

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

ГОУ ВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО ЛНР
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горный факультет
Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
кафедры разработки месторождений полезных ископаемых

№4 (2018)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**по материалам международной научно-практической
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов**

г. Донецк, 24 мая 2018 г.

ДОНЕЦК
2018

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 4. / редкол.: Н.Н. Касьян [и др.]. – Донецк: ДОННТУ, 2018. – 226 с.

Представлены материалы научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на международной научно-практической конференции «Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых» в рамках проведения IV-го международного научного форума «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие» Донецкой Народной Республики. Представленные материалы отражают широкий диапазон научных исследований по актуальным проблемам в области геотехнологии, геомеханики, геоинформатики и экологии при разработке месторождений полезных ископаемых.

Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников угольной промышленности, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов горных специальностей.

Организатор конференции – кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых» (РМПИ) Горного факультета ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Соорганизаторы конференции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (г. Тула, РФ);

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Республика Казахстан);

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» (г. Алчевск, ЛНР).

Организационный комитет:

Касьян Николай Николаевич – председатель конференции, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РМПИ;

Новиков Александр Олегович – зам. председателя конференции, д-р техн. наук, профессор кафедры РМПИ;

Касьяненко Андрей Леонидович – секретарь конференции, канд. техн. наук, доцент кафедры РМПИ.

Конференция проведена на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк) 24 мая 2018 г.

Члены организационного комитета:

Петренко Юрий Анатольевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры РМПИ;

Стрельников Вадим Иванович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры РМПИ;

Шестопалов Иван Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры РМПИ.

Редакционная коллегия:

Касьян Н. Н. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Новиков А. О. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Петренко Ю. А. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Саммаль А. С. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры механики материалов ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»;

Хуанган Нурбол – доктор Ph.D., заведующий кафедрой промышленного транспорта Карагандинского государственного технического университета;

Леонов А. А. – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет»;

Стрельников В.И. – канд. техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Касьяненко А. Л. – канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Компьютерная верстка: Моисеенко Л.Н., ведущий инженер кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Статьи публикуются в авторской редакции, ответственность за научное качество материала возлагается на авторов.

Контактный адрес:

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, 58, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», 9-й учебный корпус, Горный факультет, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», каб. 9.505, тел.: +3(8062)300-2475, 301-0929, E-mail: rpm@mine.donntu.org, WWW: <http://krmpi.gf.donntu.org>

УДК 662.74

О ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА В СИНТЕТИЧЕСКОЕ ЖИДКОЕ ТОПЛИВО

Терлецкий Ю. Н., Касьяненко А. Л.*

В данной работе является рассмотрение возможности использования угля Донецкого бассейна для переработки его в синтетическое жидкое топливо для более эффективного и рационального его использования. Обусловлено данное предложение тем, что получаемый вид энергетического ресурса является более удобным для транспортирования, хранения, потребления, чем уголь, а также избавлен от большинства вредных для окружающей среды компонентов.

Ключевые слова: синтетическое жидкое топливо, уголь, углепереработка, Донецкий бассейн, гидрогенизация, газификация.

На мировых топливно-энергетических рынках в структуре потребления первичных энергоносителей доминирует нефть, а второе и третье место между собой делят соответственно природный газ и уголь [1]. Жёсткие условия мировой конкуренции и неблагоприятная ситуация на внешнем рынке поставили перед горными предприятиями ряд проблем, связанных с эффективным регулированием деятельности предприятий, поэтому основными задачами, стоящими перед Министерством угля и энергетики ДНР являются [2]: обеспечение рационального и безопасного использования энергетических ресурсов, повышение конкурентоспособности энергетического сектора и эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

На сегодняшний день уголь является единственным видом твёрдого топлива в Республике, поэтому важной задачей является разработка и создание технологий для его использования в качестве наиболее перспективного, с учётом практически неисчерпаемости запасов, энергетического ресурса.

Поэтому **целью работы** является рассмотрение технологий получения синтетического жидкого топлива из угля, а также **задача** выбора наиболее эффективного способа для условий Донецкого угольного бассейна.

