

© А.Ю. Журавель<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный технический университет «Днепровская политехника», Днепр, Украина

## ОБОСНОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ БУРОВЫХ КОРОНОК

© O. Zhuravel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

## JUSTIFICATION OF FACTORS INFLUENCING THE CREATION AND IMPLEMENTATION OF BORING CORONS

**Целью** данной работы является оценка факторов, влияющих на износостойкость буровых коронок при бурении шпуров на проходке горных выработок.

При решении данной задачи использовалась **методика** теоретических исследований на основе анализа научно-технической и патентной информации, что дает возможность обобщить опыт многих исследователей и научных организаций в виде систематизированных сведений.

**Результат** данной работы представлен классификацией факторов и параметров, влияющих на износостойкость буровых коронок, что позволит учесть эти факторы, как при создании новых, более эффективных типов буровых коронок, так и не менее эффективного применении их при проходке горных выработок в различных горно-геологических условиях горнодобывающих предприятий.

При вскрытии и отработки месторождений полезных ископаемых подземным способом проходятся горные выработки различного технологического назначения буровзрывным способом. В качестве бурового инструмента применяются буровые коронки, как непосредственно разрушающего элемента при контакте с горным массивом.

Тема износостойкости буровых коронок была и остается актуальной и в настоящее время по причине перехода буровой техники с пневмопривода на гидропривод и связанных с этим условий эксплуатации, режимов бурения, низкого качества буровых коронок отечественного производства и высокой стоимости коронок импортного производства.

**Научная новизна** заключается в разработке и классификации факторов и параметров, влияющих на износостойкость буровых коронок, представленных как неизменные стабильные, так и регулируемые параметры.

**Практическая значимость.** Результаты исследований позволяют, при слоевой системе разработки, рассматривать как реальный фактор, снижающий потери и разубоживание, и гарантированно обеспечивающий значительный экономический эффект при переработке урановой руды на гидрометаллургическом заводе за счет снижения затрат на дробление, измельчение, выщелачивание руды, утилизацию отходов производства.

Также материалы данной статьи могут быть полезны для научно-исследовательских организаций и фирм, занимающихся указанной тематикой, студентам горного машиностроения осваивающих учебный процесс (как дополнительный курс лекций с аналогичным названием, как указано в названии статьи), а также техническим работникам горнодобывающих предприятий, осуществляющих добычу полезных ископаемых как подземным, так и открытым способом.

**Ключевые слова:** анализ, износостойкость, новая буровая коронка, факторы.

**Введение.** При отработке месторождений полезных ископаемых подземным способом при проходке горных выработок применяется в основном буровзрывной способ, основным элементом которого является бурение шпуров.

При бурении шпуров значительная часть материальных затрат приходится на приобретение буровых коронок, как непосредственно разрушающего элемента при контакте с горным массивом и, вследствие с этим, быстро изнашивающимся и требующим периодической замены. Тема износостойкости бурового инструмента и, в первую очередь, буровых коронок является актуальной не только из-за низкого качества коронок выпускаемых отечественными предприятиями, но из-за высоких цен коронок импортного производства. Поэтому, поиск технических решений, направленных на повышение стойкости бурового инструмента для горнодобывающей промышленности является экономически и технологически обоснованной.

**Цель работы.** Обосновать факторы, влияющие на создание, износостойкость и внедрение буровых коронок при бурении шпуров на проходке горных выработок.

**Материалы и результаты исследования.** В настоящее время при отработке месторождений полезных ископаемых подземным способом проходятся многие сотни километров горных выработок различного технологического назначения. Только на шахтах Кривого Рога ежегодно проходится около 60 км подземных горных выработок, причём удельный вес данного технологического процесса в шахтной себестоимости руды достигает 15,2 % и 37 % соответственно в себестоимости руды франко-люк [1]

При этом, бурение шпуров как по временным, так и по материальным затратам может значительно превышать указанные цифры в пределах общих затрат на проходку горных выработок.

Аналогичная ситуация наблюдается и при отработке урановых и угольных месторождений Украины, в геологическом строении которых преимущественно преобладают горные породы крепкие и весьма крепкие с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f$  от  $10 \div 12$  до 20, что существенным образом усложняет не только организацию производственного цикла проходки горных выработок, но и приводит к значительному увеличению стоимости буровых работ, причиной которых часто является низкая качество буровых коронок (низкая стойкость корпусов коронки и пластин твёрдого сплава, выпадение пластин твёрдого сплава из тела коронки).

Следовательно, обосновано возникает необходимость в разработке высокоэффективных буровых коронок для горных предприятий, ведущих добычу полезных ископаемых, как подземным, так и открытым способом.

Решение данной проблемы предполагается осуществить в следующей последовательности: 1) анализ ситуации на рынке бурового инструмента, 2) пути решения проблемы, 3) преимущества и перспективы внедрения новой буровой коронки. Указанная ситуация отображена на рис.1.

Логическим шагом реализации такого обоснования предлагается классификация факторов и параметров, влияющих на создание качественных и приемлемых по ценовым показателям буровых коронок, представленных на рис.2.

Учет положительных результатов повышения износостойкости бурового инструмента в каждом из факторов является неоспоримым доказательством их обоснования для внедрения в производство на основе данных, полученных при проведении соответствующих научно-исследовательских работ.



Рис. 1. Обоснование необходимости разработки новых буровых коронок

**Актуальность** решения указанного вопроса заключается в максимально возможном учёте исходных данных при разработке конструкторской документации. Это, прежде всего физико-механические свойства горных пород и горно-геологическая характеристика горных пород в виде трещиноватости.

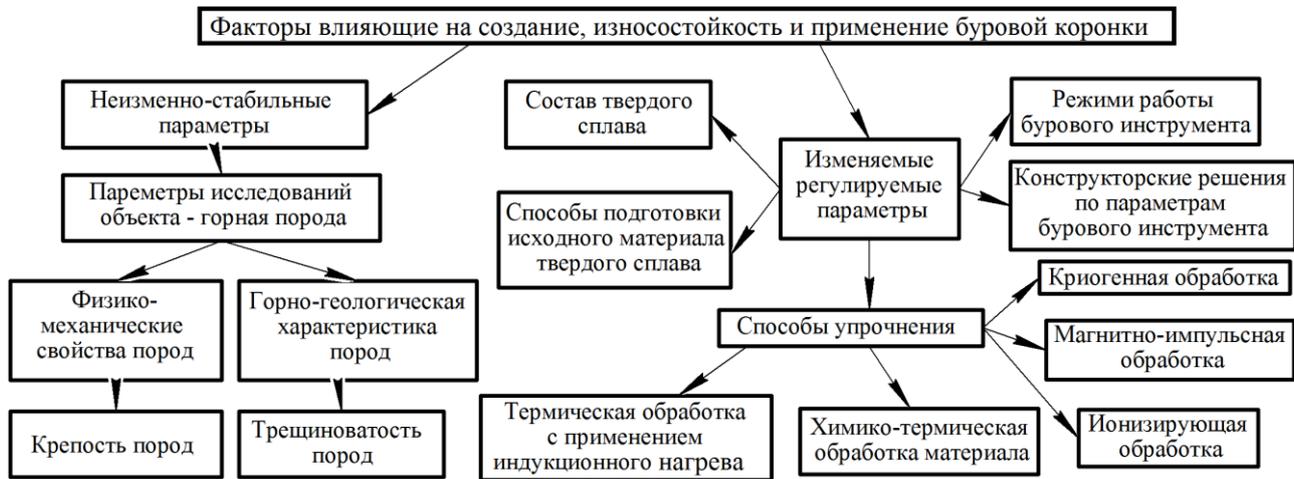


Рис. 2. Классификация факторов и параметров, влияющих на создание, износостойкость и применение буровой коронки

Под физическими свойствами породы понимают её специфическое поведение (ответную реакцию) при воздействии на неё определённых физических полей или тел. Свойства пород зависят от их минерального состава, степени нарушенности (связи между частицами), характера распределения минералов в породе, размеров, формы и неоднородности частиц [2,3]

В технической литературе сообщается о весьма большом количестве (более 100) физико-технических параметров горных пород [2-4] Для решения задач горного производства рассматриваемой темы необходимы некоторые из них, такие, например как плотность, пористость, пределы прочности при сжатии и растяжении, а также трещиноватость горных пород. Трещиноватость горных пород характеризуется размером трещин, частотой их расположения и ориентацией.

Применительно к горным породам, когда имеет место сложные процессы механического разрушения, чаще используется понятие как их крепость.

Крепость пород является обобщающим показателем, характеризующим сопротивляемость горных пород, различным механическим воздействиям (сжатие, удару, истиранию, бурению и т.д.).

Профессор М.М. Протодяконов предложил оценивать крепость горных пород коэффициентом.[4]

$$f = \frac{\sigma_{сж}}{100} \quad (1)$$

В последнее время рекомендуется коэффициент крепости определять по формуле:

$$f = \frac{\sigma_{сж}}{140}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{сж}$  – предел прочности породы на сжатие.

На основании опытных данных, изложенных в работе [5] установлено, что стойкость бурового инструмента понижается на 30 – 40 % с увеличением крепости пород с  $f = 15 \div 17$  до  $f = 18 \div 20$ , стойкость бурового инструмента в трещиноватых породах на 40 – 50 % выше, чем в монолитных породах той же крепости.

Также, на основании опытных данных, представленных в справочном издании [7] сообщается о чёткой зависимости износостойкости буровых коронок от крепости буриемых горных пород. Так, например, при увеличении крепости пород с  $f = 8 \div 10$  до  $f = 12 \div 14$  расход коронок увеличился в 2,6 раза, а при увеличении крепости пород с  $f = 10 \div 12$  до  $f = 12 \div 14$  расход коронок, соответственно, увеличился в 1,5 раза.

Этот фактор необходимо учитывать с тем обстоятельством, что в последнее время уровень горных работ, например, на шахтах Кривого Рога опустился ниже 1000 м и крепость горных пород возросла, поэтому, возникает необходимость контроля поступающих на предприятие буровых коронок согласно области их применения в соответствии с возникающими (и подтверждёнными геологической службой предприятия) изменёнными физико-механическими свойствами горных пород, исключаящими преждевременный износ или поломку бурового инструмента.

Важным показателем при буровых работах является не только крепость пород и трещиноватость, но и режимы работы, такие как энергия удара, числа оборотов, осевого усилия, качества и интенсивности промывки влияющих на износостойкость бурового инструмента, каждый из которых (параметры) устанавливается опытным путём для конкретной горной породы с соответствующими физико-техническими параметрами и трещиноватостью.[6]

При этом следует учитывать переход или возможность перехода буровой техники с одного вида энергии, например, с пневматики на гидрофицированную с более высокими технико-экономическими показателями, а, следовательно, буровой инструмент должен быть рассчитан согласно этих изменений (энергия удара, частота ударов, ударная мощность, крутящий момент, частота вращения бурового инструмента).

Другим, не менее важным фактором, влияющим на стойкость бурового инструмента, представленного в буровой технике, является твёрдые сплавы, служащие для формовки резцов, коронок, буровых долот.

В работе [7] на основании многочисленных научно-исследовательских работ определены химический состав и физико-механические свойства твёрдых сплавов, представленной тремя группами.

Первая группа – вольфрамовая, куда входит карбид вольфрама, карбид тантала, кобальт.

Вторая группа – титано-вольфрамовая с содержанием карбида вольфрама, карбида титана, кобальта.

Третья группа – титано-тантало-вольфрамовая с содержанием карбида вольфрама, карбида тантала, карбида титана и кобальта.

В этой же работе определена область применения конкретных марок твёрдых сплавов в зависимости от крепости, абразивности пород, способа бурения и обеспечивающую оптимальную стойкость бурового инструмента, а, следовательно, его цену.

На цену бурового инструмента может существенно повлиять и способ приготовления твёрдых сплавов [8] За счет обработки исходного материала, представленного отходами, содержащими вольфрам, кобальт, никель, ударно – волновым способом [9], получены обнадёживающие результаты как по техническим, так и по ценовым показателям, так например, достигнута твёрдость HRC = 90, а расход экспериментальных резцов на 75 % меньше по сравнению с серийно выпускаемые заводами Украины и России.

Данный способ приготовления твёрдых сплавов может быть рекомендован для широкого внедрения на металлургических, машиностроительных и горнодобывающих предприятиях – основных потребителях указанного материала.

При бурении шпуров по разным причинам наблюдается разрушение корпуса коронки, что предопределяет поиск технических решений, направленных на повышение износостойкости корпуса коронки.

В этом отношении представляет интересы работа, выполненная авторами [10].

В результате экспериментальных работ по упрочнению двух видов стали – хромистой легированной цементированной 12Х2Н4А и углеродистой 55ПП после закалки индукционным нагревом (ТВЧ), последняя приобрела более высокие показатели механических свойств по сравнению с хромистой легированной. Так, например, предел прочности стали 12Х2Н4А равен 260 МПа, а у стали 55ПП – 300 МПа. При твёрдости 56-58 HRC у хромоникелевой стали 12Х2Н4А, сталь 55ПП имеет 58-62 HRC. В цементованном состоянии 12Х2Н4А имеет ударную вязкость 4÷5 Дж/см<sup>2</sup>, а сталь 55ПП 8÷14 Дж/см<sup>2</sup>.

При этом сталь 55ПП имеет более низкую стоимость.

Таким образом, повышение показателей механических свойств за счёт применения ТВЧ (токами высокой частоты) по сравнению с имеющимися, является весьма перспективным и заслуживают большого внимания и широкого внедрения на предприятиях, выпускающих продукцию, обеспечивающих высокие показатели механических свойств.

Интересным способом повышения стойкости буровых коронок является криогенная обработка в среде жидкого азота.

Испытания данного способа проводили на одном из рудников НПО «Сибруда» на буровых коронках типа КДП – 40 и КТШ – 40.

На основании опытных данных установлено, что стойкость буровых коронок увеличилась от 10 до 20 % [12]

О таком же положительном опыте повышения стойкости бурового инструмента при помощи жидкого азота сообщается в работе [13].

При проходке горных выработок применяют буровые коронки разных конструкций (долотчатые, крестовые, штыревые) в зависимости от конкретных горно-геологических условий.

Поиск технических решений по повышению стойкости буровых коронок представлен в работе [7], где коронки оснащены фигурной пластиной толщиной в средней части 8 мм, а по краям 12 мм, что повышает износостойкость пластинки и вместе с тем уменьшает расход твёрдого сплава.

Другим техническим решением повышения износостойкости буровых коронок является выбор схемы разрушения забоя инструментом с не перекрываемыми лезвиями центральной зоны, обеспечивающая снижение энергозатрат на разрушение породы. При этой схеме кольцевая зона забоя разрушается клиновыми лезвиями, а образующийся в центре забоя керн разрушается крупным сколом под действием сдвигающих усилий.

Коронка оснащена четырьмя пластинами твёрдого сплава, две из которых длиннее двух других [11]. При этом цена новой коронки практически оказалась в два раза дешевле, а стойкость коронки на 20 % выше по сравнению с применяющимися на руднике.

Геометрические параметры буровой коронки долотчатые диаметром 42 мм были изменены на диаметр 36 мм при её испытаниях в условиях Смолинской шахты ВостГока.

На основании опытно – промышленных работ установлено, что стойкость данных коронок оказалась на 20 – 30 % выше, чем те, которые применялись до испытаний диаметром 42 мм, скорость бурения их также возросла на 30 %, а КИШ (коэффициент использования шпуров) увеличился на 20 % [14].

Одним из методов, служащих для повышения износостойкости буровых коронок, является их обработка высокоэнергетическим воздействием, включающим магнитно-импульсную обработку и ионизирующим излучением (гамма-излучение быстрыми электронами) [15,16]. Результаты экспериментов показали, что после магнитно-импульсной обработки, износостойкость буровых коронок возрастает от 39 % до 2,8 раза, а после ионизирующих излучений до 32 %. Эти изменения связаны, прежде всего, как утверждают авторы этих работ, с изменением структуры металла. Вместе с тем, отмечено, что наряду с достоинством этого метода, существуют производственные риски, связанные с работой с высокоэнергетическими и радиоактивными воздействиями, в том числе риски для персонала, занятого в производстве и эксплуатации бурового инструмента.

Как указано в работе (16) для повышения износостойкости буровых коронок был применен способ магнитно-импульсного упрочнения материала на основе моделирования данного процесса с помощью программных продуктов, позволивших достигнуть желаемых результатов.

Логическим шагом поиска новых технических решений, направленных на повышение износостойкости, приемлемой цены производства новой буровой коронки, как правило, завершается разработкой конструкторской документации, на основе которой и создается новая коронка.

Следует отметить, что обоснование конструкторско-технологических параметров при создании буровых коронок мало изучена и некоторые направления требуют своего решения с помощью компьютерного моделирования и определенных программных продуктов.

На основании анализа научно-технической и патентной информации можно сделать следующие **выводы**:

1. Определены преимущества и перспективы внедрения новой буровой коронки (см.рис.1).
2. Предложена классификация факторов и параметров, влияющих на создание, износостойкость и внедрение новой буровой коронки (см.рис.2).
3. Определены факторы как стабильные, так и переменные, влияющие на износостойкость буровых коронок.
4. К неизменным стабильным параметрам относятся физико-механические свойства пород (крепость пород) и горно-геологическая характеристика горных пород (трещиноватость горных пород).
5. К изменяемым, регулируемым параметрам, влияющих на стойкость бурового инструмента являются:
  - а) состав твердого сплава;
  - б) способы подготовки исходного материала твердого сплава;
  - в) способы упрочнения материалов;
  - г) режим работы бурового инструмента, зависящий от конкретных характеристик бурового оборудования;
  - д) конструкторские решения по параметрам бурового инструмента.
6. Учет неизменных стабильных факторов, их параметров, а также регулируемых параметров, возможная комбинация, позволяет обосновать пути решения данной актуальной проблемы по износостойкости бурового инструмента.
7. Материалы данной статьи могут быть полезны для научно-исследовательских организаций и фирм, занимающихся указанной тематикой, студентам горного машиностроения осваивающих учебный процесс (как дополнительный курс лекций с аналогичным названием, как указано в названии статьи), а также техническим работникам горнодобывающих предприятий, осуществляющих добычу полезных ископаемых как подземным, так и открытым способом.
8. Указанная классификация фактов по повышению износостойкости бурового инструмента может служить в качестве одного из элементов методики решения проблем при проведении научно-исследовательских работ.
9. При создании новой буровой коронки, отвечающей технологическим требованиям, качественным, ценовым и экологическим показателям, следует уделить особое внимание такому важному направлениям исследований как:
  - обоснование конструкторско-технологических параметров производства буровых коронок, включающих исследование процессов стружкообразования при точении корпуса буровой коронки;



- конструкторско-технологических параметров посадок с натягом в буровых коронках;
- разработке рекомендаций по усовершенствованию технологических процессов.

#### Перечень ссылок

1. Азарян, А.А., Вілкул, Ю.Г., & Капленко, Ю.П. (2006) *Комплекс ресурсо- і енерго- зберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв*. Кривий Ріг: Мінерал.
2. Ржевский В.В., & Новак Г.Я. (1978) *Основы физики горных пород*. Москва: Недра.
3. Ржевский, В.В. (1975) *Физико-технические параметры горных пород*. Москва: Недра.
4. Гребенюк, В.А., Пыжьянов, Я.С., & Дорофеев, И.Е. (1983). *Справочник по горнорудному делу* Москва: Недра.
5. Гончаров, С.А. (1993) Влияние взрывного разупрочнения массива горных пород на стойкость шарошечных долот. *Горный журнал*, 6, 26-28.
6. Смирнов, А. Г. (Ed.). (1990) *Добыча и обработка природного камня*. Москва: Недра.
7. Друкованный, М.Ф. (Ed.). (1976) *Справочник по буровзрывным работам*. Москва: Недра.
8. Савченко, Ю.В. (2014) Створення бурового інструменту з високим ресурсом і властивостями. *Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2014: Сб. науч. тр. междунар. конф.*, 295-300.
9. Дидык, Р.П., Савченко, Ю.В., & Вьюнник, О.М. Спосіб регенерації вольфрамівмісних твердих сплавів (2000) *А.с. №15322, МКІВ22F 3-08, 3/12, С22В 34/36. Бюл.№6.*, Україна
10. Ванжа, Г.К., Твердохлеб, А.В., & Журавель, А.Ю. (2014) Обоснование выбора марки стали для пальцев кривошипно-шатунного механизма. *Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта: Сб. науч. тр. междунар. конф.* Днепропетровск: ДВУЗ НГУ. с.157-161.
11. Махмудов, С.Х., Кудрявцев, В.И., & Таранов, В.И. (1989) Новые коронки для бурения шпуров и скважин. *Горный журнал*, 1, 42.
12. Юрченко, С.В., Часовников, Н.И., & Никитин, В.Н. (1989) Влияние криогенной обработки на стойкость буровых коронок. *Горный журнал*, 7, 60-61.
13. Москалёв, А.Н., Ганкевич, В.Ф., & Бабец, В.В. (1997) Новые способы бурения скважин и шпуров в железорудных шахтах. *Сучасні шляхи розвитку гірничого обладнання і технологій переробки мінеральної сировини. Междунар. сб. научн. тр.*, 15.
14. Недельский, А.Г. (1984) Акт о проведении промышленных испытаний технологии взрывания с повышенной плотностью заряжания в шпурах диаметром 36 мм при проходки горизонтальных горных выработок. *Отчет о НИР. Вх.1627 от 11.07.84., фонды УкрНИПИ-промтехнологии*. Желтые Воды.
15. Сухорукова, С.Е. (2013) *Выбор и обоснование методов повышения стойкости буровых коронок* (Кандидатская диссертация). ФГБОУ ВПО «МГГУ», Москва.
16. Аракчеев, С.Н. (2006) *Обоснование параметров и способа повышения стойкости буровых коронок* (Кандидатская диссертация). ФГБОУ ВПО «МГГУ», Москва.

