

цессе ее эксплуатации определяются типом крепи и способами, предупреждающими деформации приконтурного массива, дальнейшие исследования в этом направлении будут направлены на обоснование таких параметров систем крепления, которые позволят максимально уменьшить объемы требуемых ремонтных работ, в том числе и за счет снижения кратности ремонтов.

#### Список литературы

1. Кошелев К.В., Игнатович Н.В., Полтавец В.И. Поддержание сопряжений горных выработок. – К.: Техника, 1991. – 176 с.
2. Мизин В.А., Сытник А.В., Нагорный А.В. Творческое сотрудничество института, завода и шахты – залог успеха // Уголь Украины. – 2003. – № 8. – С. 43-44.
3. Ардашев К.А. Анализ применения нормативных документов по проектированию крепей капитальных выработок // Шахтное и строительство. – 1982. – № 4. – С. 14-17.
4. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок. – М.: Недра. 1990. – 218 с.
5. Кошелев К.В., Томасов А.Г. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок. М.: Недра, 1985. – 216 с.
6. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.15.04.– Днепропетровск, 1988.– 507 с.
7. Друцко В.П., Шаповал Ю.С., Гнездилов В.Г. Технология проведения горных выработок с поэтапным возведением крепи // Технология и проектирование подземного строительства: Вестник. – Харьков: РИП «Оригинал», 2000. – С. 25-30.
8. Смирнов А.В., Григорьев А.Е. Экономическая оценка применения систем комбинированной крепи капитальных выработок угольных шахт // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2015. – № 21 (218). – Вып. 33. – С. 132-136.
9. Современные проблемы проведения и поддержания горных выработок на глубоких шахтах / Монография под ред. С.В. Янко. – Донецк: ДУНВГО, 2003. – 256 с.
10. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статистической геомеханики. – К.: Універ. вид-во “Пульсари”, 2002. – 304 с.

Рукопись подана в редакцию 26.04.16.

УДК 622.831

А.В. СОЛОДЯНКИН, д-р техн. наук, И.В. ДУДКА, аспирант,  
Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ УЧАСТКОВЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ОП «ШАХТА «ПАРТИЗАНСКАЯ» ГП «АНТРАЦИТ»

В статье приведены результаты шахтных исследований деформационных процессов в выемочных выработках ОП «Шахта «Партизанская» ГП «Антрацит». Выполнен анализ производственной деятельности шахты «Партизанская» и состояния выработок, испытывающих влияние очистных работ. Рассмотрены перспективы развития шахты с применением бесцеликовых способов охраны выработок и переходом на комбинированные рамно-анкерные крепи. Комплекс исследований включал визуальное обследование состояния выработок и инструментальные измерения деформаций металлической рамной крепи. В качестве объектов исследований выбраны подготовительные выработки, испытывающие влияние очистных работ и предназначенные для повторного использования при отработке второй лавы. Выявлены характерные виды деформаций крепи и объемы ремонтных работ. Установлены основные факторы, которые определяют степень сложности эксплуатации выработок. Предложено новое устройство для измерения параметров поперечного сечения выработки, которое снижает трудоемкость выполнения замеров и повышает точность результатов. Для разных этапов эксплуатации выработки получены зависимости изменения ее сечения от расстояния до лавы. Отмечены особенности деформирования поперечного сечения выработки. Намечены пути снижения деформаций крепи и повышения устойчивости подготовительных выработок для их повторного использования при отработке лав.

**Ключевые слова:** подготовительная выработка, шахтные исследования, деформация крепи, лава.

**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.** Государственное предприятие «Антрацит» сформировано и ведет добычу антрацита с 1981 г. Промышленные запасы угля на 01.2012 - 95,6 млн т, проектная мощность - 2500 млн т/год, производственная - 1670 млн т/год.

ГП «Антрацит» расположено на территории Антрацитовского района Луганской области. В состав государственного предприятия входит 9 обособленных подразделений, в том числе две действующие шахты - «Комсомольская» и «Партизанская».

ОП «Шахта «Партизанская» введена в эксплуатацию в 1913 г. Последняя реконструкция шахты проводилась в 1967 г. Промышленные запасы угля составляют 21,82 млн т, проектная мощность - 400 тыс.т/год, производственная - 270 тыс.т / год. Способ подготовки шахтного поля - панельный. Система разработки: столбовая, сплошная, комбинированная. Средняя длина лавы 250 м. Максимальная глубина разработки на настоящее время составляет 1193 м.

