

УДК 625.855.3

**А. Г. ДОЛЯ, Д. А. ШАТВОРЯН, Д. В. СМИРНОВА, И. П. ЖУКОВ**  
ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОД ШАХТНЫХ ОТВАЛОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Аннотация.** В Донбассе большое количество отвалов угольных шахт, обожженная и необожженная порода которых является техногенным сырьём для использования в строительстве различных сооружений. В дорожном строительстве диапазон его применения весьма широк: в асфальтобетоне, в слоях дорожных одежд, в земляном полотне и др. Предлагается технология разборки терриконов и технология сооружения земляного полотна в виде технологической карты с выполнением нетрадиционных мероприятий.

**Ключевые слова:** горелая порода, террикон, земляное полотно, уплотнение, автомобильная дорога.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Технология разборки терриконов и строительство земляного полотна из шахтных пород с применением нетрадиционных способов.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Наиболее объемная работа в теоретическом и прикладном плане была проведена коллективом авторов [1], на основании которой разработаны рекомендации по строительству земляного полотна автомобильных дорог из отходов угледобычи и углеобогащения. К последним работам, которые выполнены в 90-х годах XX столетия следует отнести исследования Донецкого ВНИИ ВОДГЕО, ПромстройНИИпроект. В упомянутых работах отсутствуют нетрадиционные решения технологии строительства земляного полотна.

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Разработать технологию разборки террикона и предложить способы нетрадиционной технологии сооружения устойчивого земляного полотна из пород терриконов шахт.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

В Донбассе сосредоточено 1 177 отвалов угольных шахт [1] с общим объемом пород более 1 млрд м<sup>3</sup>, которые занимают площадь 30 тыс. га сельскохозяйственных земель, загрязняют окружающую среду, выделяя в атмосферу вредные газы. Горелые и негорелые породы терриконов шахт давно привлекали внимание научных работников и производственников с целью использования этого дешевого сырья в дорожном строительстве. Для этого наиболее пригодны породы, залегающие в конических отвалах – терриконах. Разработке и использованию подлежат старые, негорящие и неэксплуатируемые терриконы со сроком отсыпки более 25 лет.

Во второй половине XX столетия в Донбассе построено много экспериментальных сооружений с применением пород шахтных отвалов. Выполнен целый ряд научно-исследовательских работ по этой проблеме для дорожного строительства. Разработаны «Рекомендации по строительству земляного полотна автомобильных дорог из отходов угледобычи и углеобогащения» [2], классифицирующие углеотходы по компонентно-вещественному составу и видам: горелые породы, горелопородные смеси, слабообожженные и необожженные породы. Приведены требования к углеотходам, конструкции

© А. Г. Доля, Д. А. Шатворян, Д. В. Смирнова, И. П. Жуков, 2017

насыпей автомобильных дорог из пород и технология их сооружения. Однако опыт строительства и эксплуатации земляного полотна и дорожных одежд с использованием пород до настоящего времени остается недостаточно обобщенным.

Порода, транспортируемая на поверхность из шахт, в большинстве своем состоит из глинистых, реже из песчаных сланцев, известняков и песчаников. В геологическом разрезе угленосной части Донбасса в различных местах глинистые породы составляют от 40 до 80 %; песчаники – 16...45 %; известняки 1,0...1,5 %. Угольные пласты залегают преимущественно среди глинистых пород. Количество пригодных для применения пород в терриконах зависит от вида добываемого угля. Для шахт, где добывается антрацитовый уголь, оно составляет 80...90 %. Это достаточно твердая порода, частично оплавлена, ее структура приближается к пористой. Порода, сопровождающая пласты угля коксующегося также твердая, имеет плотную структуру, цвет коричневый. На шахтах с газовыми углями порода в терриконе недостаточно обожженная, поэтому имеет светло-розовый цвет, структура рыхлая. К наиболее слабым породам относятся горелые породы шахт, добывающих тощие угли. Они имеют темно-серый цвет и аморфную структуру [3].

По данным исследований Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, физические и механические свойства пород многих шахт Донбасса изменяются в широких пределах: насыпная плотность от 1 040 до 1 450 кг/м<sup>3</sup>; средняя плотность отдельных кусков достигает 2 000...2 700 кг/м<sup>3</sup>; предел прочности при сжатии составляет 40...100 МПа; водопоглощение, зависящее от структуры и плотности, достигает 8 % и более по массе, вследствие чего они имеют склонность к увеличению объема с последующим расслоением. После 15-кратного водонасыщения – высушивания потеря в массе составляет 1,0...1,5 % [3].

Средний гранулометрический состав горелых пород и предельные значения содержания отдельных фракций приведены в таблице.

**Таблица** – Средний гранулометрический состав пород

Фракции, мм	Содержание, %	
	среднее	пределы
0–5	23,0	4,0–65,0
5–20	25,0	8,7–50,0
20–60	27,0	14,0–52,0
Более 60	25,0	6,5–77,0

Содержание фракций менее 1,0 мм, как правило, незначительное (0,3...4,8 %). Износ в полочном барабане до 30 % по массе. Химический состав горелых пород для различных месторождений, исключая содержание оксида железа, изменяется незначительно, т. е. породы по химическому составу относительно однородны: SiO<sub>2</sub> – 48...62 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 20...40 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2...13 %; CaO – 1,5...4,0 %; MgO – 0,3...1,0 %; SO<sub>3</sub> – 0,4...1,2 %; других соединений – 0,3...1,5 %.

В зависимости от свойств породы, поступающей в отвал, содержания в ней угля, сернистых и других соединений, гранулометрического состава создаются различные условия обжига по всей массе террикона, что приводит к образованию материала различной степени обжига – от спекшегося до слабообожженного, обладающего неодинаковыми физическими и механическими свойствами. Поэтому неоднородность породы в терриконе является одним из самых наиболее существенных ее недостатков.

Интересно, что в породах содержится значительное количество угля, в котором находится свыше 70 микроэлементов: литий, цезий, скандий, рубидий, тантал, мышьяк, ртуть, фтор, свинец, молибден, германий, уран, золото, серебро и др. [4].

В отходах углеобогащения преобладают аргиллиты и углистые аргиллиты (36...78 %), песчаники (в среднем 6,1 %), алевролиты (в среднем 4,2 %) и карбонаты (в среднем 4,2 %). Основную массу аргиллитов составляют глинистые минералы – гидрослюды, каолинит и частично хлорит. В состав алевролитов входит кварц (до 70 %), среди песчаников – кварц (50...80 %), карбонаты представлены в основном анкеритами, в меньшей степени кальцитами, доломитами и сидеритами [4].

Наличие огромного количества «бросового» минерального материала, каким является горелая и негорелая порода терриконов шахт, требует изыскания путей эффективного его использования. Ещё в тридцатые годы прошлого столетия, когда недостаточно была развита отрасль нерудных строительных материалов, были проведены исследования горелых пород с целью изучения их свойств для

применения в дорожном строительстве [5], в частности для устройства однослойного асфальтобетона из щебня горелых пород с применением минерального порошка из горелопородного цемента. Но более перспективное направление использования горелых пород – это производство керамических изделий. Более рациональным направлением применения пород углеобогащения является возведение из них земляного полотна дорог, особенно при больших объемах.

Это направление требует выполнения некоторых нетрадиционных мероприятий, несколько удорожающих строительство, что компенсируется экологическими выгодами.

Анализируя рекомендации, приведенные в [2], можно сделать вывод о том, что практически во всех конструкциях насыпей обязательным конструктивным решением их устройства является изоляция ядра насыпи от проникания поверхностной, капиллярной и парообразной влаги.

Откосы насыпей при устройстве изолирующих слоев из суглинистых грунтов, водостойких и дробленых неводостойких углеотходов выполняют в виде уступов, устраиваемых по мере возведения ядра насыпи. Крутизну откосов принимают для насыпей высотой до 12 м по СНиП 2.05.02-85, а выше 12 м – по расчету.

При строительстве высоких насыпей из необожженных пород, с целью уменьшения миграции водяных паров в теле насыпи и накопления влаги в верхней ее части, через каждые 2,5...3,0 м устраивают пароизолирующие прослойки из суглинистых грунтов толщиной 0,3...0,4 м.

С целью термоизоляции и уменьшения конденсации влаги в верхней части насыпи устраивают теплоизолирующие слои из шлаковых отсеков и других материалов толщиной 0,4...0,5 м. В нижние слои насыпи завозят и уплотняют капиллярно-прерывающие слои из гравийных, песчаных или гравийно-песчаных смесей, щебня и других зернистых материалов толщиной 0,5 м.

В верхней части насыпи для устройства изолирующих слоев можно применять полимерные пленочные материалы, раскатав их по всей ширине насыпи с перекрытием краев листов на 0,2...0,3 м или сварив отдельные полотнища на грунтовой подушке [2].

При строительстве насыпей из слабообожженных и необожженных пород, кроме обеспечения требуемых характеристик, а именно: плотности, влажности и состава, – обязательным условием является изоляция углеотходов от природно-климатического воздействия в верхней и на откосных частях насыпи суглинистым грунтом или водостойкими видами пород – горелых отсеков, а также минеральными смесями, обработанными органическими вяжущими [2].

Основываясь на приведенных выше по тексту правилах, а также учитывая консультации и рекомендации работников бывшего Донецкого филиала треста «Оргдорстрой», предлагается план разборки террикона ш. Ганзовка и технологическая карта сооружения насыпи из породы шахтных отвалов. Разработке подлежит террикон, который образован складированием породы скипами из шахты: средней высоты, одиночный, потухший. Разборка его должна осуществляться после выполнения всех мероприятий, предусмотренных проектом организации работ, в несколько ярусов. Въездную дорогу нужно строить с двусторонним движением шириной проезжей части 8 м для первоначального въезда и подъема бульдозеров, экскаваторов, самосвалов и последующего вывоза породы. Для безопасности движения транспорта по обочинам дороги следует устроить предохранительный валик из породы высотой до 0,8 м, шириной 1 м.

Основные планируемые нетрадиционные мероприятия при возведении насыпи из отвальной породы: перед завозом породы в насыпь основание насыпи следует выполнять из послойно уплотненного суглинка общей толщиной слоя 0,8 м для предотвращения доступа к породе парообразной и капиллярной влаги. Необходимо насыпь заключить в «обойму» из слоя суглинка толщиной 0,5...0,8 м на откосах насыпи, а замыкающий слой отсыпать из отсева отвального мартеновского шлака Макеевского металлургического завода с целью получения верхнего теплоизолирующего слоя толщиной 0,4 м. На рисунках 1, 2, 3 приведены предполагаемые схемы разработки 1–3 ярусов и технологическая карта возведения земляного полотна из отвальных пород высотой до 6 м, на которых детально показаны технологические приемы разборки террикона и приведена последовательность технологических процессов сооружения насыпи.

## ВЫВОДЫ

Проблему строительства земляного полотна из шахтных пород в принципе можно считать решенной, так как она обеспечивает оптимальный водно-тепловой режим земляного полотна.

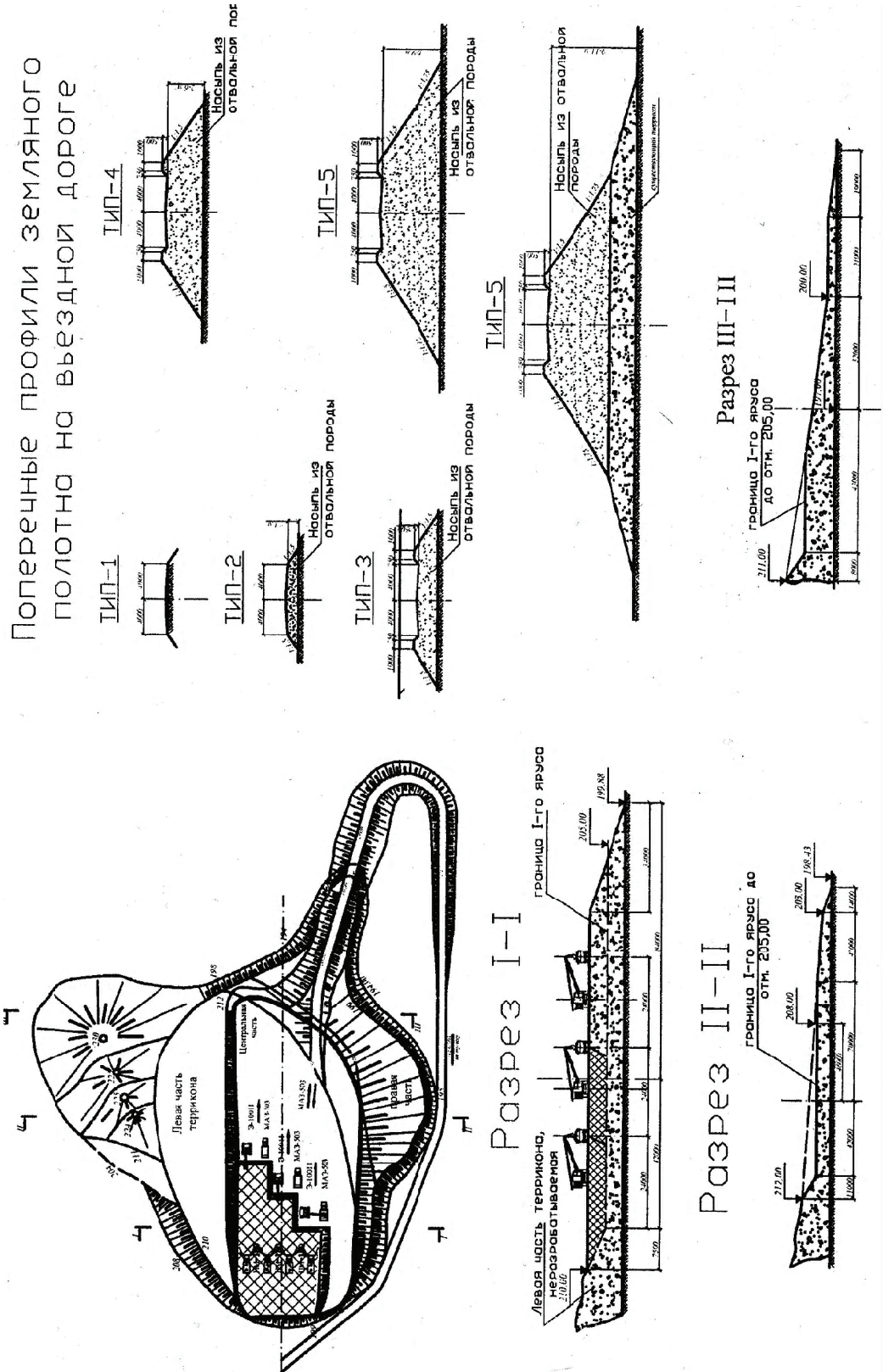


Рисунок 1 – Разработка I-го яруса отвальной породы террикона

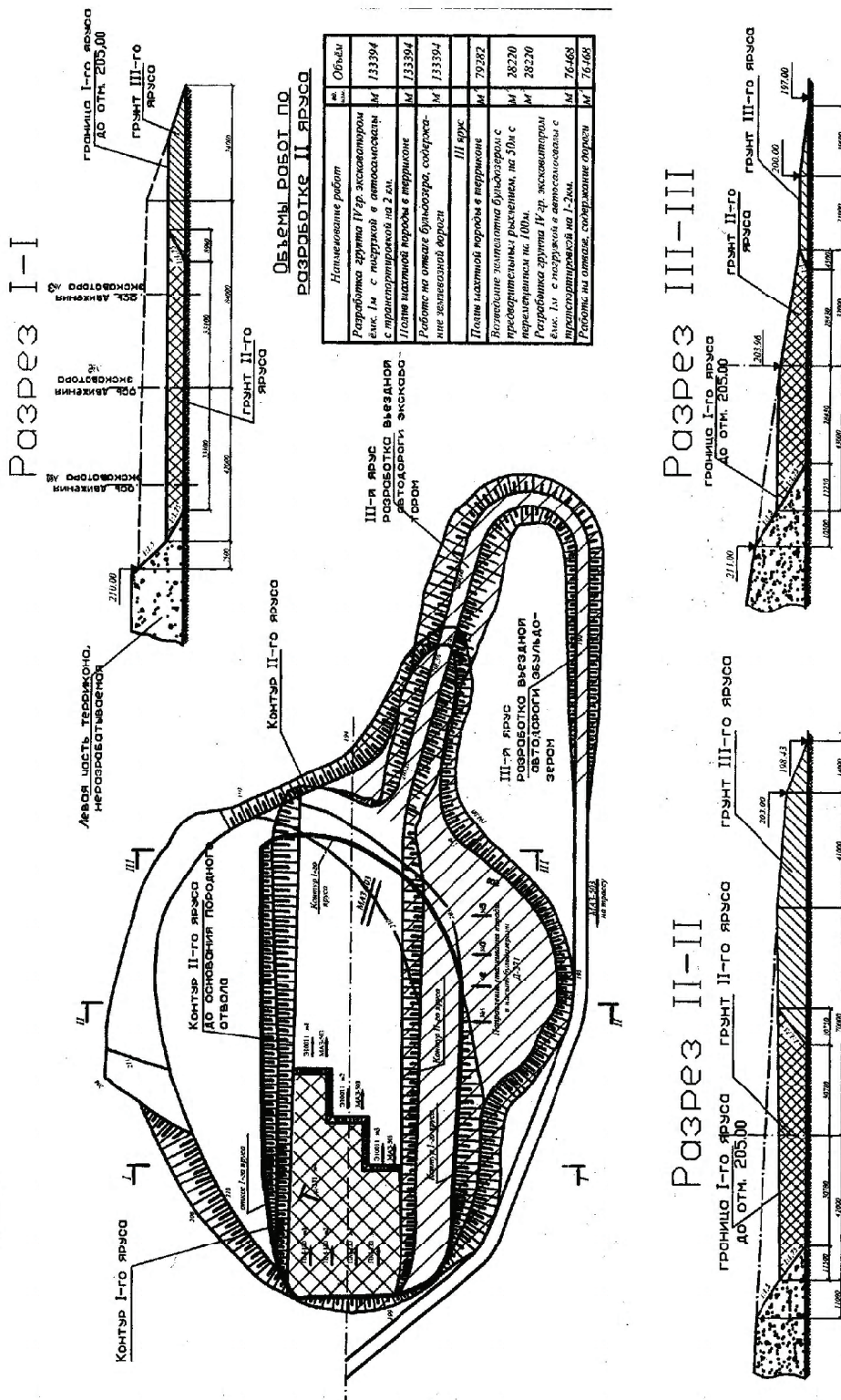


Рисунок 2 – Разработка II-го и III-го ярусов отвальной породы террикона

<p>1. Разработка гранта II группы экскаватором с погрузкой в автосамосвал                  2. Работа бульдозера на отвале карьера суглинки                  3. Полив шахтной породы перед разработкой полевых машин из шланга                  4. Разработка отвальной породой IV группы в терриконе экскаватором с погрузкой в автосамосвал                  5. Работа бульдозера на отвале террикона                  6. Вет завоза гранта из соредотомного карьера суглинки и террикона шахты</p>	<p>7. Разравнивание суглинки II группы последно бульдозером                  8. Разравнивание суглинки III группы последно бульдозером                  9. Полив воды породой через отвальную породу через распылительные сопла поливочной машины                  10. Доставка воды поливочной машиной                  11. Уплотнение суглинки пневматическим катком                  12. Уплотнение отвальной породы</p>	<p>13. Частичное рыхление породы тракторным рыхлителем                  14. Уплотнение земляного полотна из отвальных пород слоем 40см</p>	<p>15. Разработка гранта II группы экскаватором с погрузкой в транспортные средства                  16. Работа бульдозера на отвале карьера суглинки                  17. Завоз отвеса из соредотомного карьера автосамосвалами на месте                  18. Разравнивание отвеса II группы слоем 40см бульдозером                  19. Полив воды отвеса через распылительные сопла поливочной машины                  20. Доставка воды поливочной машиной                  21. Уплотнение отвеса слоем 40см</p>
<p>Экскаватор 3-10011                  Бульдозер Д-259                  Поливочная машина ПМ-130                  Каток Д-263</p>	<p>Бульдозер Д-259                  Поливочная машина ПМ-130                  Каток Д-263</p>	<p>Бульдозер Д-259                  Поливочная машина ПМ-130                  Каток Д-263</p>	<p>Экскаватор 3-10011                  Бульдозер Д-259                  Поливочная машина ПМ-130                  Каток Д-263</p>
<p>Тракторный рыхлитель                  Каток Д-263</p>	<p>Тракторный рыхлитель                  Каток Д-263</p>	<p>Тракторный рыхлитель                  Каток Д-263</p>	<p>Тракторный рыхлитель                  Каток Д-263</p>
<p>Шлакостой отвес</p>	<p>Шлакостой отвес</p>	<p>Шлакостой отвес</p>	<p>Шлакостой отвес</p>
<p>Для заливочного слоя носимый слой из отвеса автосамосвалами и выгружается в карьер выгружается в автосамосвалы с погрузкой в автосамосвалы.                  Планировка отвеса для поливки верхнего слоя соредотомного слоя носимым слоем 0,4м ванае ванае.                  Уплотнение выложеного отвеса слоем 0,4м выполняется катком массой 25 тонн 6-ть проходами по одному следу от оси земляного полотна к оси машины для создания равномерного уплотнения.</p>	<p>Рыхление частично уплотненного слоя породы выполняется тракторным рыхлителем. Окончательное уплотнение слоя породы выполняется тяжелым катком массой 25 тонн 12-ть проходами по одному следу от середины земляного полотна, перекрывая следы машины.</p>	<p>Разравнивание отвальной породы для поливки слоя носимы 0,4м выполняется до три прохода бульдозера с поперечным уклоном 20/100 от оси носимы к бокам.                  Уплотнение шахтной отвальной породы выполняется лопатной машиной 0,4м, с откосом 25 к бокам, с доставкой воды к бокам для создания равномерного уплотнения.                  Работы выполняются быстро темпом с минимальными разрывами между операциями.</p>	<p>На уложенный ранее изолирующий слой суглинка толщиной 0,8 метра в основании террикона выкладывается отвальная порода из соредотомного карьера автосамосвалами для последующей отсыпки ядра носимы и суглинок из соредотомного карьера для носимы и выгружается в кучу через 3 метра. Завоз суглинка опережает завоз породы. Разработка шахтной отвальной породы на терриконе выполняется тремя экскаваторами, а суглинистого гранта - одним экскаватором, с погрузкой в автосамосвалы. После отсыпки 1-ного слоя на захватке, процесс отсыпки земляного полотна.</p>