* Терлецкий Ю. Н. – студент группы РПМ-15

Касьяненко А. Л. – к.т.н., доц. (научный руководитель)

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

kas@mine.donntu.org

Решением поставленной задачи связанной с повышением эффективности использования топливно-энергетических ресурсов может стать применение инновационных технологий связанных с переработкой твёрдых углей в жидкую форму.

Актуальность и перспектива данного предложения обусловлены поиском альтернативы нефти и газу, как источникам получения энергии, в обозримом будущем в связи с их исчерпаемостью.

Обоснование внедрения и применения инновационных технологий искусственного получения из угля жидких топлив основано на том, что уголь, как широко распространённый вид твёрдых горючих ископаемых на Донбассе, является наиболее перспективным сырьём для производства синтетического жидкого топлива (СЖТ). Такая форма и вид энергетического ресурса является более удобным для транспортирования, хранения, потребления, чем уголь, а также избавлен от большинства вредных для окружающей среды компонентов.

Использование углей включает в себя традиционные направления переработки – сжигание, коксование и полукоксование (рис. 1), и широкий диапазон так называемых нетопливных видов их потребления.

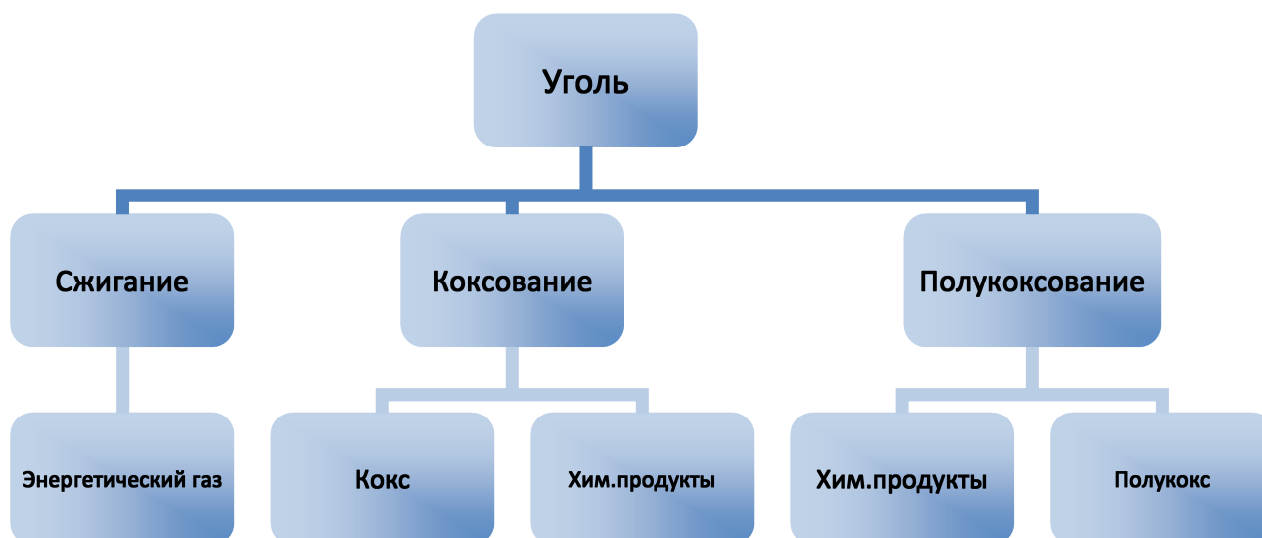


Рисунок 1 – Традиционные методы переработки угля

Продукты, получаемые в результате переработки, могут не только эффективно заменить природный газ и жидкое топливо, но и служить исходным сырьём для производства экологически чистого бензина, авиационного, ракетного и дизельного топлива, водорода и ценных химических веществ (восков, церезина и др.).

Главная задача коксования – получение прочного металлургического кокса. Кроме того, при коксовании получают коксовый газ и смолу, представляющие собой ценное химическое сырье.

