.06.2017

Format 60×84 /8.  
Offset paper.  
Imprinted on MFPs  
Published sheets 26,87.  
Edition 150 copies.

Publishing center UIP KuzSTU  
650000, Kemerovo,  
4a, D. Bednogo str,

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУКИ О ЗЕМЛЕ

- Анферов Б.А., Кузнецова Л.В.*  
Разработка Барзасского месторождения сапропелитовых углей
- Гридасов А.Г., Кузеванов К.И.*  
Схематизация гидрогеологических условий на участках добычи угольного метана в Кузбассе для обоснования прогнозных гидродинамических расчётов
- Torro V.O., Remezov A.V., Kuznetsov E.V., Kulikova A.A.*  
Определение аэродинамических параметров выработанных пространств при слоевой отработке мощных пластов
- Тациенко А.Л., Плаксин М.С., Понизов А.В.*  
Основные технические аспекты внедрения технологии гидроразрыва угольного пласта
- Соколов М.В., Простов С.М.*  
Геомеханическое обоснование параметров инъекционного закрепления неоднородного неустойчивого грунтового основания здания
- Голик В.И., Разоренов Ю.И., Ляшенко В.И.*  
Методы строительной механики при решении горно-геомеханических задач
- Голик В.И., Разоренов Ю.И., Габарев О.З.*  
Управление геомеханикой скального массива при подземной добыче руд
- Угляница А.В., Солонин К.Д.*  
Разработка технологии закладки вертикальных стволов шахт цилиндрическими крупногабаритными автоклавными шлакобетонными блоками
- Коларов М.Ф., Корецкая Г.А.*  
Оценка возможности применения сейсмомониторинга при разведке нефтегазовых месторождений
- Шабанов Е.А., Простов С.М.*  
Натурные испытания метода контролируемой электрохимической очистки грунта от нефтезагрязнений. Ч.III Электрофизический мониторинг зоны загрязнения

### ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

- Бовин К.А., Гилёв А.В., Шигин А.О., Крицкий Д.Ю.*  
Промышленные исследования эффективности эксплуатации буровой техники в условиях Олимпиадинского ГОК АО «ПОЛЮС»
- Вальтер А.В., Аксенов В.В.*  
Оптимизация отклонений оболочек, возникающих при сборке корпусов геохода
- Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Цехин А.М., Борисов А.Ю.*  
Влияние условий эксплуатации на устойчивость проходческого комбайна с двухкорончатым реверсивным стреловидным исполнительным органом
- Хорешок А.А., Ананьев К.А., Ермаков А.Н.*  
Определение рационального числа резцов в линиях резания барабанных исполнительных органов геоходов
- Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А.*  
Определение силовых параметров ножевого исполнительного органа геохода для разрушения пород малой крепости

## CONTENTS

### EARTH SCIENCES

- 5 *Anfyorov B.A., Kuznetsova L.V.*  
Development of Barzas deposit of sapropelic coals
- 12 *Gridasov A.G., Kuzevanov K.I.*  
Generalisation of hydrogeological conditions at coalbed methane fields in the Kuznetsk coal basin for predictive hydrodynamic calculations
- 22 *Torro V.O., Remezov A.V., Kuznetsov E.V., Kulikova A.A.*  
Determination of aerodynamic parameters of the mined out spaces at layered mining of thick seams
- 30 *Tatsienko A.L., Plaksin M.S., Ponizov A.V.*  
The main technical aspects of coal seam fracking technology implementation
- 37 *Sokolov M.V., Prostov S.M.*  
Geomechanical justification of the injection soil grouting parameters for nonhomogeneous unstable foundation soils
- 45 *Golik V.I., Razorenov Y.I., Liashenko V.I.*  
Methods of structural mechanics in solving of the mining and geomechanical problems
- 55 *Golik V.I., Razorenov Y.I., Gabaraev O.Z.*  
Management of rock mass geomechanics in underground ore mining
- 65 *Uglyanitsa A.V., Solonin K.D.*  
Development of the technology of vertical shaft backfilling with cylindrical large-size autoclave slag blocks
- 73 *Kolarov M.F., Koretskaia G.A.*  
Estimation of possibility of seismomonitoring application for exploration of oil and gas fields
- 80 *Shabanov E.A., Prostov S.M.*  
In situ testing of the method of controlled electrochemical cleaning of soil from oil spills.  
Ch.III. Electrical and physical monitoring of the pollution zone

### TRANSPORT, MINING, CONSTRUCTION MECHANICAL ENGINEERING

- 87 *Bovin K.A., Gilev A.V., Shigin A.O., Kritsky D.Y.*  
Industrial research of drilling equipment operating efficiency at Olimpiadinskiy GOK of AO "POLYUS"
- 94 *Walter A.V., Aksenov V.V.*  
The optimization of shells deviations resulting from an assembly of geokhod's bodies
- 103 *Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu.*  
The influence of operating conditions on the stability of roadheader with two-bit reverse action boom-type cutting body
- 110 *Khoreshok A.A., Ananiev K.A., Ermakov A.N.*  
Determination of the rational number of picks in the cutting lines of geokhod's cutting drum
- 116 *Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A.*  
Determination of force parameters of geokhod cutting body blade for destruction of strata of low hardness

	<i>Герике П.Б.</i>	126	<i>Gericke P.B.</i>
Новое в методике проведения испытаний энерго-механического оборудования горной техники			New in the testing technique for power and mechanical equipment of mining machines
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА</b>			
	<i>Семыкина И.Ю., Негадаев В.А.</i>	134	<i>Semykina I.Yu., Negadaev V.A.</i>
Методика повышения энергоэффективности много-двигательных частотно-регулируемых электроприводов магистральных ленточных конвейеров			Method of increasing energy efficiency of multi-motor frequency-controlled electric drives of the main belt conveyors
	<i>Негадаев В.А.</i>	143	<i>Negadaev V.A.</i>
Оптимизация магистральной сети электроснабжения ограниченной мощности			Optimization of the backbone power supply network of limited power
<b>МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ</b>			
	<i>Овчинников Н.П.</i>	154	<i>Ovchinnikov N.P.</i>
Опыт эксплуатации секционных насосов главного водоотлива подземного рудника «Удачный»			The experience of operation of sectional pumps of the main drainage of the underground mine «Udachny»
	<i>Овчинников Н.П.</i>	162	<i>Ovchinnikov N.P.</i>
Влияние состояния проточных каналов рабочего колеса на работоспособность электронасосного агрегата			The influence of the flow channels of the impeller on the performance of pump-motor unit
	<i>Рябинин А.А.</i>	170	<i>Ryabinin A.A.</i>
Исследование влияния предварительного термостатирования на противоизносные свойства минерального моторного масла ЛУКОЙЛ СТАНДАРТ 10W-40 SF/CC			Study of the influence of preliminary incubation on anti-wear properties of LUKOIL STANDARD 10W-40 SF mineral motor oil
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ</b>			
	<i>Черкасова Т.Г., Черкасова Е.В., Черкасов В.С.</i>	175	<i>Cherkasova T.G., Cherkasova E.V., Cherkasov V.S.</i>
Структуры двойных комплексных солей с термохромными свойствами			Structures of double complex salts with thermochromic properties
<b>ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ТРУДА</b>			
	<i>Михайлов В.Г., Голофастова Н.Н., Коряков А.Г., Галанина Т.В.</i>	183	<i>Mikhailov V.G., Golofastova N.N., Koryakov A.G., Galanina T.V.</i>
Управление экологической безопасностью угледобывающего предприятия			Environmental safety and compliance management of coal producer
<b>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>			
	<i>Новоселов А.С., Маршалова А.С.</i>	189	<i>Novoselov A.S., Marshalova A.S.</i>
Актуальные проблемы разработки стратегии социально-экономического развития региона			Current issues of elaboration of strategy for regional socio-economic development
<b>ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>			
	<i>Илюшин А.М., Онищенко С.С., Филиппова А.В.</i>	197	<i>Ilyushin A.M., Onischenko S.S., Filippova A.V.</i>
Домохозяйство кочевников развитого средневековья в долине реки Касьмы			Household of nomads of the developed middle ages in the valley of the river Kasma
<b>ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ</b>			
	<i>Масаев Ю.А., Политов А.П., Масаев В.Ю.</i>	207	<i>Masaev Y.A., Politov A.P., Masaev V.Y.</i>
Бетон в строительстве – с древнейших времен до наших дней			Concrete in construction - from ancient times to our days
	<i>Вниманию авторов</i>	214	<i>Instructions to authors</i>
<b>ELECTRICAL ENGINEERING</b>			
<b>MECHANICAL ENGINEERING AND MACHINE SCIENCES</b>			
<b>CHEMICAL TECHNOLOGY</b>			
<b>ECOLOGY AND LABOR PROTECTION</b>			
<b>ECONOMIC SCIENCES</b>			
<b>HISTORICAL SCIENCES</b>			
<b>THE HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY</b>			