

О СТРУКТУРЕ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ ПРИ СООРУЖЕНИИ СКИПОВОГО СТВОЛА ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА «МИР» НА УЧАСТКЕ НЕФТЕГАЗОПРОЯВЛЕНИЙ

На основании хронометражных наблюдений исследована структура затрат времени на выполнение отдельных операций проходческого цикла при сооружении скипового ствола подземного рудника «Мир». Доказано влияние нефтегазопроявлений на перераспределение затрат времени. Предложены меры по повышению безопасности и технико-экономической эффективности проходки стволов в условиях нефтегазопроявлений.

На основі хронометражних спостережень досліджена структура витрат часу на виконання окремих операцій прохідницького циклу при споруді вантажного ствола підземної копальні «Мир». Доведений вплив проявів нафти і газу на перерозподіл витрат часу. Запропоновані заходи по підвищенню безпеки і техніко-економічної ефективності проходки стовбурів в умовах проявів нафти і газу.

On the basis of supervisions of time-studies the structure of expenses of time is explored on implementation of separate operations of driving cycle at building of freight shaft of underground mine the «Mir». Influence of excretions of oil and gas is proved on the redistribution of expenses of time. Measures are offered on the increase of safety, technical and economic efficiency of driving of shafts in the conditions of displays of oil and gas.

Введение. Вертикальные стволы шахт и рудников проходятся в самых разнообразных горно-геологических условиях. Стволы, как главные вскрывающие выработки, пересекают многочисленные слои горных пород, имеющие различное происхождение, механические и физико-химические свойства, водообильность, газонасыщенность, нефтеносность, битуминозность и другие характеристики, оказывающие существенное влияние на темпы проходки и другие технико-экономические показатели.

Увеличение глубин разработки связано с ухудшением горно-геологических условий. В ряде случаев проходка глубоких вертикальных стволов ведется с пересечением газоносных пластов, при этом в забое и по всей глубине ствола могут образовываться взрывоопасные смеси воздуха с метаном, его гомологами (этаном, пропаном, бутаном и более высокими) и другими взрывоопасными газами. Такие условия имели место при проходке вертикальных стволов подземных рудников «Мир» и «Удачный» АК «Алроса», при пересечении газоносных пластов ряда сверхкатегорийных шахт Кузбасса (ш. «Юбилейная», г. Новокузнецк, и др.), украинского Донбасса и др.

В практике отечественного шахтного строительства неоднократно возникали аварии, связанные со взрывами и вспышками газозвушних смесей (ГВС), нефти и битумов, а также пожарами в проходимых и эксплуатируемых вертикальных стволах. Такие аварии происходили при проходке вентиляционно-вспомогательного и скипового стволов рудника «Удачный» в 2006 и 07 гг. [1], в стволе ш. им. 50-летия СССР ГУП «Краснодонуголь» в 2004 г., в стволе рудника «Вершино-Дарасунский» компании «Руссдрагмет» в 2006 г. и др. [2].

В условиях нефтегазопроявлений и высокоминерализованных газонасыщенных подземных вод будет сооружаться и клетевой ствол подземного рудника «Удачный», проходка которого запланирована АК «Алроса» на 2010-12 гг.

Исходя из вышесказанного следует, что повышение безопасности и улучшение технико-экономических показателей проходки стволов на участках нефтегазопроявлений, дальнейшее совершенствование технологии сооружения, а также методов и средств взрывозащиты вертикальных стволов, проходимых в указанных условиях, является актуальной задачей шахтного строительства.

Целью настоящей статьи является обработка результатов хронометражных наблюдений за выполнениями отдельных операций проходческого цикла при сооружении скипового ствола подземного рудника «Мир» АК «Алроса» с целью определения структуры затрат времени и выявления резервов для повышения темпов проходки и безопасности работ.

Изложение основного материала. Проходка и крепление скипового ствола подземного рудника «Мир» велась силами ОАО «Ростовшахтострой» по заказу АК «Алроса» в 2003 – 08 гг.

Основные характеристики ствола: назначение – скиповой (выдача горной массы); назначение по вентиляции – воздуховыдающий; проектная глубина – 1036,9 м; диаметр в свету – 8,0 м; крепь – комбинированная (монолитная бетонная, тубинговая); площадь сечения: в свету – 50,24 м², в проходке – 69,40 м².

При проходке ствола ниже отметки 627,6 м наблюдается несколько участков, характеризующихся наличием газонасыщенных пород и нефтепроявлений:

– в пределах отложений Чарской свиты в интервале 627,6-786,0 м залегает одноименный слабогазонасыщенный комплекс, в состав которого входит четыре коллектора. Породы слабопроницаемые, низкопористые, размер пор 0,1-0,5 мм заполненные нефтебитумами (60%) и минерализованной водой (40%). По химическому составу газы относятся к углеводородам нефтяного ряда и составляют 95% от общего объема газа. Основным компонентом является метан, его содержание колеблется от 71 до 88%. Содержание углекислого газа не превышает десятых долей процента.

– в интервале 861,2-1036,9 м проходка ствола велась по карбонатным породам Олёкминской свиты. Характерны трещины с зеркалами скольжения на поверхности которых глина трения, битум, нефть. По трещинам происходит нефтевыделение с дегазацией. Пористое пространство на 68-82% заполнено нефтебитумами, остальное минерализованными рассолами. Общая газонасыщенность пород колеблется от 2 до 5,2 м³/м³. Химический состав газов идентичен вышеописанным в Чарском газонасыщенном горизонте.

С целью изучения опыта проходки стволов в условиях нефтегазопроявлений и разработки мероприятий по взрывозащите выработок, проходимых в аналогичных условиях, сотрудниками кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы» Шахтинского института (филиала) ЮРГТУ(НПИ) проводились хронометражные наблюдения за выполнением всех процессов проходческого цикла. Период наблюдений охватывает 19 июня – 26 августа 2006 г., за это время пройден участок скипового ствола с отм. -926,1 м до отм. -998,1 м.

К основным технологическим процессам, исследуемым с помощью хронометражных замеров, относятся: бурение шпуров перфораторами ПП-54В, зарядание шпуров, подъем проходческого оборудования, взрывание и проветривание, приведение забоя в безопасное состояние, спуск проходческого оборудования, погрузка породы погрузочной машиной 2КС-2у/40 с выдачей проходческими бадьями БПС-3,0, установка тубинговых колец, разборка забоя.

Так как участок ствола характеризовался наличием нефтегазопроявлений, особое внимание при исследованиях уделялось ведению буровзрывных работ, проветриванию и соблюдению мероприятий по взрывозащите ствола.

Одним из мероприятий по снижению вероятности воспламенения и взрыва нефти, битумов и газа, являлось ограничение величины заходки. Паспорт БВР на исследуемом участке ствола предусматривал бурение 155 шпуров, в т.ч. 6 врубовых (расположенных на окружности диаметром 2,5 м), 87 отбойных (на 4 окружностях диаметрами 3,7; 5,0; 6,4; 7,6 м), 60 оконтуривающих (на окружности диаметром 8,8 м). Глубина комплекта шпуров составляла 2,2 м, врубовых – 2,4 м.

В результате хронометражных наблюдений было изучено 24 проходческих цикла, величина заходки колебалась от 0,6 до 2,5 м. Гистограмма распределения заходов по интервалам приведена на рис. 1. Основные показатели вариации исследуемой выборки приведены в табл. 1.

Статистический анализ результатов хронометражных наблюдений свидетельствует о высокой дисперсии по всем исследуемым признакам. Большой разброс значений величины заходки вызван изменяющимися горно-геологическими условиями проходки. В 9 случаях из 24 заходка составляла от 2 до 2,5 м, таким образом, КИШ был близок к 1, а в нескольких случаях превышал ее. Эти результаты приходится на участки с максимальными нефтегазопроявлениями, что свидетельствует об их влиянии на величину заходки вследствие повышения мощности взрыва за счет горючих свойств нефти и битумов.

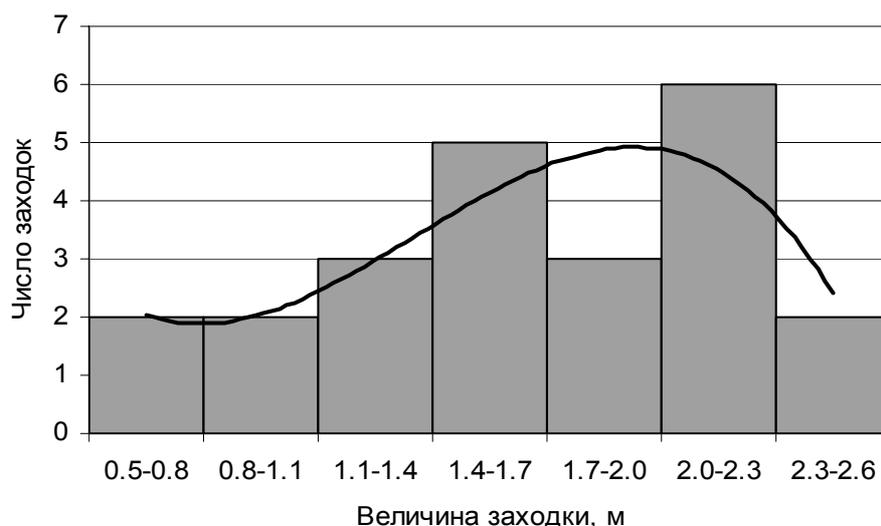


Рис.1. Гистограмма и теоретическая кривая распределения величины заходки при проходке скипового ствола подземного рудника «Мир» на участке нефтегазопроявлений

Продолжительность проходческого цикла изменялась в период наблюдений от 24 до 48 ч. Значительный разброс значений вызван существенным отличием величин заходки, и соответственно объемов работ по погрузке породы и креплению тубингами (1 или 2 кольца). Кроме того, в ряде случаев продолжительность цикла увеличивалась из-за аварий, связанных с воспламенением нефти и газа, и увеличением времени на проветривание после взрывных работ.

Таблица 1

Значения показателей вариации исследуемых выборок

Показатель вариации	Исследуемый признак								
	Величина заходки, м	Продолжительность, мин							
		бурения	заряжания	взрыв., проветривания	спуска-подъема полка	прив. забоя в безоп.	погрузки породы	крепл. тубингами	разборки забоя
Min-max	0,6–2,5	335-710	40–125	30–210	20–80	15–60	310–980	150–365	175–700
Размах вариации	1,9	375	85	180	60	45	670	215	525
Среднее арифметическое	1,69	458	77	101	44	32	577	244	416
Дисперсия	0,32	8317	524,4	1621	200	189	29019	3293	18048
Стандартное отклонение	0,55	91,2	22,9	40,3	14,1	13,8	170,4	57,4	134,3
К-т вариации, %	32,5	19,9	29,7	40,0	31,8	42,9	29,5	23,5	32,3

Распределение продолжительности проходческого цикла (рис.2) близко к нормальному с некоторой асимметрией в сторону меньших значений относительно среднего арифметического.

На рис.3. приведена структура затрат времени на выполнение отдельных процессов проходческого цикла при проведении ствола на участке активных нефтегазопроявлений, из которой следует, что около 51% времени занимает погрузка породы и разборка забоя, нарушенного взрывом вследствие влияния нефтегазопроявлений, 23,6% – бурение шпуров, 12,5% – крепление тубингами.

В табл.1 приведены показатели вариации по всем исследуемым признакам: величине заходки, продолжительности бурения, заряжания, взрывания и проветривания, спуска-подъема полка, приведения забоя в безопасное состояние, погрузки породы, крепления тубингами и разборки забоя. Наибольший относительный разброс значений характерен для приведения забоя в безопасное состояние, заряжание и проветривание ствола, наименьший – для бурения шпуров и крепления тубингами.

Среднее значение продолжительности цикла (рис.2) составляет 34 ч, в то время, как средняя суммарная продолжительность всех проходческих процессов (табл.1) – 1949 мин., т.е. около 32,5 ч. Полученная разница – 1,5 ч. (около 4,4% от продолжительности цикла) характеризует подготовительно-заключи-

тельные операции, спуск-подъем смены, непроизводительные затраты времени, обусловленные выходом из строя оборудования и организационно-техническими причинами.

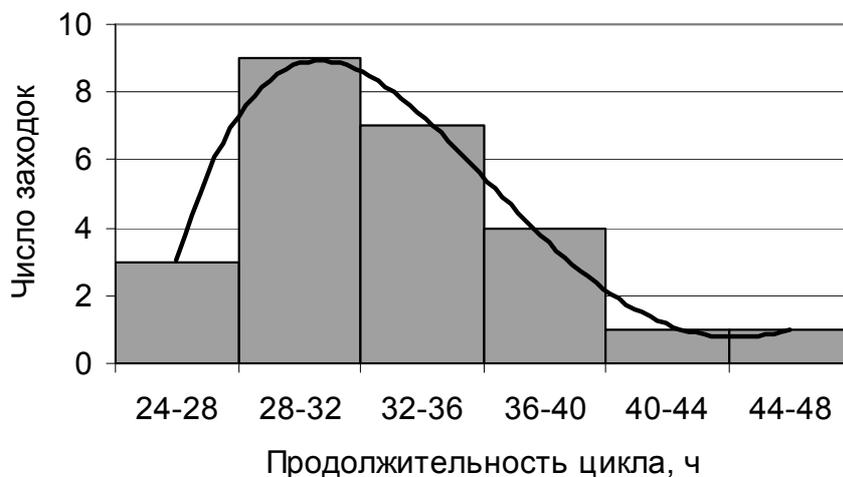


Рис. 2. Гистограмма и теоретическая кривая распределения величины продолжительности проходческого цикла

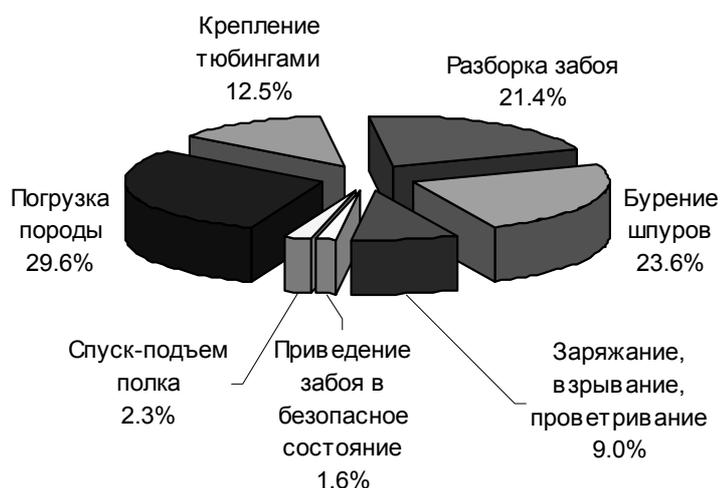


Рис. 3. Структура затрат времени на выполнение отдельных процессов проходческого цикла

Теоретическое распределение продолжительности бурения и заряжания (рис. 4, а, б) близко к нормальному. Более чем двукратное отличие продолжительности бурения в разных циклах объясняется резким изменением горно-геологических условий проходки. Увеличение времени на заряжание связано с прохождением зоны нефтегазопроявлений, необходимостью сбора нефти и перебурирования части шпуров.

Анализ продолжительности проветривания свидетельствует, что в 22 случаях из 24 наблюдаемых заходов (92%), допускалось нарушение Правил безопасности [3], согласно которым «разжижение воздуха до предельно допустимых концентраций вредных газов и пыли должно достигаться в течение не более 30 мин». Однако, как следует из табл. 1, время проветривания колебалось от 30 до 210 мин, в среднем же составляло около 100 мин, что более чем втрое превышает норму.

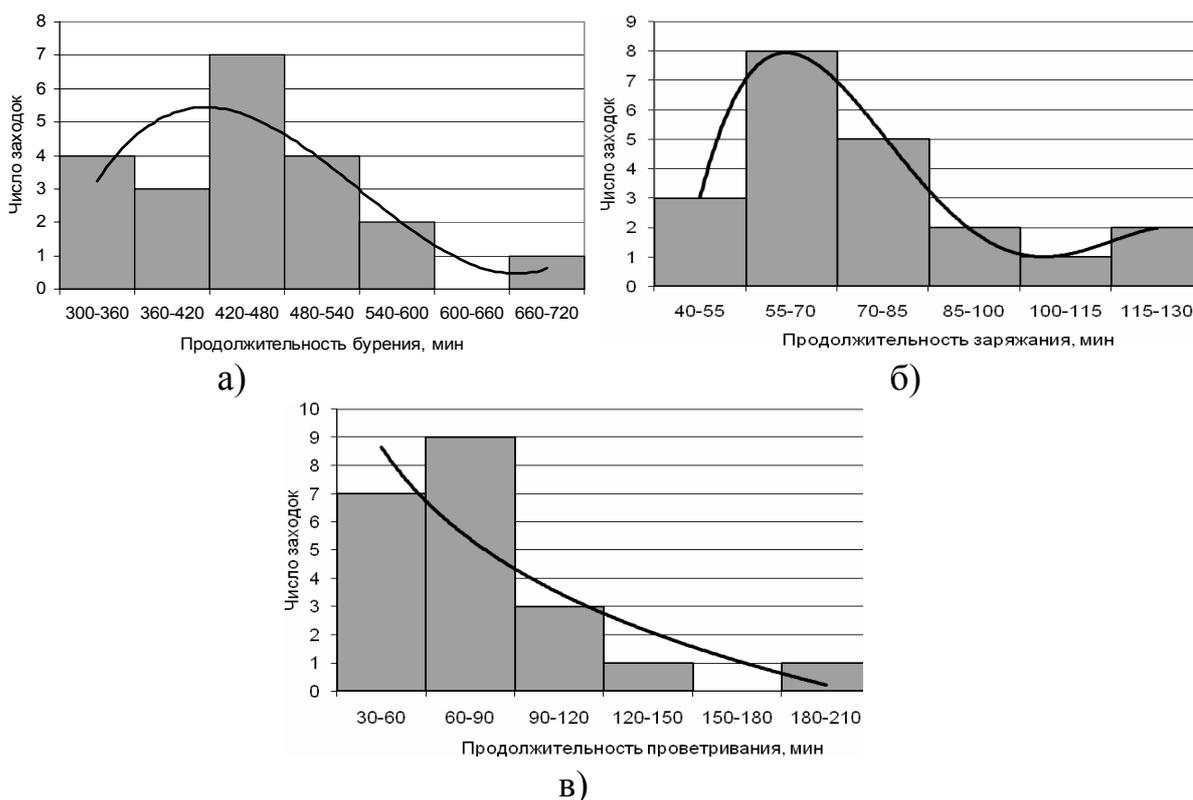


Рис. 4. Гистограммы и теоретические кривые распределения продолжительности: *а* – бурения шпуров, *б* – заряжания, *в* – проветривания

Теоретическое распределение продолжительности проветривания (рис. 4, *в*) близко к экспоненциальному. Значительное превышение времени проветривания относительно допустимого было вызвано возгоранием нефти и битумов. Например, 30 июня 2006 г. проветривание продолжалось 140 мин., 6 августа – 210 мин., 10 августа – 100 мин., 13 августа – 110 мин. и т.д. Нефтепроявления наблюдались в виде локального капеза, подтёков на породных стенках. Активное выделение взрывоопасных газов было незначительным. После взрывания, в случае пожара в забое, ляды оставлялись открытыми, и в исходящей струе наблюдался густой чёрный дым с резким запахом, выделявшийся в течение 1,5-3 ч до полного выгорания нефти и битума.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

- при средней продолжительности проходческого цикла 34 ч и средней величине заходки 1,7 м средние темпы проходки скипового ствола подземного рудника «Мир» на участках, опасных по нефтегазопроявлениям и закрепленных тубингами, составили около 36 м/мес.;

- наличие нефтегазопроявлений существенно сказывается на продолжительности бурения, заряжания, проветривания ствола и в особенности на времени разборки забоя после 2-й фазы погрузки, что в конечном итоге существенно снижает темпы проведения и безопасность работ;

- нефтегазопроявления оказывают влияние на величину заходки, повышая мощность взрыва и КИШ вследствие горючих свойств нефти, газа и битума, но снижая при этом взрыво- и пожаробезопасность;

– возникновение аварийных ситуаций, связанных с возгоранием нефти и битумов, приводит к превышению допустимого времени проветривания в среднем в 2-2,5 раза, а в нескольких случаях – в 4-7 раз;

– резервом повышения темпов проведения ствола является оптимизация продолжительности буровзрывных работ и проветривания путем обеспечения требуемых концентраций вредных газов и пыли не более, чем за 30 мин.;

– для повышения эффективности и безопасности проходки ствола в рассматриваемых условиях требуются дополнительные организационные и технические мероприятия по взрыво- и пожаробезопасности, к которым относится применение по всей глубине ствола, в особенности на участках активных нефтегазопроявлений пламе- и взрывогасящих завес, использование пенной защиты в призабойном пространстве ствола, предварительная дегазация и сбор нефти и битумов, специальные параметры и режим взрывных работ, специальный режим проветривания ствола после взрывных работ и др.

– разработанная авторами концепция взрывозащиты вертикальных стволов при их проведении на участках, опасных по нефтегазопроявлениям [4 – 6], призвана обеспечить безопасность проходки и повысить темпы сооружения ствола на опасных участках на 15-20% относительно фактически достигнутых при проходке стволов рудника «Мир» и проанализированных в настоящей работе.

Список литературы

1. Прокопов А.Ю., Тимофеев Д.Н., Склепчук В.Л. Анализ причин и последствий аварии при проходке вентиляционно-вспомогательного ствола рудника «Удачный» //Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений: Сб. науч. тр. – Донецк: Норд-пресс, 2009. - Вып. 15. – С. 78 – 80.

2. Манец И.Г., Грядущий Б.А., Левит В.В. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов: Научно-производственное издание/ Под общ. ред. Сторчака С.А. – Донецк: «Юго-Восток Лтд», 2008. – 586 с.

3. ПБ 03-428-02. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений. Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 01.11.01 № 49. Введены в действие с 01.07.02 постановлением Госгортехнадзора России от 16.01.02 № 2.

4. Страданченко С.Г., Прокопов А.Ю., Склепчук В.Л. Обоснование методов обеспечения взрывозащиты при проходке вертикальных стволов подземного рудника «Удачный»// Строительная геотехнология: Сб. статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. – М.: Горная книга, 2009. – №ОВ9. – С. 206 – 213.

5. Прокопов А.Ю., Склепчук В.Л. Опыт использования пенной защиты при проходке вертикальных стволов по газонасыщенным породам// Проблемы горного дела и экологии горного производства: Матер. IV междунар. науч.-практ. конф. (14-15 мая 2009 г., г. Антрацит) – Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2009. – С. 193 – 197.

6. Прокопов А.Ю., Склепчук В.Л., Тимофеев Д.Н. Организационно-технические мероприятия по обеспечению безопасности при проходке вертикальных стволов рудника «Удачный» в зоне нефтегазопроявлений// Материалы 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Перспективы освоения подземного пространства» – Днепропетровск: НГУ, 2009. – С. 38 – 40.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Сдвіжковою О.А.
Надійшла до редакції 06.04.10*