

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**Заровняев Б.Н., Индеев К.К., Шубин Г.В.**

ФГБОУ Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, e-mail: mine_academy@mail.ru

Освоение природных ресурсов северо-востока страны характеризуется сложностью горно-геологических условий ведения буровзрывных работ. При множестве видов взрывчатых материалов и средств взрывания эффективной технологии до настоящего времени нет. Это обусловило актуальность формирования у студентов знаний, навыков по технологии взрывания сложноструктурных массивов горных пород, а также необходимость совершенствования технологии взрывных работ с учетом состояния деятельного слоя, их физико-механических свойств, мерзлотно-гидрогеологических особенностей месторождения, где ведутся взрывные работы. Таким образом, формирование у студентов знаний и навыков по совершенствованию технологии ведения буровзрывных работ в условиях сложноструктурных массивов при наличии деятельного слоя и таликовых зон является актуальной научно-педагогической задачей. Одним из перспективных направлений в технологии ведения буровзрывных работ представляется обоснование технологичных и адаптированных к условиям северных мерзлотно-гидрогеологических условий конструкций скважинных зарядов новых способов инициирования, систем последовательности взрывания с учетом структурных особенностей многолетнемерзлых массивов. Постановка производственных задач в виде кейсов в учебном процессе показала реальные возможности их решения студентами на существенном техническом уровне. Представлен пример решения кейса учебной задачи – взрывного разрушения мерзлых горных пород с сезонномерзлым и сезонноталым слоями, где наблюдаются наибольший выход негабаритов и отказы зарядов из-за вымывания взрывчатого материала водой. Полученное техническое решение достигнуто на основе использования метода мозговой атаки во время практических занятий и значительно повышает эффективность действия заряда именно в зоне сезонномерзлого и сезонноталого слоев благодаря введению коаксиального цилиндрического заряда с ледяным стержнем и управлению временем внутрискважинного замедления зарядов. Полученное техническое решение обладает существенной новизной и получен патент РФ № 2775124, что является признанием Роспатентом оригинальности технического решения.

Ключевые слова: многолетняя мерзлота, сезонноталый слой, сезонномерзлый слой, буровзрывные работы, коаксиальный заряд, ледяной стержень, качество взрывного дробления.

SOLVING PROBLEMS OF DRILLING AND EXPLOSION IN THE EDUCATIONAL PROCESS**Zarovnyaev B.N., Indeev K.K., Shubin G.V.**

North-Eastern Federal university, Yakutsk, e-mail: mine_academy@mail.ru

The development of natural resources in the North-East of the country is characterized by the complexity of mining and geological conditions for drilling and blasting. With many types of explosive materials and means of blasting, there is still no effective technology. This determined the urgency of developing students' knowledge and skills in the technology of blasting complex-structured rock masses, as well as the importance of the task of improving blasting operations, taking into account the physical and mechanical properties of the rock mass, mining and geological features of the area of work. Thus, preparing students to improve the technology of drilling and blasting operations in the conditions of permafrost spread is a very relevant scientific and pedagogical task. One of the directions for improving drilling and blasting operations in these conditions is the development and implementation of technologically advanced and maximally adapted to real conditions designs of borehole charges, initiation methods, a blasting sequence system, taking into account the structural features and state of the array. The formulation of production tasks in the form of cases in the educational process showed the real possibilities of their solution by students at a significant technical level. An example of solving a case of a training problem is presented – the explosive destruction of frozen rocks with seasonally frozen and seasonally thawed layers, where the largest output of oversized and charge failures due to the washing out of explosive material by water is observed. The obtained technical solution was achieved on the basis of using the brainstorming method during practical exercises and significantly increases the efficiency of the charge in the zone of seasonally frozen and seasonally thawed layers, thanks to the introduction of a coaxial cylindrical charge with an ice rod and control of the downhole charge deceleration time. The resulting technical solution has a significant novelty and received a patent of the Russian Federation No. 2775124, which is the recognition of the originality of the technical solution by Rospatent.

Keywords: permafrost, seasonally thawed layer, seasonally frozen layer, drilling and blasting, coaxial charge, ice rod, explosive crushing quality.