При полукоксовании, которое ведется при температуре порядка 500 – 600 °С и также за счет внешнего подвода тепла, главная задача состоит в том, чтобы получить химические продукты (смолу, газ), а твердый остаток – полукокс – является энергетическим топливом.

В настоящее время наиболее распространенные технологии получения СЖТ из угля основаны на двух процессах: газификация и гидрогенизация (рис. 2).

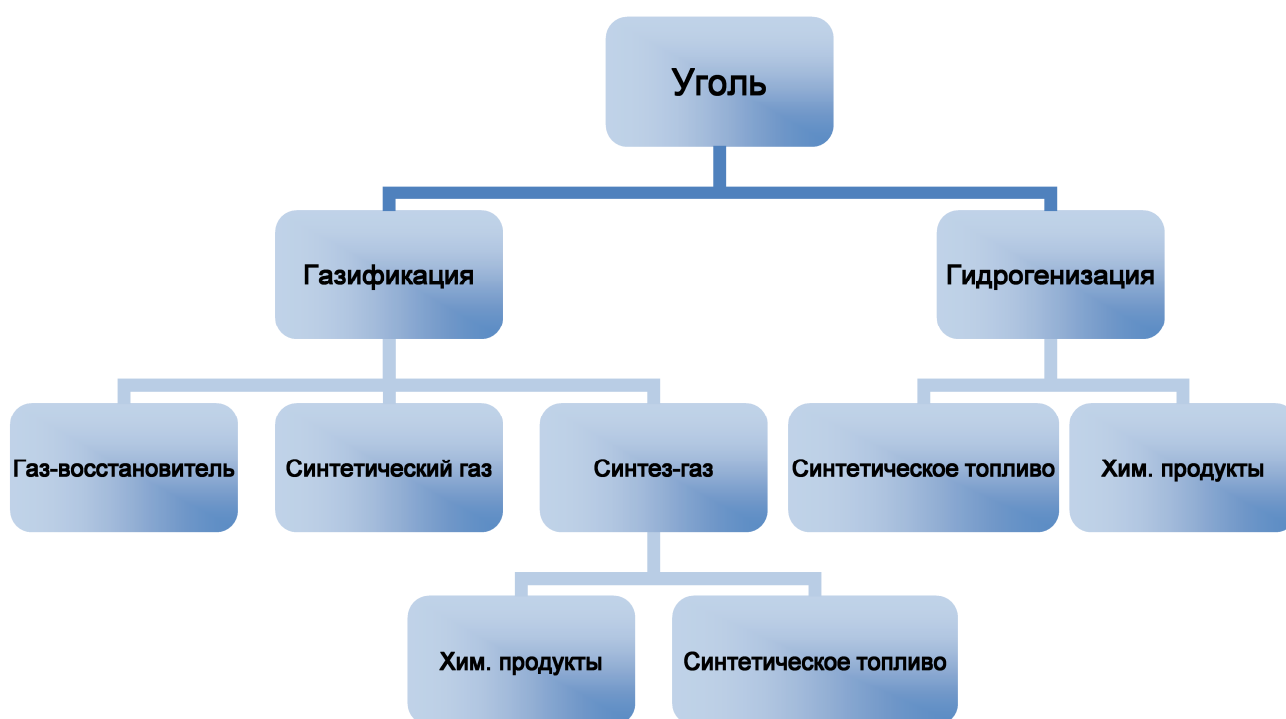


Рисунок 2 – Инновационные методы переработки угля

Гидрогенизация (прямое ожижение) – превращение органической массы угля под давлением водорода (до 300 атм.) в жидкие и газообразные продукты в присутствии катализатора в среде растворителя при температуре до 500 °С, с последующим гидрооблагораживанием полученных жидких продуктов.

Газификация угля (косвенное ожижение) – получение синтез-газа с последующим каталитическим синтезом углеводородов.

Реализация этих технологий предусматривает резкое расширение традиционной углехимической линейки с получением синтетической нефти, высокооктанового бензина, авиационного, ракетного и дизельного

топлива, а также нефти, смазочных масел, парафинов, фенолов и другой углехимической продукции – сырья для основного органического синтеза [3].

