

А. В. Владыкина¹, Н. А. Немова^{1,2}, А. Н. Гришин¹✉

Особенности проектирования параметров буровзрывных работ при сооружении земляного полотна автодороги в сложных природных условиях

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

² ИГД СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: alex-gri66@rambler.ru

Аннотация. Проанализировано текущее состояние проектирования буровзрывных работ, выполнен анализ действующей нормативно-технической документации. Отмечены особенности проектирования буровзрывных работ в случае использования современного оборудования, позволяющего осуществлять горизонтальное бурение. Рассмотрены преимущества его использования в труднодоступных гористых условиях, освещены особенности производства современных взрывчатых материалов и схем инициирования. Сделаны выводы об экономическом обосновании применения новых технологий, необходимости обновления нормативно-технической документации для проектирования буровзрывных работ при строительстве автодорожного полотна в горных условиях.

Ключевые слова: буровзрывные работы, взрывчатые вещества, системы инициирования, правила безопасности

A. V. Vladykina¹, N. A. Nemova^{1,2}, A. N. Grishin¹✉

Features of designing parameters of drilling and blasting operations in the construction of a roadbed in difficult natural conditions

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

²Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: alex-gri66@rambler.ru

Abstract. The current state of drilling and blasting design is analyzed, and the current regulatory and technical documentation is analyzed. The features of drilling and blasting design are noted in the case of using the latest equipment that allows horizontal drilling. The advantages of its use in high-mountain, hard-to-reach conditions are considered, and the features of the production of modern explosive materials and initiation schemes are highlighted. Conclusions were made on the economic justification for the use of new technologies, the need to update regulatory and technical documentation for the design of drilling and blasting operations for road surfaces in high-mountain conditions.

Key words: drilling and blasting, explosives, initiation systems, safety rules

Введение

Цель данной статьи – проанализировать исторический опыт проведения буро-взрывных работ при сооружении земляного полотна и переход к использованию современных технологических решений в данной области. Это актуально

в свете продвижения добычных работ во все менее благоприятные для хозяйственной деятельности человека условия: в высокогорную местность, зону вечномёрзлых грунтов, на большое расстояние от развитых транспортных маршрутов. На место производства работ сложно доставить тяжелую технику, работы необходимо выполнять быстро, за короткий благоприятный период года.

Состояние вопроса

Проектирование и ведение буровзрывных работ при сооружении земляного полотна имеет ряд особенностей, которые обусловлены характером выполнения таких работ. К числу таких особенностей относятся: постоянно меняющиеся горно- гидро-геологические характеристики взрывааемых горных пород, рельеф местности, отдалённость от административных и промышленных центров, применение специального бурового оборудования и взрывчатых материалов и т.д.

В советские годы производством буровзрывных работ при строительстве дорог занимался всесоюзный трест «Трансвзрывпром», относящийся к Министерству транспортного строительства СССР [1].

Парк бурового оборудования в управлениях треста к концу 80-х годов прошлого столетия в основном состоял из станков БТС-150, которые были специально разработаны для бурения скважин при создании выемок (рис. 1, а). А для выработки сжатого воздуха, необходимого для работы буровых механизмов, использовались передвижные компрессоры типа ПВ (НВ) -10 (рис.1, б).



а)



б)

Рис. 1. Буровой станок БТС-150 (а) и передвижной компрессор ПВ-10 (б)

При проектировании БВР использовалась актуальная на тот момент нормативная и справочная литература: СНиПы, ЕНиРы, «Нормы проектирования и производства буровзрывных работ при сооружении земляного полотна» (ВСН 178-74 (91), «Общие производственные нормы расхода материалов в строительстве. Сб. 03. Буровзрывные работы/Минтрансстрой СССР», «Справочник взрывника» под общей редакцией Б. Н. Кутузова и др. Разработкой указанной литературы занимались ведомственные и всесоюзные проектные и научные организа-

ции. Технологии, механизмы и материалы, содержащиеся в этих источниках, в основном соответствовали применявшимся на производстве.

В те годы использовались, как правило, взрывчатые вещества (ВВ) заводского изготовления. В качестве основного ВВ использовался граммонит 79/21 в сухих скважинах и гранулотол – в обводнённых. В качестве средств инициирования (СИ) использовались детонирующий шнур (ДШ), пиротехнические реле и электродетонаторы мгновенного и короткозамедленного действия (ЭД).

Взрывчатые материал (ВМ) на места закладки доставляли с расходных складов, принадлежавших управлениям треста, или со складов горных предприятий, если такие располагались поблизости. Использовался в основном автомобильный специализированный транспорт, а также воздушный, железнодорожный и речной.

В настоящее время производством буровзрывных работ при строительстве дорог занимаются частные компании, многие из которых были созданы на базе управлений Трансвзрывпрома после приватизации. Теперь такие задачи, как приобретение оборудования и материалов, заключение договоров подряда, разработка проектной документации и проч., каждая организация решает самостоятельно.

Технологические решения

За последние два десятилетия значительно обновился парк бурового оборудования. На смену советской технике пришли буровые станки, зарядное и другое оборудование зарубежного производства (рис. 2).



*Рис. 2. Буровая установка Sandvik DI550
для бурения с погружным пневмоударником*

Зарубежное буровое и зарядное оборудование по техническим возможностям и характеристикам значительно отличается от советского. Его использование предполагает пересмотр технологии проведения БВР, нормативных показателей и др., например, если при использовании станка БТС-150 возможно бурение взрывных вертикальных и наклонных до 30° скважин диаметром 150 мм на глубину до 32 м, то при использовании зарубежного оборудования с применением пневмоударников диаметр скважин может колебаться в пределах 60-200 мм, а глубина бурения достигать 50 м.

Максимальный угол уклона для буровой установки - 12° , возможность современного оборудования бурить скважины в пределах от вертикального до горизонтального положения позволяет проходить выемки на крутых склонах трассы лобовым забоем и отказаться от устройства буровых троп и полок (рис. 3).

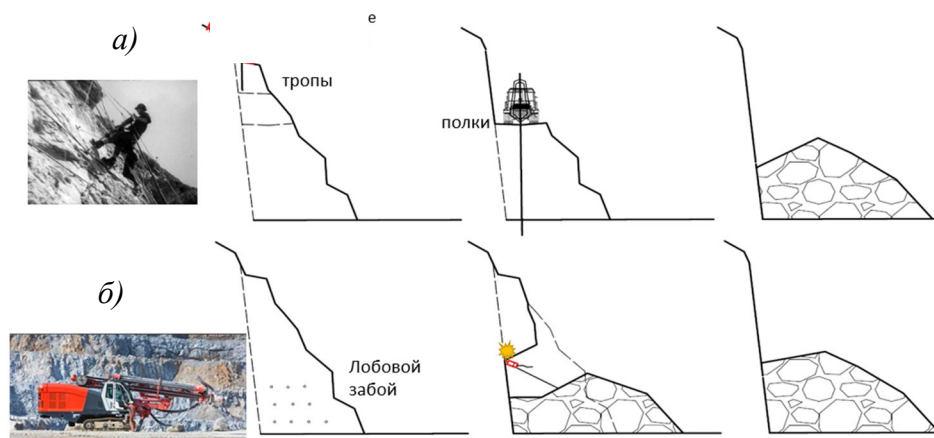


Рис. 3. Технологическая схема разработки полувыемки на крутом косогоре (нарезка технологической тропы и полки бульдозером) (а), схема взрыва на обрушение лобовым забоем горизонтальными скважинами и обрушение козырьков патронированным зарядом (б)

На разных участках трассы разрабатываются различные грунты по классификации СНиП 4.02-91, по трудности разработки, по сопротивлению трещинообразованию при взрыве. Для каждой группы грунтов IV-XI рассчитывается индивидуальная сетка (рис. 4).

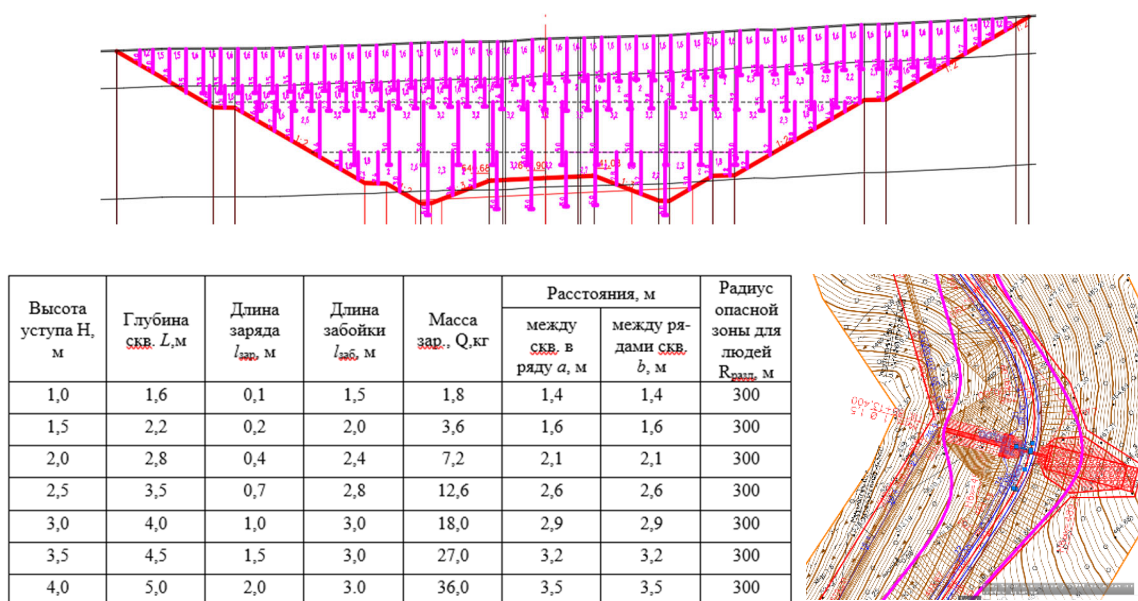


Рис. 4. Поперечный профиль трассы с проектным положением скважин (а), параметры скважинных зарядов (б), участок БВР (в)

Реализация технологии трехмерного моделирования проекта трассы и автоматизированной системы навигации и позиционирования буровой установки на проектные координаты скважин, успешно функционирующие на карьерах, позволяет оператору определять длину скважин, которая нужна в данном месте, исключая перебур.

В области применения взрывчатых материалов также произошли значительные изменения. При взрывании обводнённых скважин вместо ранее применявшегося гранулолома широко стали использовать эмульсионные ВВ (ЭВВ) [2]. В состав ВВ входят аммиачная селитра, масла, эмульгаторы и другие компоненты, они намного безопаснее при транспортировке, хранении и в процессе заряжения скважин, в составе нет веществ, способных к самопроизвольной детонации. Мини-завод по выпуску ЭВВ, может быть расположен непосредственно на месте производства буровзрывных работ, что позволяет повысить их качество и оперативность выполнения.

Взрывчатые вещества используются трех основных видов: патронированные, гранулированные и наливные. Патронированное эмульсионное ВВ используется в скважинах диаметром менее 100 мм. Оболочка патронов выполнена из полиэтилена, торцы зажаты металлическими клипсами. Наливные ЭВВ заряжаются непосредственно в скважины на местах ведения взрывных работ, состав подбирается с учётом их диаметра. В зависимости от состава, могут использоваться для сухих, частично обводненных и в полностью обводненных скважинах.

Для подрыва ВВ требуется инициирующий импульс. Были внедрены неэлектрическая (НСИ) и электронная (ЭСИ) системы инициирования [3, 4].

Все эти значительные изменения не находят отражения в нормативной документации, используемой при проектировании БВР, расчёта стоимости производства работ. Так, в ГЭСН 81-02-03-2022 сб. 3 «Буровзрывные работы» перечень взрывчатых материалов соответствует технологиям 80-х годов прошлого столетия.

Остро стоит вопрос с методиками расчёта параметров БВР. Самые «современные» «Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве» утверждены в 1997 году, т.е. до начала активного внедрения взрывчатых материалов, используемых в наши дни.

Буровзрывные организации для разработок схем взрывания вынуждены пользоваться зарубежными методиками [5]. Это неэлектрическая система инициирования на базе волновода низкоэнергетического типа. Ударная волна проходит через волновод, представляющий из себя пластмассовую трубку, внутренняя поверхность которой покрыта взрывчатым веществом.

Схемы взрывания, представленные в ранее изданных правилах, разработаны для ЭД и ДШ, т.е. для взрывания скважинных зарядов группами на две обнажённые поверхности (рис. 5 а и б). При взрыве нескольких рядов на уступе важно, чтобы при смещении горной породы из первого ряда было достаточно времени до начала смещения следующего ряда. При дроблении взрывом горная порода увеличивается в объеме до 50% и необходимо подготовить место для этого объема в короткий промежуток времени. Время замедления между рядами состав-

ляет от 10 мсек./м в твердых породах и до 30 мсек./м в мягких породах. Обычно используется наиболее оптимальное замедление 15 мсек./м.

Схема монтажа НСИ (рис. 5в) с замедлением 42 мсек между скважинами и 109 мсек между рядами одна из простых для монтажа и наиболее часто используемая. Скважины соединяются порядно, на рисунке указаны очередность взрыва и суммарное замедление.

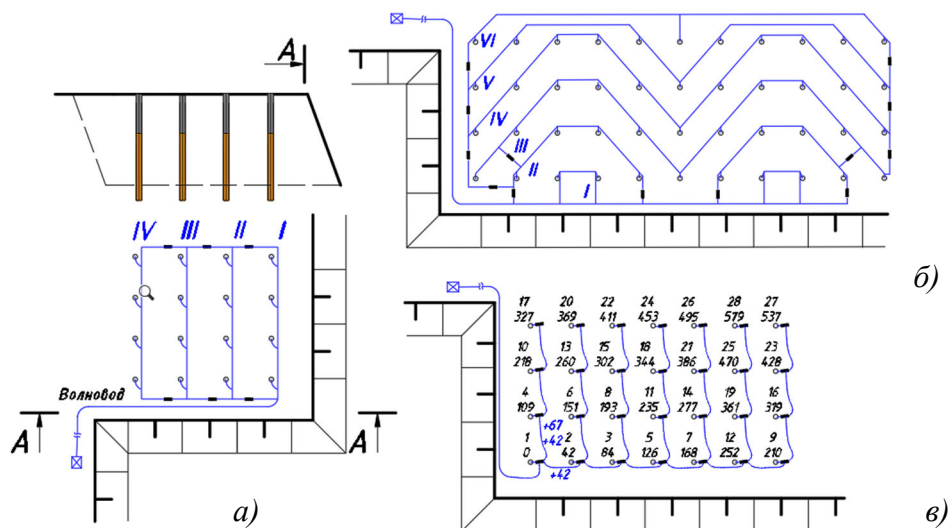


Рис. 5. Типовые схемы КЗВ с использованием ДШ и ЭД (а) – поперечная, (б) – трапецеидальная, (в) схема системы Нонель с замедлением 42 и 109 мсек.

Новые системы, такие как НСИ и ЭСИ предполагают поскважинное взрывание на три обнажённые поверхности. Дополнительная (третья) обнаженная поверхность формируется после взрыва каждой скважины, что приводит к лучшему дроблению горной массы. Это менее сейсмоопасно для окружающей застройки, нет необходимости отвода оборудования на значительное расстояние, а значит сокращается время цикла БВР. Система отличается меньшим количеством отказных зарядов в скважинах.

Безопасное расстояние сейсмического воздействия, которое рассчитывается по формуле (1) [6], при использовании НСИ значительно уменьшается, в особо сложных условиях может применяться 2 и более капсулей-детонаторов в скважине. Дальность разлета породы также значительно уменьшаются.

$$r_c = \frac{K_r K_{ca}}{N^{1/4}} \cdot Q^{\frac{1}{3}}, \quad (1)$$

где K_c – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого сооружения;

K_c – коэффициент, зависящий от типа сооружения и характера застройки;

a – коэффициент, зависящий от условий взрывания;

Q – масса заряда, кг.

Проектные организации имеют право включить в проект строительства автодороги использование современной техники и материалов, но вопрос заключается в обосновании такого выбора – справочная литература с нормами расхода и производительностью оборудования отсутствует, каждое производственное предприятие вынуждено выполнять собственные экспериментальные работы для выбора оптимальных параметров БВР.

Заключение

Рассмотренные выше новые технологии БВР требуют высокой культуры производства работ на предприятиях, инновации внедряются в технологические циклы со сложностями. Современные технологии не описаны в нормативной документации, а следовательно не учитываются:

- при выборе экономически обоснованных схем работы;
- в научных исследованиях состава ВВ для лучшего дробления скальных и мерзлых грунтов;
- при разработке и производстве бурового оборудования и систем инициирования.

Расчёт объемов работ в ГЭСН 81-02-03-2022 (человеко/часы, машино/часы), производится с учётом работы на устаревшем оборудовании, что завышает стоимость и сроки БВР в современных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эстеров Я.Х., Бродов Е.Ю., Иванаев М.И., Дзасохова Л.В. Буровзрывные работы на транспортном строительстве // М.: Транспорт, 1974. – 376 с.
2. Соснин В.А., Межерицкий С.Э, Печенев Ю.Г. Состояние и перспективы развития промышленных взрывчатых веществ в России и за рубежом // Горная Промышленность. 2017. № 5 (135). С. 60-64.
3. Алексеев А.А. Современные системы инициирования и новейшие взрывные технологии // Записки Горного института. 2009. Т.180. С. 91-94.
4. Фадеев А.А., Багдасарян О.Е. Использование электронных систем инициирования для снижения влияния промышленных взрывов на окружающую среду и охраняемые объекты вблизи населенных пунктов // Уголь. 2024. № 12. С. 122-126.
5. Описание системы «Нонель» [Электронное издание]. – Швеция: фирма «Дино-Нобель», 1998-08. – Режим доступа: http://striletsa.ucoz.ru/_ld/0/5__NONEL_.pdf.
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения". Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 3 декабря 2020 года № 494.

© А. В. Владыкина, Н. А. Немова, А. Н. Гришин, 2025