В условиях ведения горных работ в зоне распространения многолетней мерзлоты их буровзрывное рыхление является обязательным и основным процессом. От качества дробления взрываемого массива зависит производительность всех других процессов, таких как погрузка, транспортирование и отвалообразование. Поэтому при подготовке горных специалистов серьезное внимание уделяется изучению технологии, методов ведения буровзрывных работ в условиях многолетнемерзлых пород. Поэтому в учебный процесс введены спецдисциплины «Технология и безопасность взрывных работ» и «Разрушение горных пород взрывом». Кроме того, вопросы взрывных работ изучают при решении кейсов горных задач по дисциплине «Основы технического творчества», где одним из кейсов была представлена задача усовершенствования параметров и конструкции зарядов взрывных работ при их ведении в условиях наличия сезонномерзлого и талого слоев, представляющих разнопрочный и сложноструктурный массив. Именно во взрываемых массивах с такой структурой пород и происходят массовые отказы зарядов и выход негабаритов.

Кейс задачи по усовершенствованию буровзрывных работ (БВР) содержит описание района и условий ведения БВР. Участки месторождения, где ведутся взрывные работы, представлены верхнечетвертичными, долинными и аллювиальными отложениями с включениями деятельного слоя, линз льда, таликовых зон и в то же время крепких пород. Структура участков месторождения осложнена льдистостью до 60%. Буровзрывные работы на предприятии ведутся на всех этапах горных работ: при доразведке россыпей, возведении объектов горнотехнических сооружений и на вскрышных и добычных работах при разработке россыпных месторождений. На предприятии массовые взрывы осуществляются при бульдозерной вскрыше для рыхления мерзлых осадочных пород – торфов и зимней добыче песков, при подготовке илоотстойников, зумпфов и руслоотводных канав, сооружении плотин и дамб, а также проходке нагорных канав [1–3].

Наличие многолетнемерзлых пород обуславливает сложность горно-геологических условий при ведении буровзрывных работ, а наличие множества типов взрывчатых веществ (ВВ) и средств взрывания определяет актуальность формирования у студентов знаний, умений и навыков при проектировании массовых взрывов сложноструктурных массивов многолетнемерзлых горных пород, а также значимость задачи совершенствования технологии взрывных работ с учетом структуры массива пород с таликовыми зонами и деятельным слоем при различных горно-геологических условиях ведения горных работ. Как известно, хорошие результаты дают методы совершенствования буровзрывных работ, включающие разработку технологичных и адаптированных к сложноструктурным горно-геологическим условиям

производства вариантов конструкции скважинных зарядов, средств и методов инициирования, системы очередности взрывания с учетом структурных особенностей, включений твердых и таликовых зон и состояния массива [4, 5].

В результате в задании кейса были представлены условия ведения взрывных работ в сложноструктурных многолетнемерзлых массивах с применением взрывчатых веществ (ВВ) на основе аммиачной селитры местного приготовления. Следует указать, что вскрышные породы многолетнемерзлых пород представлены осадочными верхнечетвертичными аллювиальными отложениями с включениями линз льда, таликовых зон, где льдистость в массиве пород достигает 60%. Это привело к тому, что разрабатываемые породные массивы рассматриваются как сложноструктурные массивы с включениями линз льда, таликовых зон, сезонномерзлого и сезонноталого слоев, что повышает процент отказов зарядов, ухудшает качество их дробления, увеличивает выход негабарита, особенно в верхней части взрываемого блока, где имеет место сезонномерзлый слой, и в целом осложняет условия ведения и организацию буровзрывных работ. Таким образом, в качестве примеров в кейс были включены условия ведения буровзрывных работ в сложноструктурных массивах [6–8], где студенты должны были представить конструкции зарядов с воздушными, инертными промежутками, использование зарядов с дифференцированным диаметром в зоне мягких пород. Как показала практика решения кейсов, предложенные варианты позволили получить инновационные решения поставленной задачи.

Цель исследования: решить кейс, сформированный из области буровзрывных работ в условиях многолетней мерзлоты студентами, с использованием различных методов решения технических задач во время практических занятий; повысить эффективность практических работ студентов.

Материал и методы исследования

Исследования касаются основных процессов преподавания дисциплины «Основы технического творчества», включенной с целью активизации творческой деятельности студентов горного профиля в учебный план подготовки специалистов направления Открытые горные работы. При реализации дисциплины в качестве задания к лабораторным и практическим работам задавался кейс задач, включающий проблемы по технологии разработки месторождений и процессов. Основной проблемой при этом является преодоление психологических барьеров. Для разрешения данной проблемы сначала изучают барьеры на пути решения технических задач, поскольку их преодоление и работа студента над решением поставленной задачи являются ключевыми моментами. Таким образом, первой задачей является преодоление барьеров на пути решения технических задач. Методология работ включает изучение и стратегию их преодоления согласно известным методикам [8–10].

Практика привлечения студентов к творческой деятельности показывает, что такой подход дает положительные результаты и студенты берутся за решение производственных задач любой сложности. Вышеизложенная работа позволяет развить у студента уверенность в себе, подкрепленную настроением к решению поставленной задачи и мотивацией для достижения успеха в ее решении. Согласно программе дисциплины студент изучает методы и приемы решения технических задач, теорию решения изобретательских задач, физические, химические, геометрические эффекты, что является основным рычагом при преодолении барьеров.

Второй задачей являются выяснение задачи, постановка цели и задачи.

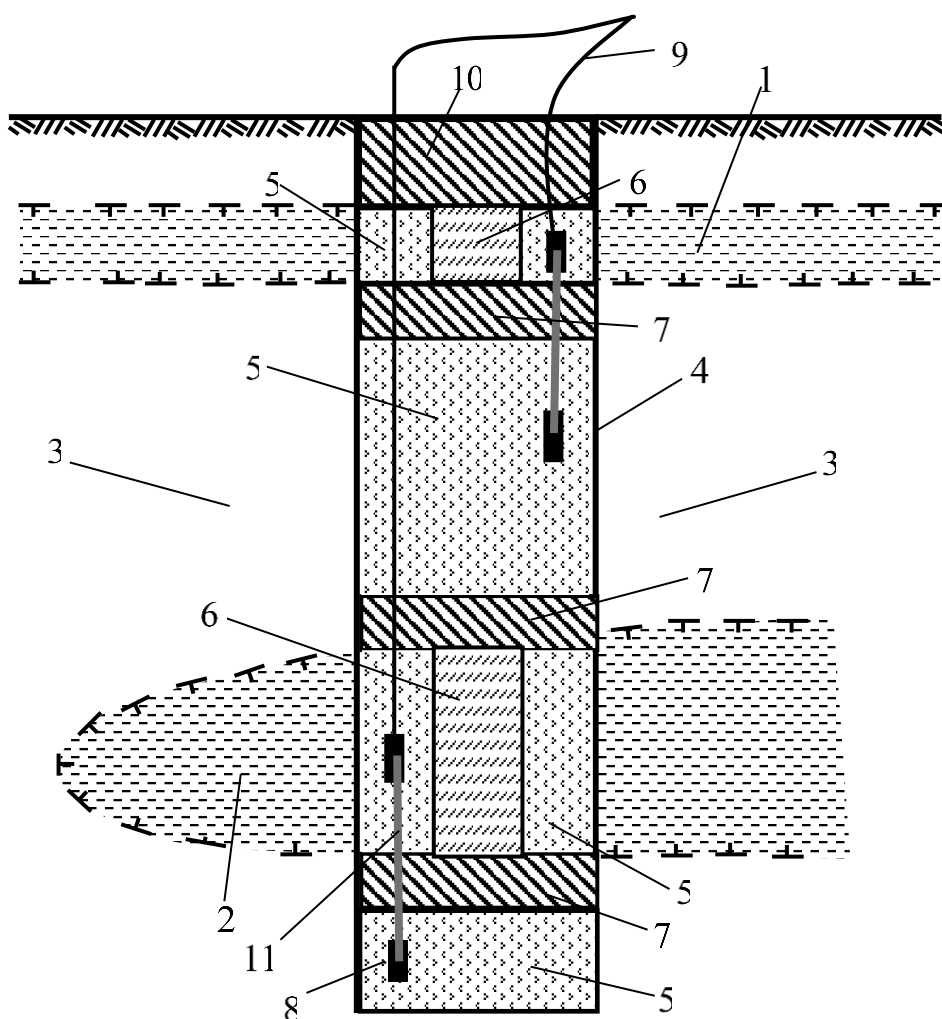
Третьей задачей является собственно решение поставленной задачи – кейса. При этом использование метода мозговой атаки осуществляется под руководством автора задачи-кейса. Методом мозговой атаки можно получить только идею, а дальнейшее конструктивное решение задачи осуществляет сам автор. Дальнейшее решение реализуется с применением таких методов, как: метод контрольных вопросов, метод морфологического анализа, метод фокальных объектов, гирлянд случайностей и ассоциаций, стратегии семикратного поиска и др. При проведении практических, лабораторных работ они позволяют преодолеть барьеры и посмотреть на решение поставленной задачи с новой точки зрения, что дает возможность решить ее на оригинальном уровне. Практика такой методики показала хорошие результаты в решении не только учебных задач, но также ряда производственных проблем [11, 12].

Результат решения кейса

В качестве примера рассмотрим способ взрывания многолетнемерзлых горных пород с сезонноталым слоем и таликовыми прослойками в многолетнемерзлом породном массиве, поставленный в виде кейса учебной задачи перед студентом 3-го курса К.К. Индеевым по дисциплине «Основы технического творчества».

Сущность решения кейса заключается в следующем. Известный способ взрывания многолетнемерзлых горных пород с сезонноталым слоем и таликовыми прослойками в многолетнемерзлом породном массиве включает бурение взрывных скважин, определение в процессе их бурения наличия зон многолетнемерзлых пород, сезонноталого слоя и таликовых прослоек, глубины их расположения, определение мощности слоев, отметку контуров в плане и отметок кровли и почвы этих включений по глубине скважин, зарядание скважин рассредоточенными и размещенными по указанным зонам зарядами взрывчатого вещества, диаметр которых равен диаметру скважин. Для исключения передачи детонации между зарядами располагают инертные промежутки, которые заполняют песком и каменной мукой, получаемой при бурении. Согласно изобретению в зоне сезонноталого слоя и таликовой прослойки по центру коаксиально скважинному заряду размещают ледяной цилиндр длиной,

равной мощности сезонноталого слоя и таликовой прослойки. Причем для обеспечения коаксиальности ледяной цилиндр имеет направляющие из гибкой проволоки. Для взрывания зарядов ВВ в них размещают боевики, часть которых, расположенную в зонах сезонноталого слоя и таликовой прослойки, соединяют с поверхностной взрывной сетью. Кроме этого, боевики в зоне сезонноталого слоя и таликовой прослойки соединяют через инертные промежутки с соответствующими зарядами в зоне многолетнемерзлых пород проводниками детонации, например детонирующим шнуром или ударно-волновой трубкой. При этом взрывают предварительно и одновременно от детонаторов мгновенного действия заряды в сезонноталом слое и таликовой прослойке, а от проводников детонации взрывают заряды в зоне многолетнемерзлых пород (рис.).



Конструкции коаксиального заряда в сложноструктурном массиве: сезонноталый 1 и таликовый 2 зоны, массив многолетнемерзлых пород 3, скважина 4, заряд ВВ 5, инертный промежуток 6, ледяной цилиндр 7, боевик 8 для таликовой зоны, детонирующий шнур 9, забойка 10, проводник детонации 11

С учетом предыдущих типовых проектов массовых взрывов в конкретных условиях определяют параметры вертикальных скважинных зарядов промышленных взрывчатых веществ (ПВВ), включая их диаметр (диаметр скважины), без учета наличия зон сезонноталого слоя 1 и таликовой зоны 2, т.е. исходя из свойств вмещающих многолетнемерзлых пород 3. В соответствии с найденными значениями сопротивления по подошве уступа и длины (глубины) скважин бурят взрывные скважины 4 диаметром по принятой на данном предприятии сетке скважин. В процессе бурения скважин по изменению скорости бурения, цвета и состояния выдаваемых на поверхность продуктов разрушения уточняют, если это необходимо, наличие, контур в плане, отметки кровли и почвы и мощность зон сезонноталого слоя 1 и таликовой зоны 2 по глубине каждой скважины 4.

Затем производят зарядание скважин 4 зарядами 5 одного и того же промышленного взрывчатого вещества (ПВВ), диаметр которых равен диаметру скважин. Зарядание предварительно производят от дна скважины до почвы таликовой зоны 2. После этого опускают и устанавливают боевик 8 с проводником детонации 9, после чего размещают инертный промежуток 6 (песок или каменная мука). При этом проводник детонации 9 пропускают через инертный промежуток 6. Далее устанавливают ледяной цилиндр 7 и боевик 8 для таликовой зоны 2, соединенный с проводником детонации 9. Выполняя аналогичные операции, продолжают зарядку ВВ до проектной высоты заряда. Соответственно заряды 5 в зонах сезонноталого слоя 1 и таликовой прослойки 2 имеют вид полого цилиндра.

В процессе зарядания скважин выполняют монтаж внутрискважинных взрывных сетей и соединяют их вывод 10 с поверхностной сетью, а по окончании зарядания – забойку 11 верхней незаряженной части скважин. В первую очередь с помощью электродетонатора взрывают одновременно боевики 8 в зонах сезонноталого слоя 1 и таликовых прослоек 2, от взрыва которых взрывают детонирующим шнуром (ДШ) 9 и от него – заряды 5 в многолетнемерзлых породах 3.

При таком способе взрывания ледяные цилиндры измельчаются и испаряются, при этом существенно повышается давление в сезонноталом слое и таликовой прослойке. Это препятствует прорыву взрывных газов от взрыва зарядов в зоне многолетнемерзлых пород всезонноталых слоя и таликовой прослойке.

Давление водяных паров, образующихся при испарении ледяного цилиндра, значительно выше, чем взрывных газов (продуктов детонации) заряда в сезонноталом слое и таликовой прослойке. Это связано с тем, что молярная масса молекул воды в разы меньше таковой для сложных молекул взрывчатых веществ. В первом приближении, считая, что для взрывных газов выполняется закон Клапейрона–Менделеева, давление газов обратно

пропорционально молярной массе газов, и, соответственно, давление паров воды будет больше, чем давление взрывных газов.

При этом одним из известных методов (например, георадиолокационным) определяют наличие зон сезонноталого слоя и таликовой прослойки во вмещающем сложноструктурном массиве многолетнемерзлых пород, оконтуривают в плане кровлю и почву этих зон и устанавливают параметры залегания указанных зон внутри взрываемого массива, в том числе их мощность по глубине конкретных скважин, корректируют конструкцию и параметры скважинных зарядов ВВ, необходимые места размещения ледяных цилиндров по глубине скважин.

Далее заряжают скважины промышленными ВВ, диаметр которых равен диаметру скважин, это позволяет упростить процесс заряжания, максимально использовать объем скважин и увеличить выход горной массы с 1 погонного метра скважины.

Полученное техническое решение обладает существенной новизной, на него получен патент № 2775124, что является признанием Роспатентом оригинальности технического решения.

Практика постановки производственных задач в виде кейсов в учебном процессе показала реальные возможности их решения студентами на высоком инновационном уровне. На данном примере представлена сложнейшая проблема взрывного разрушения мерзлых горных пород с сезонномерзлым и сезонноталым слоями, где наблюдаются наибольший выход негабаритов и отказы зарядов из-за вымывания селитры водой. Предложенное техническое решение, достигнутое на основе использования метода мозговой атаки во время практических занятий, значительно повышает эффективность действия заряда именно в зоне сезонномерзлого и сезонноталого слоев благодаря введению коаксиального цилиндрического заряда с ледяным стержнем и управлению временем внутрискважинного замедления зарядов.

Выводы

1. Развитие горнодобывающей промышленности на севере-востоке страны, где имеется обширное развитие многолетней мерзлоты, влечет за собой обязательное применение буровзрывных работ и часто сопровождается отказами зарядов и выходом негабаритов, что создает производственные проблемы. Привлечение студентов горного профиля к решению подобных производственных задач в виде кейсов в учебном процессе является эффективным решением в их подготовке и в дальнейшем позволит персоналу успешно выработать новые идеи и разработки для создания конкурентоспособной продукции, а также повысит качество подготовки высококвалифицированных инженерных кадров в стенах вуза, что становится актуальной задачей поиска подходов, методик, технологий для реализации потенциалов, выявления и раскрытия резервов личности, повышения инновационной активности студентов.

2. Представленный пример решения кейса, сформированного из области буровзрывных работ в условиях многолетней мерзлоты, и его решение студентами позволили достичь существенно нового технического решения; решение достигнуто на основе использования метода мозговой атаки во время практических занятий и в целом значительно повышает эффективность действия заряда именно в зоне сезонномерзлого и сезонноталого слоев благодаря введению коаксиального цилиндрического заряда с ледяным стержнем и управлению временем внутрискважинного замедления зарядов.

3. Наиболее эффективными средствами при решении кейсов горных задач студентами являются методы и приемы решения технических задач, которые позволят развить профессиональное мастерство специалистов и заблаговременно сформировать у студентов инженерных специальностей творческое мышление, инновационные подходы к решению технологических задач в процессе учебы с обязательным обучением методам и приемам решения научно-технических задач.

Список литературы

1. Solovev V.O., Shvedov I.M. Development of New Mining and engineering Construction Works for the Development of Remote Northern Regions and the Far East. CDQM, An Int. J. 201. Vol. 17. N 4. P. 34-41.
2. Дугарцыренов А.В., Ким С.И., Камолов Ш.А. Особенности взрывного разрушения сложных массивов с прослоями крепких пород // Научно-технический и производственный горный вестник Узбекистана. 2014. № 58. С. 22-24.
3. Рахманов Р.А. Обоснование и разработка способа взрывного разрушения сложноструктурных массивов горных пород с крепкими включениями на карьерах: автореф. дис. ... канд. техн. наук, Москва, 2013. 21 с.
4. Бельченко Е.Л., Соловьев В.О., Шведов И.М. Перспективы использования переносных взрывореактивных комплексов в разработке золоторудных месторождений дальневосточного региона // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 10. С. 214-219.
5. Белин В.А., Трусков А.А., Цэдэнбат А. Особенности ведения взрывных работ в условиях вечной мерзлоты на угольных разрезах Монголии // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № ОВ7. С. 113-118.
6. Ищенко К.С., Кратковский И.Л., Коновал С.В., Мазур А.Н., Нашеда В.К. Эффективность взрывной отбойки сложноструктурных горных пород комбинированными зарядами на нерудных карьерах // Metallurgical and mining industry. 2015. № 3. С. 76–82.

7. Заровняев Б.Н., Николаев С.П., Шубин Г.В., Дугарцыренов А.В. Анализ состояния буровзрывных работ на АО «Алмазы Анабара» // Взрывное дело. Выпуск №120/77. М.: ИПКОН РАН, 2018. С. 122-132.
8. Potsch M., Gaich A., McClure R. A. Designing and optimizing surface blasts using 3D images. Measurements and Analysis of Blast Fragmentation: Fradblast 10. 2013. P. 41-47.
9. Подымов Н.А., Чжан Ли, Нго Тхи Нга. Психологические барьеры в учебно-профессиональной деятельности студентов // Проблемы современного образования. 2018. № 3. С. 35-46.
10. Пеньков В.Е., Волочков И.В. Педагогический потенциал траблхакинга в формировании творческого мышления // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29806> (дата обращения: 25.09.2022).
11. Заровняев Б.Н. Повышение творческой активности студентов горного профиля // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31097> (дата обращения: 06.10.2021). DOI: 10.17513/spno.31097.
12. Заровняев Б.Н., Шубин Г.В., Собакина М.П., Будикина М.Е., Аммосова М.Н. Формирование профессиональных компетенций студентов // ЦИТИСЭ. 2021. № 1 (27). С. 360-371. DOI: 10.15350/2409-7616.2021.1.32.