Способ получения СЖТ путем прямой (деструктивной) гидрогенизации исходного угля основан на термической переработке угля, к числу которых относятся, в частности, полукоксование и коксование. Однако различие между полукоксованием и коксованием заключается в разложении вещества без доступа кислорода, ведущее к повышению выхода твердого продукта. В случае же гидрогенизации тот же термический процесс, но в присутствии избытка водорода приводит к образованию главным образом жидких и газообразных продуктов при малом выходе твердого остатка (табл. 1).

Таблица 1 – Выход продуктов при термической обработке и гидрогенизации угля в пересчёте на горючую массу, %

Продукт	Каменный уголь	
	Полукоксование	Гидрогенизация
Кокс (остаточный уголь)	78,0	10,5
Масло	5,0	64,7
Смола	8,5	-
Газ	8,5	24,8
Расход водорода	-	8,8

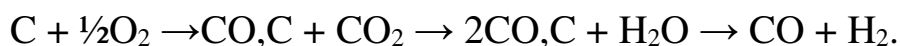
Теоретические основы воздействия водорода на органические соединения под давлением были разработаны еще в начале XX века академиком В. Н. Ипатьевым. Первые широкие исследования по применению гидрогенизационных процессов к переработке угля были проведены немецкими учеными в 1920 г., а в 1940-х г. в Германии был создан ряд промышленных предприятий на базе этой технологии.

На основе многочисленных исследований установлено, что для гидрогенизационной переработки в жидкие продукты предпочтительны каменные угли невысоких стадий метаморфизма со следующим составом: углерод >65 %, водород >5 % а и летучие вещества >30 % в расчете на органическую массу. Важно чтобы содержание золы не превышало 10 %, так как высокая зольность отрицательно сказывается на материальном балансе процесса и затрудняет эксплуатацию оборудования. Помимо характера исходного угля, большое значение имеет выбор режимов давления, температуры и катализаторов. Осуществление процес-

са гидрогенизации углей в промышленных условиях связано с большими трудностями, особенно если иметь в виду его экономичность и эффективность[4].

Газификация угля представляет собой процесс превращения каменного угля с помощью газифицирующих агентов в смесь газов: оксида и диоксида углерода, водорода, метана, водяного пара и азота. В качестве газифицирующих агентов обычно используют воздух, кислород, водяной пар, диоксид углерода и водород, а также смеси этих веществ.

Образующийся при газификации угля метан применяется как заменитель природного газа, а смесь CO и H₂ (синтез-газ) с разным соотношением компонентов используется во многих последующих синтезах. Основными реакциями при газификации являются реакции неполного окисления углерода органической массы:



Такой вид газификации отличается следующими преимуществами: при сжигании газа не образуется твердых остатков (золы), легко достигаются автоматизация и регулирование процесса, полнота сгорания, высокий температурный уровень горения. Для превращения твердого топлива в газообразное применяют специальные аппараты – газогенераторы основанные на реакции пиролиза – термического разложения твердого топлива. При этом получается горючий газ, который должен пройти несколько ступеней очистки, перед тем как поступить на сжигание.

Современные технологии газификации позволяют получать высококачественный синтез-газ из низкосортных видов твердого топлива, использование которого в энергетике позволяет существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, повысить КПД получения тепловой и электрической энергии, сократить расходы на транспорт топлива. Основной недостаток: сложность организации технологического процесса и контроля распространения фронта газификации в подземных условиях [5].

Способ производства СЖТ на основе процесса гидрогенизации газа, предварительно полученного при газификации углей, названный методом Фишера–Тропша, освоенный в промышленных масштабах в Германии в 1940 г. и получивший дальнейшее развитие во многих вариантах (рис. 3). Следует отметить, что во время Второй мировой войны синтетическое топливо, полученное из угля, практически полностью покрывало потребности немецкой авиации. Процесс Фишера-Тропша (ФТ-синтез) описывается следующим уравнением:

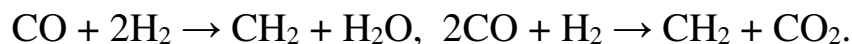


Рисунок 3 – Получение СЖТ методом Фишера – Тропша (ФТ-синтез)

Получение жидкого топлива при ФТ-синтезе из каменного угля конвертируются в синтез-газ – смесь CO и H₂, монооксида углерода и водорода называется «сингаз» или «водяной газ», с последующим синтезом углеводородных смесей, используемых в качестве бензина, дизельного топлива или компонентов моторных топлив. Принципиальное значение этого процесса – это производство синтетических углеводородов для использования в качестве синтетического смазочного масла или синтетического топлива.