Проектом развития шахты «Партизанская» предполагается освоение проектной мощности 600 тыс.т/год, что возможно при отработке запасов шахтного поля двумя очистными забоями с суточной нагрузкой основной 207 западной лавы 1500 т в сутки, и резервно-действующей 206 верхней западной лавы - 500 т в сутки. Планируемый срок службы шахты - 32 года.

Шахта в последнее время работает нестабильно из-за несвоевременной подготовки линии очистных забоев вследствие большого физического износа горного оборудования, отсутствия средств на его замену и огромных затрат на поддержание выработок.

Традиционно для охраны подготовительных выработок шахты при отработке лав использовались угольные целики. В связи с повышенным горным давлением ширина охранных целиков угля достигала 30 м (202 пром.штрек). При этом потери угля при охране данной выработки на глубине 1040 м составили 58 618 тонн. Уменьшение ширины угольных целиков при отработке последующих лав (203, 204, 205 западные лавы пл.  $h_{10}$ ) до 5-7 м привело к существенному ухудшению состояния выработок. При подходе второго очистного забоя сечение выемочных штреков уже не соответствует требованиям технической эксплуатации.

В связи с этим на шахте планируется внедрение бесцеликовой отработки выемочных участков, с повторным использованием выработок и применением комбинированных рамно-анкерных крепей, что позволит уменьшить потери угля в целиках, увеличить темпы подвигания лав за счет сокращения времени на выполнение концевых операций в забоях, а также снизит металлоемкость крепи. Техническая реализация этих решений требует оценки характера работы крепи на всех этапах эксплуатации подготовительной выработки с момента ее проведения, прохождения волны опорного давления от первой лавы и воздействия очистных работ при повторном использовании.

**Анализ исследований и публикаций.** Вопросы поддержания выработок при отработке угольных запасов рассматривались многими научными школами и организациями. В настоящее время имеется целый ряд решений, позволяющих, в отдельных случаях, надежно и эффективно проводить отработку угля с сохранением выработок в эксплуатационном состоянии [1-7 и др.]. Однако в каждом конкретном случае необходимо учитывать специфику горнотехнических факторов и горно-геологических условий, что предполагает проведение комплекса исследований для обоснования соответствующих параметров способа крепления и охраны.

**Целью исследований**, результаты которых изложены в статье, являлось изучение деформационных процессов, происходящих в подготовительных выработках добычного участка под влиянием очистных работ.

**Изложение материалов и результатов.** На первом этапе, на основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, данных маркшейдерской службы, а также данных про объемы ремонтных работ, были установлены основные факторы, которые определяют состояние выработок на шахте «Партизанская».

Шахтные исследования выполнялись в выработках действующей 205 западной лавы пл.  $h_{10}$  и включали их визуальное обследование и инструментальные измерения. Очистной забой 205 западной лавы отрабатывался прямым ходом по простиранию, система разработки - комбинированная. Угольный пласт  $h_{10}$  имеет двухпачечное строение. Мощность пласта  $m=1,35-1,69$  м.

Вмещающие породы. Основная кровля - сланец песчаный,  $m=18-23$  м, крепостью  $f=7-9$ . Непосредственная кровля - сланец песчано-глинистый,  $m=2,9-8,3$  м, крепостью  $f=6-7$ , темно-серый, слоистый, трещиноватый с большим количеством слюдяного материала по наслоению. Ложная кровля - сланец глинистый  $m=0-0,3$  м, крепостью  $f=3-4$ . Непосредственная почва - сланец песчаный, тонкослоистый, прилегающий к пласту слой комковатой структуры «кучерявчик»  $m=1,06-4,0$  м.

В качестве объектов исследований были приняты (рис. 1):

пром. штрек 204-й западной лавы пл.  $h_{10}$ , который эксплуатировался повторно и служил вентиляционным штреком 205 зап. лавы при отработке подготовленного участка прямым ходом. Штрек погашался сразу после прохода очистного забоя;

пром. штрек 205-й западной лавы пл.  $h_{10}$ , предназначенный для транспортирования угля. Проводился с некоторым опережением линии очистного забоя.

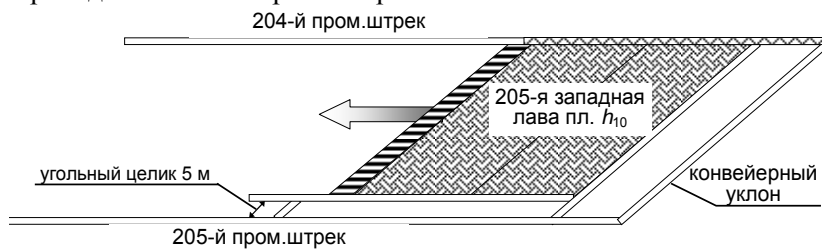


Рис. 1. Схема отработки 205-й западной лавы пласта  $h_{10}$

Пром. штрек 204 западной лавы проводился по пласту угля с верхней подрывкой пород. Крепление выработки – металлическая

арочная крепь КМП-А3/11,2 из СВП-22 с деревянной затяжкой. Площадь сечения  $S_{пр}=12,9 \text{ м}^2$ ,  $S_{св}=10,4 \text{ м}^2$ . Ширина выработки в проходке  $B_{пр}=4,5 \text{ м}$ , высота  $H_{пр}=3,36 \text{ м}$ . Выработка проводилась на глубине 1143 м. Исследованный участок повторно используемой выработки составлял 285 м.

Визуальное обследование выработки показало следующее. Хорошее состояние крепи отмечено лишь вначале наблюдаемого участка (до ПК3). По мере приближения лавы состояние выработки ухудшается. С ПК4 форма выработки изменяется, поперечное сечение уменьшается, отсутствуют межрамные стяжки и рамы завалены к устью.

На отрезке ПК8+7 – ПК8+17 наблюдаются вывалы пород кровли и боков. С ПК10 сечение пром. штрека значительно уменьшается с разрушением замков и верхних частей стоек. С отметки ПК13 и до окна лавы под каждую нижнюю стойку крепи для сохранения минимальной высоты выработки устанавливаются ремонтны. Рабочая печь находится на ПК14, и уже с ПК13+17 сечение выработки составляет не более  $3 \text{ м}^2$ .

Замерная станция (пункт) для проведения измерений представляет собой несколько контрольных точек, нанесенных краской на раму крепи. Количественно оценка состояния выработки по ее длине производилась путем замеров высоты  $H$  и ширины  $B$  сечения на замерных рамах через определенные расстояния по всей длине выработки (по возможности, в пределах каждого пикета). По полученным значениям определялась примерная площадь поперечного сечения выработки. Также контролировалась величина нахлеста профилей в замках податливости крепи  $Z_n$  и  $Z_n$ .

Следует отметить, что получение данных о состоянии массива пород или деформаций крепи представляет достаточно сложный, трудоемкий процесс, а сами результаты не всегда достоверны, что вызвано спецификой проведения измерений в действующей выработке при наличии в ней эксплуатационного оборудования.

С целью снижения трудоемкости выполнения замеров и получения более точных результатов, было разработано устройство, предназначенное для оценки изменений параметров внутреннего контура выработок, закрепленных металлической арочной крепью.

Устройство состоит из блока крепления и шарнирно соединенной с ним площадкой, на которой расположены на одном уровне лазерный дальномер и лазерный уровень, с возможностью измерения высоты выработки относительно горизонтально спроектированного луча. Схема измерительного пункта в выработке с установленным устройством и инструментами показана на рис. 2.

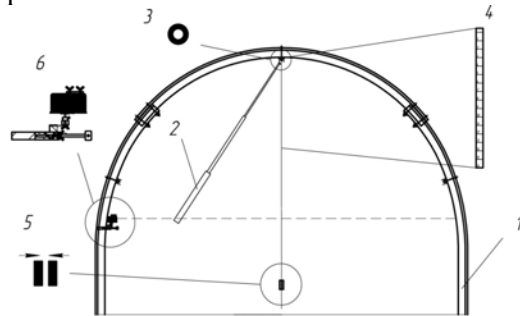


Рис. 2. Схема измерительного пункта и применяемые инструменты: 1 – рама крепи; 2 – телескопический удлинитель для закрепления магнита на верхняке; 3 – магнит для закрепления ленты рулетки в верхней точке крепи; 4 – лента рулетки; 5 – магниты-грузы, закрепленные на нижней точке ленты рулетки; 6 – измерительное устройство

Схема закрепления измерительного устройства на стойке металлической крепи показана на рис. 3.

На рис. 4 приведены поперечное сечение металлической крепи 1, и параметры выработки которые

измеряются или вычисляются.

Устройство используется следующим образом (см. рис. 2 и 3).



Рис. 3. Установка измерительного устройства на стойке металлической крепи

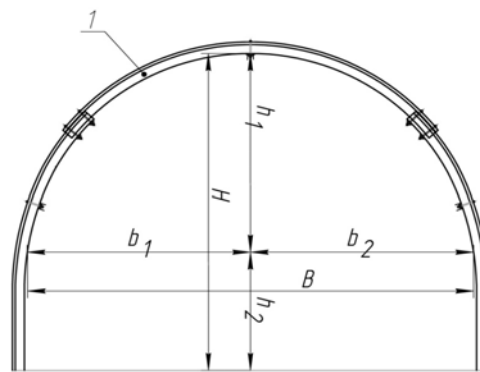


Рис. 4. Схема проведения замеров и измеряемые геометрические параметры

Блок крепления устройства благодаря раздвижке скоб, фиксируется на заданном уровне металлической стойки крепи с помощью зажимного винта. Площадка, которая соединена шарниром с блоком крепления, придвигается к стойке и выравняется по уровню. Лазерным дальномером, который расположен на площадке, измеряется ширина выработки  $B$ , как расстояние до противоположной стойки. С помощью телескопического удлинителя и магнита, к верхняку крепи подвешивается измерительная ленточная рулетка, которой измеряется высота выработки  $H$ . Далее ленточная рулетка используется в качестве отвеса благодаря закрепленным на свободном нижнем конце магнитов-грузов. Измеряется одна полуширина выработки  $b_1$  - от прибора к отвесу (рулетке), а вторая вычисляется:  $b_2 = B - b_1$ .

Высота от горизонта измерения до верхняку  $h_1$  находится с помощью лазерного уровня, расположенного на площадке, горизонталь которого отсвечивается на ленте рулетки. Полувысота от горизонта измерения до почвы вычисляется:  $h_2 = H - h_1$ .

Предлагаемое устройство позволяет отказаться от постоянных отвесов, трудоемкого и длительного проведения условного горизонтального уровня с помощью шнура, увеличивает точность измерений, а также позволяет работать в одной части выработки без перемещения через шахтное оборудование (конвейер) в другую. Все операции может выполнять один человек. Время на снятие необходимых параметров по одной раме крепи составляет 2-3 минуты, что позволяет за небольшой промежуток времени, провести серию измерений на протяженном участке выработки.

Результаты шахтных измерений деформаций крепи представлены на рис. 5.

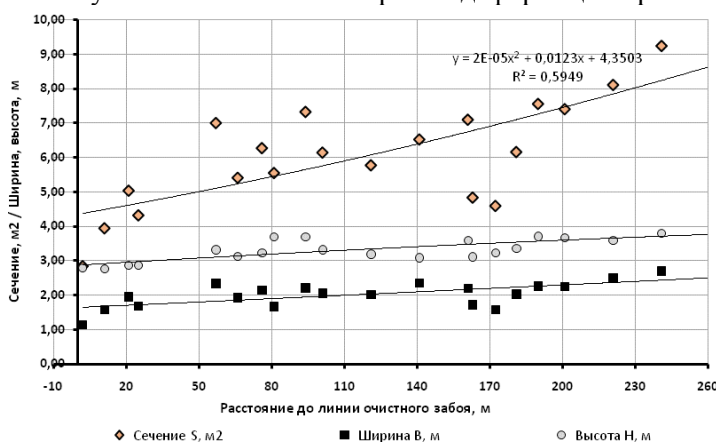


Рис. 5. Изменение параметров сечения 204 пром. штрека по мере подхода очистного забоя

Пром. штрек 205-й западной лавы проводится по пласту  $h_{10}$  с подрывкой пород кровли и почвы. Выработка предназначена для транспортирования угля при отработке 205 западной лавы. Предполагается сохранение выработки для повторного использования в качестве вентиляционной при работе планируемой

нижерасположенной лавы.

Способ проведения выработки - буровзрывной. Уборка породы и бурение шпуров осуществляется буропогрузочной машиной 2ПНБ-2Б. Транспортировка горной массы от забоя выполняется скребковым СП-202 и ленточным 1Л-1000Д конвейерами. Сечение выработки  $S_{св} =$

13,4 м<sup>2</sup>,  $S_{вч}=15,6$  м<sup>2</sup>; высота выработки  $H_{св}=3,62$  м,  $H_{вч}=3,84$  м. Крепь - КМП-АЗР3-13,4 с деревянной затяжкой. Замки М-24 без упорных хомутов. Шаг крепи - 0,8 м. Отметка проведения 205 пром. штрека составляет - 1193,0 м.

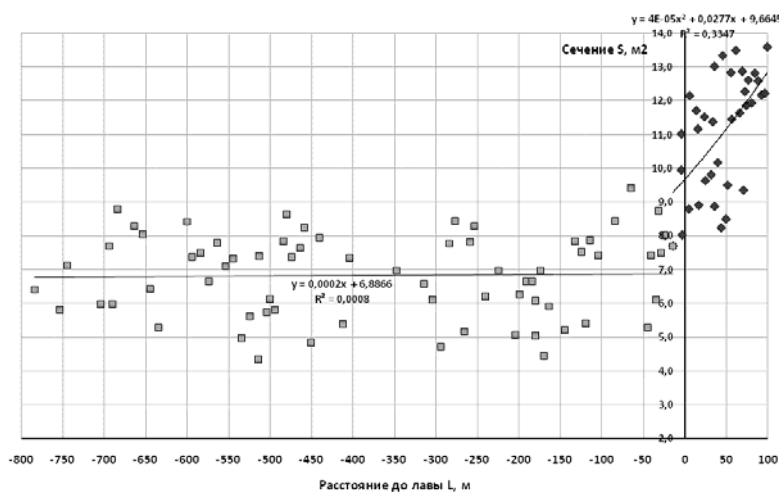
В результате визуального обследования выработки установлено следующее.

В начале выработки крепь установлена с шагом 0,5 м и имеет хорошее состояние. Этому способствует наличие целика для охраны конвейерного уклона.

После разрезной печи состояние выработки резко ухудшается. Комплектность металлической крепи не соответствует паспорту крепления: расстрельных и крепежных хомутов не хватает. На ряде рам штрека в замках податливости устанавливается только по одному хомуту. Хомуты применяются разных типов. Затяжка во многих местах отсутствует. Это приводит к быстрой деформации и разрушению крепи.

Усиление крепи ремонтными по линии лавы делается нерегулярно и является недостаточным, о чем свидетельствует поломка ремонтин, значительные деформации металлической крепи, разрывы хомутов и спецпрофиля стойки в узлах податливости.

По результатам выполненных инструментальных исследований установлено, что влияние лавы на участок сечения выработки начинается за 70–80 м до подхода очистного забоя (рис. 6).



**Рис. 6.** Изменение сечения 205 пром. штрека по мере приближения очистного забоя

На протяжении этого участка выработки и до сопряжения его с линией очистного забоя, сечение выемочного штрека уменьшается по степенной зависимости вида

$$S_{св} = 0,0005L^2 + 0,028L + 9,66, (2)$$

где  $L$  - расстояние от замерной точки до линии очистного забоя, м.

При этом сечение выработки снижается от  $S_{св}=13,6$  до

$S_{св}=7,1$  м<sup>2</sup>, что на сопряжении с лавой составляет 52,2 % от первоначального сечения.

За лавой, на протяжении почти 800 м, сечение выработки практически не уменьшается (всего на 0,5 м<sup>2</sup>). Тем не менее, остаточное сечение пром. штрека после прохода первой лавы является недостаточным, поскольку, влияние второй лавы приводит к снижению площади этого сечения еще на 50%. Необходимо также учесть, что потеря сечения выработки в зоне влияния первой лавы происходит неравномерно.

В зоне влияния движущейся лавы ширина выработки снижается от  $B=4,44$  до  $B=3,66$  м, что составляет 83,2% от первоначальной ширины. За лавой на протяжении 800 м ширина выработки уменьшается до значения  $B=3,58$  м, т.е. еще на 2%.

Высота выработки до подхода лавы уменьшается от  $H=3,85$  до  $H=2,4$  м, что составляет 62,4% от первоначальной высоты. За лавой высота выработки уменьшается до значения  $H=2,32$  м - всего на 2%.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Установлено, что одной из основных причин плохого состояния обследованных штреков является несоблюдение паспорта проведения и крепления выработки. Это существенно уменьшает несущую способность крепи, провоцирует расслаивание приконтурных пород, значительно увеличивая нагрузку на крепь. Вследствие этого, рамная крепь выработки теряет работоспособность и требует перекрепления после прохода лавы.

В результате исследований, выполненных в выемочных выработках на разных этапах их эксплуатации, установлено, что при подходе первой лавы и в зоне влияния второй лавы, изменение поперечного сечения пром. штрека подчиняется степенной зависимости. При этом влияние движущегося очистного забоя заметно на расстоянии 70...80 м, а конечная площадь сечения составляет 50% от его первоначальной величины.

В большей степени поперечное сечение уменьшается за счет смещений кровли, что предопределяет выбор конструктивных средств повышения устойчивости выработки, направленных на предупреждение деформаций пород кровли, в том числе, за счет создания прочной опоры для поддержания толщи пород на сопряжении «лава-штрек» после выемки пласта угля. Выполнение всех мероприятий по повышению устойчивости подготовительной выработки целесообразно проводить до влияния первой лавы.

Полученные в ходе шахтных исследований результаты являются исходными данными для численного моделирования поведения системы «лава - подготовительная выработка» на различных стадиях ведения горных работ при разных параметрах крепи и способах охраны объекта.

#### Список литературы

1. Скипочка С.И., Усаченко Б.М., Куклин В.Ю. Элементы геомеханики углепородного массива при высоких скоростях подвигания лав. – Днепропетровск: ЧП «Лира ЛТД», 2006. – 248 с.
2. Байсаров Л.В. Новые условия хозяйствования требуют новых технологических решений // Уголь Украины. – 2007. – № 7. – С. 3-6.
3. Ильяшов М.А. Перспективы использования комбинированного способа охраны сопряжений лав // Уголь Украины. – 2008. – № 4. – С. 8-11.
4. Majcherczyk T., Szaszenko A., Sdwizkowa E. Podstawy Geomechaniki. – Krakow: AGH Uczelniane wydawnictwa naukowo-dydaktyczne. – 2006. – 293 s.
5. Prusek S. Monitoring of a longwall gate road maintained behind the caving extraction front / S. Prusek, Z. Lubosik // Bergbau in Polen und Deutschland-Chancen für Innovationen und Kooperation: Freiburger Forschungsforum 57. – Bergund Huttenmannischer Tag. – 2006. – P. 84-95.
6. Солодянкин А.В., Машурка С.В., Дудка И.В. К вопросу об эффективности повторного использования выработок в сложных геомеханических условиях // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2015. – № 2 (16). – С. 99-109.
7. Обоснование параметров крепления участковых выработок в условиях ГП «Шахтоуправление «Южнодонбасское №1» / Е.А. Сдвижкова, А.В. Солодянкин, Д.В. Бабец, С.В. Машурка, О.А. Кузиева // Вісник Криворізького національного університету. – 2015. – Вип. 39. – С. 19-23.
8. Попович І.М. Обґрунтування параметрів способу забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких шахт, що використовують повторно. Автореферат дис... канд. техн. наук, НГУ, Дніпропетровськ. – 18 с.

Рукопись подана в редакцию 18.04.16.

УДК 662.612.3: 504

А.В. СИЗОНЕНКО, старший преподаватель

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЖИГАНИЯ МАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Рассмотрены оптимальные организации процесса сжигания водоэмульсионных топлив, с помощью которых можно добиться снижения содержания  $\text{NO}_x$  в процессе горения за счет ввода пара или впрыскивании воды в зону горения. Применение водо-топливной эмульсии позволяет значительно повысить эффективность использования углеводородных топлив и намного уменьшить выброс вредных веществ в окружающую среду. При этом экономия топлива составляет 15-20 % при сохранении той же механической или тепловой мощности, а уменьшение выбросов по некоторым видам загрязнений составляет 2-3 раза.

Содержащиеся в топливе высокодисперсные частицы водной фазы, при прогреве в камере сгорания превращаются в паровые пузырьки, дробящие топливные капли на мельчайшие частицы, которые быстрее прогреваются, интенсивнее взаимодействуют вначале с кислородом, образующимся в результате диссоциации воды, воспламеняются и перемешиваясь с кислородом воздушного заряда, сгорают с большей интенсивностью (в 5-6 раз быстрее), чем чистый мазут.

При дополнительном дроблении капель эмульсии достигается ускорение их испарения и улучшается процесс перемешивания топлива с воздухом, в результате чего с учетом наличия в зоне горения продуктов диссоциации воды процесс сгорания мазута существенно интенсифицируется. Эти особенности сжигания водотопливной эмульсии в литературных источниках представлены только качественно. Поэтому целью данной работы является поиск функциональной взаимосвязи влияния различных факторов и параметров эмульсии на количество  $\text{NO}_x$  в отработанных газах. Приведены результаты работы эксперимента по сжиганию водоэмульсионных топлив, доказан эффект сокращения выбросов  $\text{NO}_x$ .

**Ключевые слова:** экология, мазутная эмульсия, сжигание.

**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.** Понятие экологизации технологий производства состоит в проведении мероприятий, направленных на предотвраще-