Рисунок 3 – Технологическая карта возведения земляного полотна высотой до 6 метров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Использование отходов угледобычи и углеобогащения. Рекомендации [Текст] / Под ред. И. П. Гаркавенко. – М. : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1980. – 43 с.
2. Рекомендации по строительству земляного полотна автомобильных дорог из отходов угледобычи и углеобогащения [Текст] / Под ред. М. Л. Мищенко. – Киев : ГосдорНИИ, 1987. – 55 с.
3. Тарасенко, Л. П. Использование отходов промышленности в строительстве сельских дорог [Текст] / Л. П. Тарасенко. – М. : Транспорт, 1973. – 65 с.
4. Равич, Б. М. Комплексное использование сырья и отходов [Текст] / Б. М. Равич. – М. : Химия, 1988. – 282 с.
5. Григорьев, Р. В. Об использовании горелых пород шахтных терриконов в качестве строительного материала [Текст] / Р. В. Григорьев. – М. : Углетехиздат, 1949. – 24 с.

Получено 26.12.2016

А. Г. ДОЛЯ, Д. А. ШАТВОРЯН, Д. В. СМИРНОВА, И. П. ЖУКОВ  
ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОД ШАХТНИХ ВІДВАЛІВ В  
ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ  
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У Донбасі велика кількість відвалів вугільних шахт, обпалена і необпалена порода яких є техногенним сировиною для використання в будівництві різних споруд. У дорожньому будівництві діапазон його застосування досить широкий: в асфальтобетоні, в шарах дорожніх одягів, в земляному полотні та ін. Пропонується технологія розбирання терриконів і технологія споруди земляного полотна у вигляді технологічної карти з виконанням нетрадиційних заходів.

**Ключові слова:** горіла порода, террикон, земляне полотно, ущільнення, автомобільна дорога.

ANATOLIY DOLYA, DENIS SHATVORYAN, DARIA SMIRNOVA, IL'YA ZHUKOV  
EFFECTIVE USE OF ROCKS MINE DUMPS IN ROAD CONSTRUCTION  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** In Donbas there is a big quantity of dumps of coal mines which burned and unburned rock is cheap raw materials for using in a construction industry. In road construction the range of its application is very wide: in asphalt concrete, in layers of road clothes, in a road bed, etc. The technology of dismantling of waste heaps and technology of a construction of a road bed in the form of the checklist is suggested.

**Key words:** road bed, burned breed, waste heap, sealing, highway.

**Доля Анатолій Григорьевич** – к. т. н., профессор автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

**Шатворян Денис Арменович** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование вторичных ресурсов в дорожном строительстве.

**Смирнова Дарья Валентиновна** – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование вторичных ресурсов в дорожном строительстве.

**Жуков Илья Павлович** – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: использование вторичных ресурсов в дорожном строительстве.

**Доля Анатолій Григорович** – к. т. н., професор кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

**Шатворян Денис Арменович** – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання вторинних ресурсів в дорожньому будівництві.

**Смирнова Дар'я Валентинівна** – студентка ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання вторинних ресурсів в дорожньому будівництві.

**Жуков Ілля Павлович** – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання вторинних ресурсів в дорожньому будівництві.

**Dolya Anatoliy** – Ph. D. (Engineering), Professor; Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: application of processed raw materials in road building.

**Shatvoryan Denis** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of secondary resources in road construction.

**Smirnova Daria** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of secondary resources in road construction.

**Zhukov Il'ya** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of secondary resources in road construction.