По мнению специалистов [6], технология ФТ-синтеза имеет следующие преимущества:

- 1) производство сверхчистых продуктов (дизельного топлива, метанола) без содержания серы и с низким содержанием твердых частиц;
- 2) уменьшение выброса углекислого газа путем технологии улавливания и хранения углерода или получения из него карбамида;
- 3) использование низкокачественного угля.

При сравнении рассматриваемых технологий переработки угля в СЖТ, технология ФТ-синтеза является хорошо зарекомендовавшей себя. Она применяется для преобразования синтетического газа, полученного из угля, в чистое, жидкое высококачественное топливо, включая сверхчистый дизель и топливо для реактивных двигателей.

Вывод. Таким образом, на основе вышеприведенного анализа можно сделать вывод о том, что эффективное использование углей Донецкого бассейна, в том числе низкокачественных углей, которые доступны на внутреннем рынке ДНР в избытке, возможна их переработка в СЖТ с помощью ФТ-синтеза.

Библиографический список

1. BP Statistical Review of World Energy 2017 [Электронный ресурс]: Официальный сайт BP Global Company – Режим доступа: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf> - Загл. с экрана. – 14.05.2018.
2. Задачи Министерства угля и энергетики Донецкой Народной Республики [Электронный ресурс]: Официальный сайт Министерства угля и энергетики Донецкой Народной Республики – Режим доступа: http://mintek-dnr.ru/index/zadachi_ministerstva/0-12 – Загл. с экрана. – 14.05.2018.
3. **Химические вещества из угля.** Пер. с нем. / Под ред. И. В. Калечица – М.: Химия, 1980.– 616 с.
4. **Алексеев, К. Ю.** Современные условия для промышленной реализации процессов СЖТ из углей в России / К. Ю. Алексеев, Е. Г. Горлов, А. В. Шумовский // Уголь. – 2012. – № 8. – С. 91–93.
5. Глубокая переработка углей Казахстана / Ермагамбет Б. [и др.] // Промышленность Казахстана. – 2014. – № 1 (82). – С. 24-28.
6. **Бакурова, Е. В.** Социально-экономические аспекты реализации проекта переработки углей в синтетическое жидкое топливо на территории Приморского края / Е. В. Бакурова // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2016. – №1(77).–С. 100-115.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Агарков А.В., Симонов А.М., Карнаух Н.В., Мавроди А.В., Захлебин В.В.</i> Поддержание подготовительных выработок в условиях шахты имени Челюскинцев	4
<i>Бабак Б.Н. (научный руководитель Касьян Н.Н.)</i> Совершенствование конструкции сооружения из рядовой породы, помещенной в оболочку, с целью улучшения его нагрузочно- деформационной характеристики	12
<i>Вережникова Е.А., Зозуля Я.Д. (научн. рук. Макеев А.Ю., Шестопалов И.Н.)</i> Методика расчета параметров комбинированной рамно-анкерной крепии	19
<i>Воронова И.Н. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Отработка пластов опасных по горным ударам.....	30
<i>Высоцкий С.А., Дрига И.В. (научн. рук. Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i> Особые требования при технологии ликвидации вертикального ствола угольной шахты.....	36
<i>Гречко П.А. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Изучение проявлений горного давления с помощью лазерных сканирующих систем	40
<i>Гнидаш М.Е., Иващенко Д.С. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Особенности поддержания конвейерных штреков при различных вариантах сплошной системы разработки в условиях шахты «Коммунарская» «ПАО Шахтоуправление «Донбасс».....	45
<i>Елистратов В.А. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Возможные направления использования геотермальной энергии угольных шахт	54
<i>Иванюгин А.А. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> Компьютерные технологии рецензирования проекта разработки угольного пласта	59
<i>Иващенко Д.С., Гнидаш М.Е. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Охрана подготовительных выработок глубоких шахт комбинированными опорными конструкциями	68
<i>Кириленко Ю.И. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Исследование состава пород угольных пластов Донецко-Макеевского района Донбасса	79