#### АНОТАЦІЯ

**Метою** даної роботи є оцінка факторів, що впливають на зносостійкість бурових коронок при бурінні шпурів на проходці гірничих виробок.

**Методика** теоретичних досліджень оснований на аналізі науково-технічної та патентної інформації, що дає можливість узагальнити досвід багатьох дослідників і наукових організацій у вигляді систематизованих-них відомостей.

**Результат** даної роботи представлений класифікацією факторів і параметрів, що впливають на зносостійкість бурових коронок, що дозволить врахувати ці чинники, як при створенні нових, більш ефективних типів бурових коронок, так і не менш ефективного застосування їх при проходці гірничих виробок в різних гірничо-геологічних умовах гірничодобувних підприємств.

При розтині і відпрацювання родовищ корисних копалин підземним способом проходяться гірничі виробки різного технологічного призначення буропідливним способом. У якості бурового інструменту застосовуються бурові коронки, як безпосередньо руйнуючий елемент при контакті з гірським масивом.

Тема зносостійкості бурових коронок була і залишається актуальною і в даний час з причини переходу бурової техніки з пневмопривода на гідропривід і пов'язаних з цим умов експлуатації, режимів буріння, низької якості бурових коронок вітчизняного виробництва і високу вартість коронок імпортного виробництва.

**Наукова новизна** полягає у розробці та класифікації чинників і параметрів, впливаючих на зносостійкість бурових коронок, представлених як незмінні стабільні, так і регульовані параметри.

**Практична значимість.** Результати досліджень дозволяють, при шаровій системі розробки, розглядати як реальний фактор, що знижує втрати та розубожіння, і гарантовано забезпечує значний економічний ефект при переробці уранової руди на гідрометалургійному заводі за рахунок зниження витрат на дроблення, подрібнення, вилуговування руди, утилізацію відходів виробництва.

Також, матеріали даної статті можуть бути корисні для науково-дослідних організацій і фірм, що займаються зазначеною тематикою, студентам гірничого машинобудування освоюють навчальний процес (як додатковий курс лекцій з аналогічною назвою, як зазначено в назві статті), а також технічним працівникам гірничодобувних підприємств, які здійснюють видобуток корисних копалин як підземним, так і відкритим способом.

**Ключові слова:** *аналіз, зносостійкість, нова бурова коронка, фактори.*

#### ABSTRACT

**The purpose** of this work is to assess the factors affecting the wear resistance of drill bits when drilling holes in the drilling of mine workings.

**The theoretical research methodology** used to solve this problem was used, based on the analysis of scientific, technical and patent information, which makes it possible to summarize the experience of many researchers and scientific organizations in the form of systematic information.

**The result** of this work is presented by the classification of factors and parameters influencing the wear resistance of the drill bits, which will allow to take into account these factors, both in the creation of new, more effective types of drill bits, and at least effective application of them in the mining of mine workings in various mining and geological conditions of mining enterprises.

**Scientific novelty** lies in the development and classification of factors and parameters affecting the wear resistance of drill bits, represented by both unchanged stable and adjustable parameters.

**Practical significance.** The research results allow us to consider, with a layered development system, as a real factor that reduces losses and dilution, and guaranteed to provide a significant economic effect in the processing of uranium ore in a hydrometallurgical plant by reducing the cost of crushing, grinding, leaching of ore, production waste disposal.

During the opening and development of mineral deposits by the underground method, the mine workings of various technological purposes are drilled using the blasting method. As a drilling tool, drill bits are used as a directly destructive element in contact with a mountain range.

The topic of wear resistance of drill bits has been and remains relevant today due to the transition of drilling equipment from a pneumatic actuator to a hydraulic actuator and associated operating conditions, drilling modes, poor quality of drill bits of domestic production and the high cost of imported crowns.

The materials in this article can be useful for research organizations and firms engaged in this topic, for students of mining engineering mastering the educational process (as an additional course of lectures with the same name, as indicated in the title of the article), as well as for mining technical workers - mining enterprises engaged in the extraction of minerals both underground and open pit.

**Keywords:** *analysis, wear resistance, new drill bit, factors.*