

УДК 622.337.2(470.4)

В.Н. Илясов

**БЕСШАХТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ
ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ТОНКИМИ ПРОДУКТИВНЫМИ
ПЛАСТАМИ В СЛОЖНОМ ОБВОДНЕННОМ
ГЕОЛОГИЧЕСКОМ РАЗРЕЗЕ**

Бесшахтная технология добычи разработана для организации добычи твёрдых полезных ископаемых на месторождениях любой категории сложности с любой величиной запасов, включая мелкие и очень мелкие, геологический разрез которых представлен тонкими и очень тонкими продуктивными пластами.

Ключевые слова: забалансовые месторождения, интенсивное освоение сырьевой базы, инновационные технологии.

Генератором в организации нового направления добычи явилась объёмная геологическая информация о так называемых забалансовых, бросовых месторождениях, суммарные запасы которых значительны, но их невозможно разрабатывать традиционными, консервативными технологиями: открытый способ (карьер), подземный способ (шахта) и появившийся в недавнее время (70-е годы XX века) геотехнологическим методом (гидродобыча).

Понятие забалансовые бросовые месторождения основывается на геолого-технологических, экономических и экологических критериях. Геолого-технологические критерии включают в себя следующее: продуктивные горизонты представляют собой тонкие и очень тонкие пласты от 0,3 до 0,8 м, геологический разрез сложный, как правило сильно обводнён, месторождения находятся в труднодоступных местах, под лесными массивами, болотами, озёрами, реками. Экономические критерии — нерентабельность добычи, а экологические — загрязнение поверхности пустой по-

родой и техническими забойными водами.

Современное обоснование невозможности разработки забалансовых и бросовых месторождений опубликовал институт ВНИГРИуголь МПР РФ в журнале «Минеральные ресурсы России. Экономика и управление» № 2 — 2006 год «...В настоящее время ужесточились требования к технологии извлечения запасов. Это связано с отсутствием технических средств для высокопроизводительной добычи угля на пластах мощностью менее 0,8—1,0 м при углах падения свыше 30—35°, поэтому значительная часть, составляющая угольную сырьевую базу России, оказалась «нетехнологичной» и в настоящее время не может быть эффективно извлечена из недр».

Продолжает тему трудноизвлекаемого «нетехнологического» сырья Шаклеин С.В. (Кемеровское представительство ВНИМИ), Рогова Т.Б. (Кузбасский государственный технический университет) в статье «Кузнецкий угольный бассейн: итоги лицензирования пользования недрами за 2006—2007 гг.» журнал «Минераль-

ные ресурсы России. Экономика и управление» № 5, 2008 год они пишут: «Предоставление с 1995 г. в пользование 122 новых участков недр существенно изменило состояние нераспределённого фонда недр региона — подавляющая часть наиболее технологичных запасов угля Кузбасса уже была введена в хозяйственный оборот.

В связи с этим можно утверждать, что экстенсивный путь освоения сырьевой базы бассейна в Кузбассе себя практически уже исчерпал. Поэтому разработанная в 2007 году «Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области на долгосрочную перспективу предусматривает переход к интенсивному освоению сырьевой базы угля, т.е. к вовлечению в эксплуатацию ранее не востребуемых запасов за счёт создания «инновационных технологий угледобычи» и представления на рынке новых инновационных технологий извлечения запасов в нетрадиционных горно-геологических условиях».

Одно из направлений «инновационной технологии извлечения запасов в нетрадиционных горно-геологических условиях» разрабатывает ООО «Перелюбская горная компания». Разработка защищена патентами на изобретения РФ № 2236537; № 2244795; № 2310731. Изготовлен экспериментальный образец добывающей установки в металле, выполнен комплекс НИОКР.

Не только «значительная часть» угольного сырья стала невостребованной и обречена на невозможность извлечения, в эту категорию попадают: горючие сланцы, фосфориты, гипсы, титано-циркониевые россыпи, бокситы, минеральные краски и т.д.

Геологический потенциал трудно-извлекаемого «нетехнологического»

сырья забалансовых и бросовых месторождений, разведка которого была произведена ещё в прошлом столетии — уникальный по своим запасам.

Наиболее распространённым и разведанным органоминеральным ископаемым «положенным на полку» являются горючие сланцы.

Самым значительным в Европейской части страны является Волжский сланцевый бассейн — это более тридцати месторождений и участков с суммарными запасами 40,84 млрд т (данные 1968 года), а с 1978 по 1990 годы было приращено ещё 14 млрд т.

В эквиваленте, 55 млрд т уникального ископаемого, представляют собой сырьевую базу для получения 5,5 млрд т сланцевого масла (сланцевая нефть), 16,5 триллионов кубических метров сланцевого газа, более 30 млрд. тонн компонентов минеральной составляющей для производства цемента.

Всего по России разведано около ста сорока месторождений горючих сланцев. Запасы составляют более 900 млрд т.

Следующий пример невостребованного природного потенциала — четыре небольших месторождения фосфоритов Пензенской области. Суммарные запасы фосфоритов 1681 тыс. т, мощность продуктивного пласта 0,2—0,4 м, вскрыша 35—50 м. Учитывая, что область располагает 90 % кислых почв сельскохозяйственных угодий, то фосфомука является уникальным, дешёвым местным минеральным удобрением, даже при условии извлечения 50% запасов, месторождения обеспечат удобрением сельхозпроизводителей более чем на 50 лет.

Псковская область является гипсоносной провинцией, разведанные месторождения представлены тонкими

пластами от 0,8 до 1,0 м, расположенными под лесными массивами, болотами и так же не разрабатываются.

Показана только часть разведанного и обречённого на невозможность извлечения природного потенциала России традиционными технологиями добычи. Возникла потребность в разработке инновационной бесшахтной технологии добычи.

Извлечение твёрдых полезных ископаемых в нетрадиционных горно-геологических условиях, т.е. в сложном обводнённом геологическом разрезе, представленном тонкими продуктивными пластами по новой технологии, осуществляется механическим разрушением горной породы и последующей транспортировкой сырья на поверхность промывочной жидкостью с помощью замкнутой круговой циркуляции.

Технология представлена двумя комплексами: наземным и подземным.

Мобильный наземный комплекс включает в себя буровой добывающий модуль, располагающий магазином бурильных труб от 1500 м до 2000 м; наклонным лафетом под углом 30—45° к горизонту; вертлюгом вращателем; двойной талевой системой; энергетическим модулем; модулем приёмных ёмкостей предназначенным для улавливания и складирования добытого ископаемого по различным величинам фракций, а также для создания замкнутой, круговой циркуляции; насосный модуль для нагнетания в забой промывочной жидкости.

Подземный комплекс включает в себя универсальный набор инструментов для сплошного и колонкового бурения диаметром 215 мм — 450 мм, комплект отклоняющих устройств для выполаживания наклонного участка скважины в горизонтальном прости-

рание, комплект добывающих устройств диаметром 0,4—0,7 м.

Задачи, которые ставились в процессе разработки технологии по бесшахтной добыче трудноизвлекаемых полезных ископаемых были следующими: добиться рентабельности не ниже шахтной, технология должна быть энергосберегающей. Решить экологические проблемы, а именно, исключить накопление отвалов пустой породы, исключить откачку технических забойных вод на поверхность, минимизировать воздействие на почвенный слой, осуществить компактное размещение наземного оборудования, исключить подземный травматизм.

Такой комплексный подход к решению вопросов экономики, экологии, безопасности в итоге даёт положительный результат.

Разработка трудноизвлекаемых полезных ископаемых требует своего подхода в расчётах по определению себестоимости добычи, энергозатрат на единицу объёма извлечённого сырья. При подземном разрушении продуктивного пласта в шахтах горное давление работает на выдавливание ископаемого на 100 %, создается максимальная депрессия на угольный пласт и это работает на увеличение производительности добычи. При варианте бесшахтной технологии промывочная жидкость на 50 % уравновешивает горное давление и процесс разрушения ископаемого идёт в худших условиях. При шахтной добыче площадь воздействия добывающего агрегата на угольный пласт, мощность которого 1,5—2 м по площади круга составляет 1,766 м² — 3,14 м². При бесшахтной технологии площадь воздействия добывающего устройства на угольный пласт, мощность которого 0,4—0,7 м по площади круга составляет 0,126 м² — 0,385 м².

Таким образом за один оборот добывающего агрегата в шахте происходит разрушение ископаемого в 14—8 раз больше, чем при разработке тонких продуктивных пластов (рис. 1). Поэтому механическое сравнение соотношения производительности при таких различных способах добычи — не корректно.

Рентабельность добычи с применением бесшахтной технологии достигается за счёт исключения вспомогательных затрат, которые обязательны при шахтном способе. Исключаются энергозатраты на работу компрессорных установок, затраты на доставку производственного персонала в забой и на поверхность, затраты на крепёж горизонтальных выработок, затраты на откачку забойных пластовых вод, затраты на работу вспомогательного персонала в забое по содержанию подземного производственного пространства и оборудования в рабочем состоянии, затраты на подъём и накопление в отвалах пустой породы и т.д. Процесс добычи по бесшахтной технологии осуществляется по селективному принципу. Для наглядного примера приводится геологический разрез Ленинградского месторождения горючих сланцев Прибалтийского бассейна и Коцебинского месторождения горючих сланцев Волжского сланцевого бассейна. Разработка пяти тонких пластов горючих сланцев в забое шахты Ленинградского месторождения осуществляется валовым способом включая межпластовую пустую породу. Энергозатраты на разрушение полезного ископаемого в этом случае составляют 60 %, остальные 40 % расходуются на разрушение пустой породы.

При варианте разработки отдельно каждого из девяти пластов горючих сланцев Коцебинского месторож-

дения бесшахтной технологией методом селективной добычи затраты энергии на разрушение полезного ископаемого составят 95 % (рис. 2).

Последовательность процесса бесшахтной добычи следующая:

1. Этап. Монтаж мобильных блоков добывающей установки на разъёмном рельсовом пути.

2. Этап. Бурение наклонного участка скважины под направление и спуск обсадной трубы диаметром 324 мм, или 426 мм. Цементирование и обвязка желобной системы для создания круговой замкнутой циркуляции промывочной жидкости.

3. Этап. Бурение наклонного участка скважины под промежуточную обсадную колонну диаметром 245 мм, или 324 мм до кровли первого продуктивного горизонта. Спуск промежуточной обсадной колонны с целью перекрытия неустойчивых пород, возможных геологических осложнений. Цементирование нижней части колонны с целью возможного извлечения её верхней части в последующем, после завершения добычи.

4. Этап. Выполаживание наклонного участка скважины, вхождение в горизонт продуктивного пласта.

5. Этап. Бурение протяжённого горизонтального участка скважины внутри продуктивного пласта диаметром 215 мм. Удержание бурового инструмента в геометрических границах пласта происходит за счёт специальных разработок, в основу которых положен принцип чередования границ твердых и мягких пород.

6. Этап. Спуск и подача с промывкой в горизонтальный забой продуктивного пласта расширяющего добывающего устройства. Раскрытие в процессе вращения добывающего устройства в зависимости от мощности пласта до диаметра 0,4—0,7 м.

Сравнение площадей разрушения в забое ископаемого в зависимости от мощности пласта

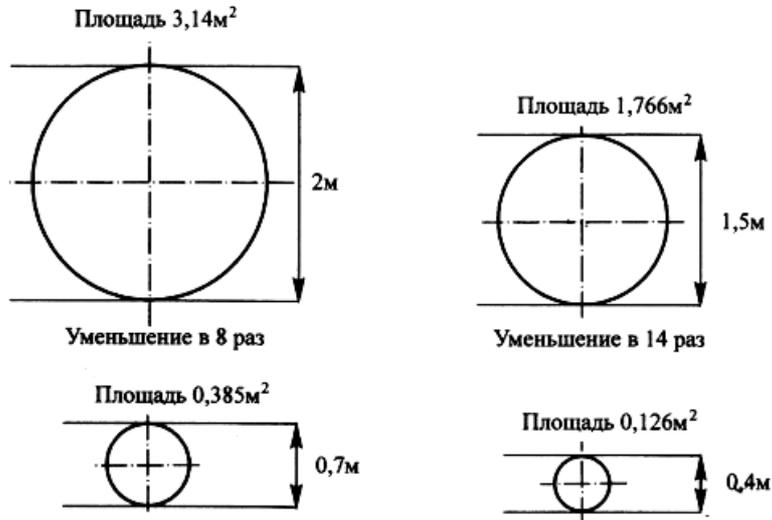


Рис. 1.

Сравнение геологических разрезов месторождений горючих сланцев

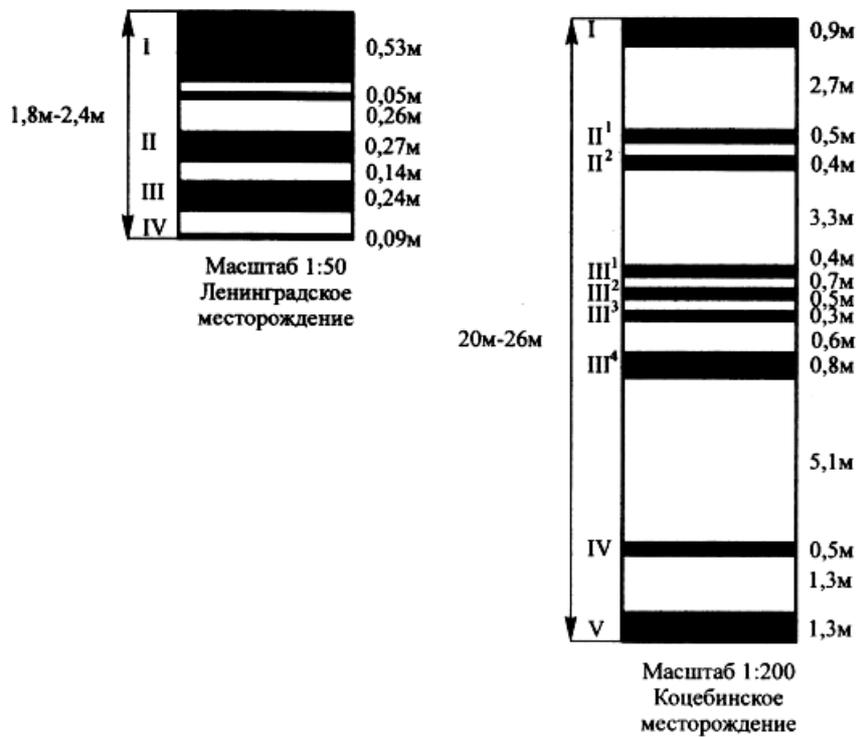


Рис. 2

Продолжая вращение, промывку и одновременную подачу бурильных труб в обратном направлении осуществляется добыча полезного ископаемого. Подъём сырья на поверхность производится гидротранспортом промывочной жидкостью.

7. Осуществив добычу ископаемого из верхнего продуктивного пласта переходим на нижний. Для этого производится углубление наклонного участка скважины до необходимой глубины затем осуществляется выколачивание и вхождение в горизонт следующего продуктивного пласта. И такая операция осуществляется по всем нижележащим продуктивным пластам, которые определены проектом разработки.

На рис. 3 показана схема добывающей установки, последовательность вхождения в пласт малым диаметром, осуществление добычи большим диаметром. Показаны два варианта увеличения коэффициента извлечения ископаемого, при условии расстояния между центрами добывающих скважин 2 м.

В целях увеличения объёма добычи из одного наклонного ствола завершается разработка технологии разворота ствола добывающей скважины в горизонтальной плоскости влево и вправо, то есть из одного продуктивного горизонта можно будет осуществлять добычу тремя и более стволами скважины (рис. 3). Расчёты возможного объёма добычи по вертикали из десяти продуктивных горизонтов на глубину 1000 м при варианте мощности пласта 0,4 м составят — 2200 т, а при мощности пласта 0,7 м — 6700 т. При варианте реализации технологии разработки трёх добывающих стволов из одного продуктивного горизонта объём до-

бычи составит соответственно — 6600 т и 20100 т.

После завершения добычи из первой добывающей скважины проводятся работы по установке ликвидационного цементного моста в нижней части наклонного участка скважины. Далее осуществляется перемещение по разьёмным рельсам добывающей установки с целью бурения следующих добывающих скважин.

Проектная добыча одной добывающей установки в зависимости от геологических условий ожидается в объёме 35 000 — 40 000 т в год.

Особенности определения предельных радиусов кривизны нефтепромысловых бурильных труб при упругих деформациях на участке выколачивания из наклонного в горизонтальный.

На бурильную колонну действуют усилия, различные по характеру, направлению и величине. Для безаварийного бурения необходимо ясно представлять условия работы бурильной колонны и знать напряжение, действующее в её элементах.

При расчётах бурильных колонн необходимо учитывать возможно большое число факторов, от которых зависят их работа, прочность и долговечность.

Разрушение труб обычно носит усталостный характер, что вызывается действием переменных нагрузок (изгибом, крутильными и продольными колебаниями бурильной колонны).

Основным фактором, приводящим к образованию переменных напряжений, является знакопеременный изгиб, возникающим при вращении колонны.

Чтобы не допустить разрушение бурильных труб на участке выколачивания из наклонного в горизонт-

тальный необходимо определить оптимальный радиус искривления.

Схема добывающей установки и последовательность процесса бесшахтной добычи

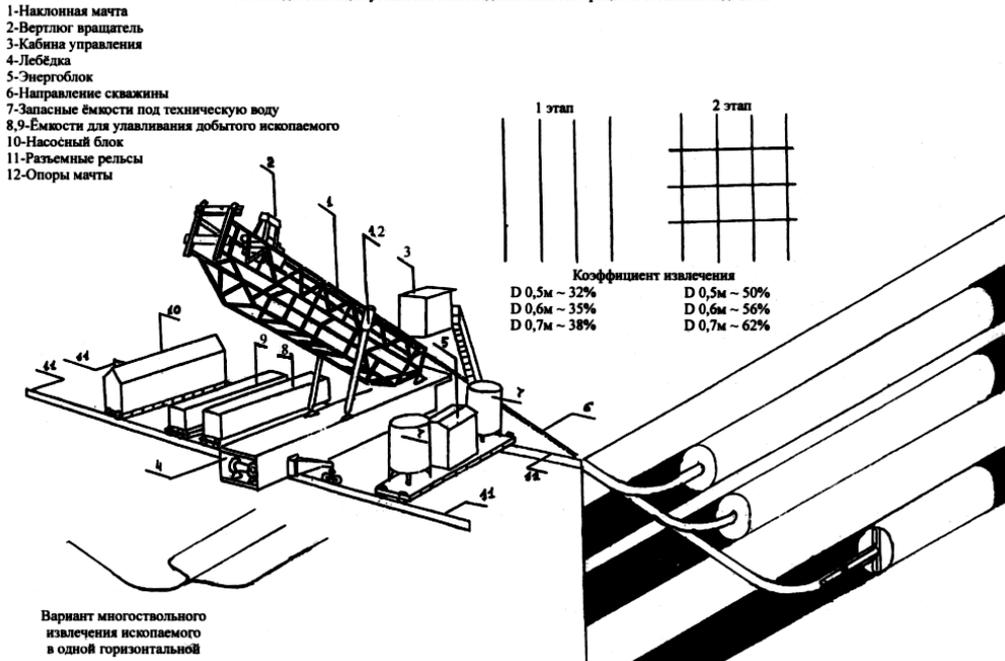


Рис. 3

$$R = \frac{573,3}{K},$$

где K — приращение угла наклона на каждые 10 м ствола скважины.

В целях обеспечения достаточной прочности принимаются следующие коэффициенты запаса:

- для бурильных труб не менее 1,20;
- для обсадных труб не менее 1,25 — 2,0.

Руководствуясь номограммой выбора колонн, предельный радиус кривизны нефтепромысловых труб при упругих деформациях при варианте использования бурильных труб диаметром 114 мм, марки стали L должны быть не менее 20 м. [5]

Другой особенностью результатов экспериментальных работ по бес-

шахтной технологии явилась величина фракции добытого ископаемого.

Разрушение продуктивного пласта происходит в жидкостной среде, конструкция добывающего устройства и резцов отличается от работы и конструкции добывающего агрегата в воздушной среде шахты, поэтому при выполнении НИОКР промывкой была поднята пылевая фракция величиной от 0,1 мм до 1,4 мм.

Состав рассева фракции в мм:

> 1,4	2 %
1,4 — 0,6	20 — 25 %
0,6 — 0,3	55 — 60 %
0,3 — 0,1	4 %
< 0,1	14 %

После того как был осуществлён гидротранспортом подъём разрушенного ископаемого из забоя на поверхность и распределение его по

фракциям в отстойных ёмкостях, одновременно произошёл обогатительный процесс.

Таким образом, в один отрезок времени совмещается три процесса: добыча, измельчение, обогащение ископаемого. Этот конечный результат требует нового подхода к последующему использованию добытого сырья, а именно определение оптимального направления переработки.

Цели переработки твёрдых горючих ископаемых (горючего сланца, бурого угля, каменного угля) многообразны и в принципе сводятся к решению следующих основных задач:

1) превращение твёрдых горючих ископаемых в облагороженные твёрдые топлива и углеродистые восстановители, отличающиеся определённой механической прочностью и реакционной способностью, высоким содержанием углерода, не выделяющие при нагревании и сгорании смолистых веществ;

2) получение из горючего сланца, из угля высококалорийных горючих газов, смесей органических веществ, используемых в качестве различного химического сырья;

3) приготовление на базе горючего сланца, угля твёрдых и асфальтоподобных продуктов, используемых в качестве сырья для производства строительных и углеродистых материалов, в дорожном строительстве, а также как безбалластное топливо;

4) превращение органической массы твердых горючих ископаемых в жидкие или газообразные топлива и химические продукты, подобные приготовляемым из нефти и природного газа;

5) комплексное использование энергетического и химического по-

тенциала твердых горючих ископаемых (энерготехнологическая переработка) с целью повышения экономической эффективности применения топлив и решения экономических задач.

Значительные запасы, объёмный спектр производства ликвидных товаров из невостребованного ископаемого сырья, выгодное географическое расположение месторождений явилось прямой необходимостью в разработке новой технологии по бесшахтной добыче на месторождениях любой категории сложности с различной величиной запасов от мелких до крупных.

Принципиальное отличие разработок месторождений горючего сланца — это организация комплекса от добычи до переработки непосредственно на месторождении в одном предприятии на базе малых форм. Современные экономические условия требуют такого же подхода и к другим твёрдым горючим ископаемым. Вместо капиталоемкой шахты — мобильные буровые добывающие установки, вместо завода по переработке — мобильные блочные модули.

В советский период развития геологии была осуществлена разведка большого количества месторождений, в том числе средних, мелких и мельчайших.

Накопленная геологическая информация лежит невостребованная. В новейшей истории развития России сложилась уникальная ситуация: нет необходимости затрачивать значительные инвестиции и значительное время для поиска уже выявленных месторождений. Нужны только новые технологии добычи и переработки.

Выводы

1. Востребованность трудноизвлекаемых, нетехнологичных полезных ископаемых в современном экономическом кризисе — актуальна.

2. Проблему извлечения нетехнологического сырья в нетрадици-

онных горно-геологических условиях можно решить только на базе инновационных технологий добычи.

3. Сроки возврата инвестиций кратно сокращаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патенты на изобретения РФ №№ 2236537; 2244795; 2310731.

2. Журналы «Минеральные ресурсы России. Экономика и управление» № 2, 2006; № 5, 2008.

3. «Химическая технология твёрдых го-

рючих ископаемых». Под редакцией Г.Н. Макарова и Г.Д. Харламповича. М. «Химия». 1986 г.

4. «Справочник инженера по бурению». Под редакцией В.И. Мишичева, Н.А. Сидорова. М.: Недра. 1973 г.

Коротко об авторе

Илясов В.Н. – Генеральный директор ООО «Перелюбская горная компания». г. Саратов, geolog @ nvgeo.ru



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Улицкий В.М., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой оснований и фундаментов ПГУПС, научный руководитель «НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект»,

Шашкин А.Г. канд. техн. наук, генеральный директор НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект», E-mail: mail@georec.spb.ru

Шашкин К.Г., канд. техн. наук, член РОМГТИФ, ведущий специалист НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект»,

Парамонов В.Н., НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект»

Расчетная оценка взаимного влияния зданий и подземных сооружений. (806/03-11 от 16.12.2011) 15 с.

Даны методологические основы оценки взаимного влияния городской застройки и подземных сооружений метрополитена глубокого заложения, а также по оценке влияния проектируемого здания на подземные сооружения, попадающие в сжимаемую толщу, и взаимного влияния проектируемого здания и подземного сооружения. Показана эффективность комплексной системы геотехнического прогноза, являющейся основой проектных решений по реконструкции зданий в условиях плотной городской застройки, насыщенной подземными сооружениями.

Ключевые слова: подземное сооружение, взаимодействие основания и подземного сооружения, дополнительные деформации подземного сооружения.

Ulitskiy V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G., Paramonov V.N. THE ENGINEERING ESTIMATE OF THE MUTUAL INFLUENCE OF THE BUILDINGS AND UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

Methodological basis is provided for assessing interaction of existing buildings and underground structures. Furthermore, the paper contains results of numerical analyses to determine influence of a designed building on deep structures of the metro, as well as on underground structures located within the compressible stratum; also given are results of numerical analyses for mutual effects likely to be produced jointly by a designed building and an underground structure. Effectiveness of a complex system of geotechnical prediction is shown, this system being the basis for design solutions for buildings reconstruction in congested city areas, containing large numbers of underground structures.

Key words: Underground construction, mutual influence of the foundation and underground construction, additional deformations of the underground construction.