<i>Корниенко И.М., Сидяченко О.А. (научный руководитель Скаженик В.Б.)</i>	
Компьютерная анимация горных работ на угольных шахтах	87
<i>Кукота М.В. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i>	
Анализ существующих методов борьбы с внезапными выбросами в условиях ОП «Шахта Холодная Балка» ГП «Макеевуголь» и в мировой практике	91
<i>Манухин С.В., Склепович К.З.</i>	
Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород при анкероании почвы подготовительной выработки	99
<i>Нескреба Д.А., Поляков П.И.</i>	
Исследование физико-механических свойств и процессов развития нарушенности в несущих слоях горного массива	105
<i>Николаев И.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Касьян Н.Н., Дрипан П.С.)</i>	
Перспективные направления совершенствования технологии применения анкерной крепи	109
<i>Обедников Д.В. (научный руководитель Литвинский Г.Г.)</i>	
Разработка программы расчета на ЭВМ смещений пород в горных выработках	115
<i>Онокий Э. Ю. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i>	
Анализ методик оценки устойчивости пород в горных выработках	123
<i>Павленко Ю.В. (научн. рук. Соловьев Г.И., Голембиевский П.П.)</i>	
Особенности применения анкерной крепи для поддержания конвейерных штреков в условиях глубоких шахт Донбасса	130
<i>Панин Ф.А., Панин А.А. (научн. рук. Соловьев Г.И., Малышева Н.Н.)</i>	
Особенности применения комбинированных способов поддержания подготовительных выработок глубоких шахт Донбасса	139
<i>Палейчук Н.Н., Санин Д.А. (научный руководитель Рябичев В.Д.)</i>	
Обоснование вида переправы Керченского пролива	153
<i>Палейчук Н.Н., Спичак Ю.Н.</i>	
Экономические аспекты геотехнологии на шахтах Восточного Донбасса	157
<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Горбунов И.Э.</i>	
Выбросоопасность пологих нарушенных угольных пластов Донбасса	163

- Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Гетманец Л.В.*
Комплекс факторов, оказывающих влияние на формирование газодинамической активности угольных пластов, при проведении подготовительных выработок 170
- Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*
Анализ химических растворов, применяемых при упрочнении пород..... 187
- Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*
Временная набрызгбетонная крепь основных выработок, сооружаемых буровзрывным способом..... 191
- Сивоконь М.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)*
Определение комплекса социально-экономической информации при проектировании технологической схемы угольной шахты 193
- Степаненко Д.Ю. (научный руководитель Дрипан П.С.)*
Обоснование и выбор мероприятий по предотвращению газодинамических явлений при проведении участковых пластовых выработок в условиях пласта h_6 ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК» 196
- Терлецкий Ю.Н., (научный руководитель Касьяненко А.Л.)*
О возможности переработки углей Донецкого бассейна в синтетическое жидкое топливо 200
- Холод А.Н. (научный руководитель Новиков А.О.)*
Анализ существующих технологических схем ремонта горных выработок 207
- Чулаков К.П. (научный руководитель Новиков А.О.)*
О повышении устойчивости выработок в условиях НШУ «Яреганефть» ООО «Лукойл-Коми» 216
- Якубовский С.С. (научный руководитель Дрипан П.С.)*
Обоснование и выбор способа охраны магистральных выработок при разработке запасов уклонного поля пласта h_{10}^B ОП «Шахта им. С.М. Кирова» ГП «Макеевуголь» 219

Сборник научных трудов кафедры разработки месторождений
полезных ископаемых ГОУВПО «ДОННТУ»

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых

№ 4 (2018)

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов