

15. **Паринов С.И.** К теории сетевой экономики / **С.И.Паринов** – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002. – 168 с.
16. **Свами М., Тхуласираман К.** Графы, сети и алгоритмы: Пер. с англ./ **М.Свами , К. Тхуласираман** - М.: Мир, 1984. - 455 с.
17. **Снетков Н.Н.** Имитационное моделирование экономических процессов: Учебно-практическое пособие / **Н.Н.Снетков** - М.: Изд. центр ЕАОИ, 2008. - 228 с.
18. **Терехин В.В.** Моделирование в системе Matlab: Учебное пособие / **В.В. Терехин**. - Новокузнецк: Кузбас-свузиздат, 2004. -376с.
19. **Цисарь И.Ф.** Лабораторные работы на персональном компьютере / **И.Ф. Цисарь**. - М.: Издательство «Эк-замен», 2002. - 224 с.
20. **Чен К.** MATLAB в математических исследованиях / **К.Чен , П.Джиблин , А.Ирвинг** -. М.: Мир. - 2001.

Рукопис подано до редакції 04.04.14

УДК 622.272:624.191.5

С.А. ХАРИН, д-р техн. наук, доц., ОКВУЗ «Институт предпринимательства «Стратегия»

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕМПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СТВОЛОВ**

Для своевременного вскрытия нижележащих горизонтов обеспечение заданных темпов проходки горных выработок является важной задачей, связанной с ритмичной организацией работ. Поскольку на скорость проходки выработок в большинстве случаев, особенно, в крепких породах и при значительной площади поперечного сечения, заметное влияние оказывают буровые работы актуальным, как представляется, может быть исследование зависимости скорости проходки стволов от производительности бурового оборудования.

В этой связи представляет интерес разработка методов исследований, соответствующего программного обеспечения, которые позволили бы служить в качестве инструментов изучения вопросов организации строительства. Для проведения исследований разработана компьютерная программа. В качестве языка программирования избран Java - объектно-ориентированный язык программирования. Программы на Java транслируются в байт-код, выполняемый виртуальной машиной Java - программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор. В ходе исследования изменения скорости проходки ствола от эксплуатационной производительности бурового оборудования установлены соответствующие зависимости, охватывающие широкий круг условий. Отмечено также, что, начиная с определенного момента, рост производительности средств бурения практически не приводит к увеличению темпов проходки ствола и дальнейшее наращивание усилий в этом направлении нецелесообразно.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Устойчивое функционирование горного производства является условием эффективного развития экономики Украины. Задача реконструкции производственных мощностей в условиях значительных глубин разработки должна сопровождаться интенсивными усилиями в направлении исследований, направленных на совершенствование всех технологических процессов.

**Анализ исследований и публикаций.** Анализ ранее опубликованных результатов исследований и современного состояния практики проектирования и строительства горных выработок указывает на необходимость более широкого использования компьютерных технологий для детального учета различных особенностей сооружения подземных объектов и обеспечения оптимальных параметров ведения работ.

**Постановка задачи.** Разработать соответствующее программное обеспечение и исследовать вопросы организации проходки стволов глубоких шахт под влиянием изменения параметров бурового оборудования и горно-геологических условий, в частности, изменение темпов строительства.

**Изложение материала и результаты.** Для своевременного вскрытия нижележащих горизонтов обеспечение заданных темпов проходки горных выработок является важной задачей, связанной с ритмичной организацией работ.

Поскольку на скорость проходки выработок в большинстве случаев, особенно, в крепких породах и при значительной площади поперечного сечения, заметное влияние оказывают буровые работы актуальным, как представляется, может быть исследование зависимости скорости проходки стволов от производительности бурового оборудования.

В этой связи представляет интерес разработка методов исследований, соответствующего программного обеспечения, которые позволили бы служить в качестве инструментов изучения вопросов организации строительства.

Для проведения исследований нами разработана компьютерная программа, алгоритм которой представлен на рис. 1.

В качестве языка программирования избран Java [1], - объектно-ориентированный язык программирования, разработанный компанией Sun Microsystems (в последующем приобретен компанией Oracle).

Целесообразность такого выбора оправдывается следующими соображениями [1,2]. Программы на Java транслируются в байт-код, выполняемый виртуальной машиной Java - программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор.

Достоинством подобного способа выполнения программ является полная независимость байт-кода от операционной системы и оборудования, что позволяет выполнять Java-приложения на любом устройстве, для которого существует соответствующая виртуальная машина. Также особенностью технологии Java является гибкая система безопасности благодаря тому, что исполнение программы полностью контролируется виртуальной машиной.

Операции, которые превышают установленные полномочия программы вызывают немедленное прерывание.

Рассмотрим зависимость скорости проведения стволов, при прочих равных условиях, от эксплуатационной производительности бурового оборудования при следующих условиях: проходка осуществляется обычным способом с применением буровзрывных работ по совмещенной схеме. Стволы закреплены монолитным бетоном.

Для ствола диаметром в проходке  $D=6\text{м}$ , при площади поперечного сечения  $S=28,3\text{ м}^2$ , проходимого в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протождяконова  $f=12$  и эксплуатационной производительности (обозначим ее  $P$ ) бурового оборудования  $6\text{ м/ч}$  (рис. 1) имеет место скорость проходки горной выработки  $14,1\text{ м/мес}$  (примем ее за базовую для данных условий).

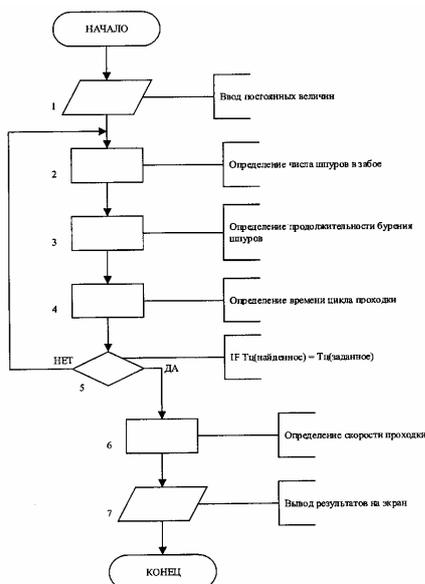


Рис. 1. Алгоритм разработанной программы

Переход к большей производительности средств бурения, при неизменных прочих условиях, увеличивает темпы проходки выработки. Так, например, при эксплуатационной производительности  $8\text{ м/ч}$  скорость проходки выработки возрастает до  $15,84\text{ м/мес}$ , при эксплуатационной производительности  $12\text{ м/ч}$  скорость увеличится до  $18,04\text{ м/мес}$ . Высокие уровни производительности бурового оборудования способствуют достижению заметно больших темпов проходки. Так, при  $P=24\text{ м/ч}$  скорость возрастет до  $20,9\text{ м/мес}$ .

Характер зависимости  $v$  от  $P$  для ствола  $D = 6\text{ м}$  при  $f=12$  может быть описан логарифмическим выражением  $v = 4,3027\text{Ln}(P) + 7,111$ .

Аналогичным образом рассмотрим зависимость  $v$  от  $P$  для данного ствола, но при увеличении  $f$  до  $18$  (рис. 2,3).

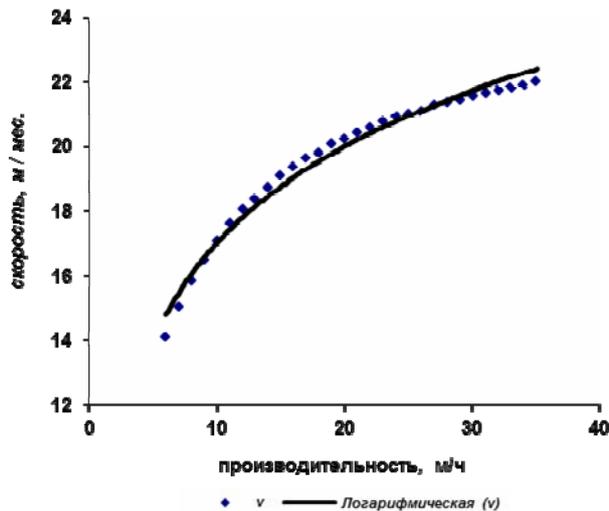


Рис. 1. Зависимость  $v$  от  $P$  для ствола  $D = 6$  м при  $f=12$

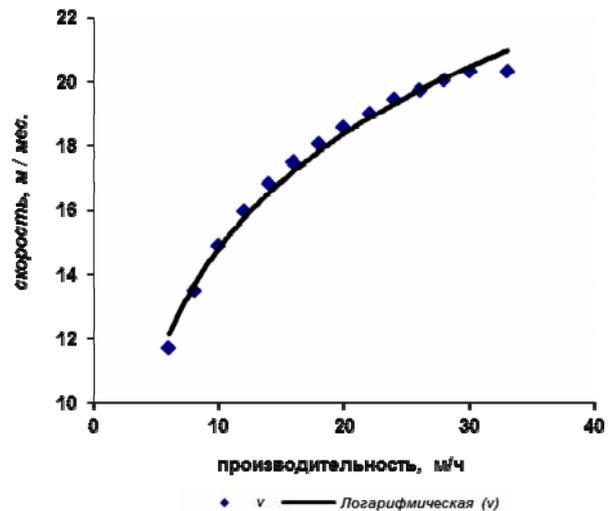


Рис. 3. Зависимость  $v$  от  $P$  для ствола  $D = 6$  м при  $f=18$

В этом случае при соответствующих значениях эксплуатационной производительности бурового оборудования будут иметь место более низкие скорости проходки, а общий характер зависимости  $v$  от  $P$  примет вид  $v=5,1741\text{Ln}(P)+2,8785$ .

Исследуем далее аналогичным образом влияние эксплуатационной производительности бурового оборудования на скорость проходки ствола  $D = 8$  м, имеющего площадь поперечного сечения  $S=50,2 \text{ м}^2$  при  $f=12$  и  $f=18$ . В этом случае в целом будут повторяться тенденции, отмеченные нами ранее для ствола  $D = 6$  м, но при меньших уровнях  $v$  для данных значений  $P$ .

Характер зависимости  $v$  от  $P$  для ствола  $D=8$  м при  $f=12$  и  $f=18$  может быть описан соответственно выражениями  $v=2,6461\text{Ln}(P)+5,1791$  и  $v=3,0919\text{Ln}(P)+2,8646$ .

Рассмотрим теперь степень изменения скорости проходки (обозначим  $\Delta$ ) ствола  $D=6$  м при переходе от  $f=12$  к  $f=18$ . При  $P=6$  м/ч скорость проходки ствола при  $f=12$  будет в 1,205 раза выше, чем при  $f=18$ .

Соотношение скоростей при более высоких значениях  $P$  будет постепенно уменьшаться. При достаточно больших значениях эксплуатационной производительности бурового оборудования соотношение скоростей проходки ствола существенно снизится, так, например, при  $P = 30$  м/ч оно составит 1,06 раза.

В общем случае соотношение скоростей проходки ствола  $D = 6$  м при  $f=12$  и  $f=18$  можно описать зависимостью  $\Delta=-0,0879\text{Ln}(P)+1,3549$ . В случае же  $D=8$  м при  $P=6$  м/ч  $\Delta=1,184$ ; при  $P=30$  м/ч  $\Delta=1,0598$ .

В общем виде зависимость соотношения скоростей для ствола  $D=8$  м выглядит как  $\Delta=0,0796\text{Ln}(P)+1,3182$ .

Исследуем изменение соотношения скоростей (обозначим  $Z$ ) при  $D=6$  м и  $D=8$  м при соответствующих уровнях коэффициента крепости пород. В то время как соотношение площадей сечения рассматриваемых стволов составляет 1,77 соотношение скоростей при  $f=12$  и  $P=6$  м/ч будет равно  $Z=1,47$ , а в случае  $P=30$  м/ч возрастет до  $Z=1,54$ . Сходная картина наблюдается и для случая  $f=18$ .

В общем виде изменение соотношения скоростей может быть описано выражениями  $Z=0,0028P+1,4722$  в случае  $f=12$  и  $Z=0,0034P+1,4431$  в случае  $f=18$ . Для наглядности сведем полученные ранее зависимости в табл. 1.

Отношение скорости проходки ствола при данном значении эксплуатационной производительности  $v_{pi}$  к скорости проходки ствола при предыдущем значении эксплуатационной производительности  $v_{pi}$  характеризует темп изменения скорости. Рост скорости проходки ствола  $D=6$  м при  $f=12$  вначале происходит сравнительно интенсивно (рис. 4а). Так, при увеличении производительности до 8 м/ч по сравнению с предыдущим ее показателем, т.е. 6 м/ч (обозначим этот случай как  $v_8/v_6$  скорость возрастает в 1,123 раза, при  $v_{10}/v_8$  рост будет уже меньшим - 1,077. При больших параметрах эксплуатационной производительности бурового оборудования

переход к каждому последующему ее значению приводит лишь к крайне незначительному увеличению скорости: при  $v_{30}/v_{28}$  оно составит 1,0084.

Исследуем вариант  $D=6$  м при  $f=18$ . В данном случае, как и в предыдущем, интенсивность возрастания скорости проходки ствола вначале относительно высока (рис. 4а). Так, при увеличении производительности до 8 м/ч по сравнению с предыдущим ее показателем скорость возрастает в 1,15 раза, при  $v_{10}/v_8$  рост будет уже меньшим - 1,105. При значительных параметрах эксплуатационной производительности бурового оборудования переход к каждому последующему ее значению также приводит лишь к небольшому увеличению скорости: при  $v_{30}/v_{28}$  оно составит 1,013.

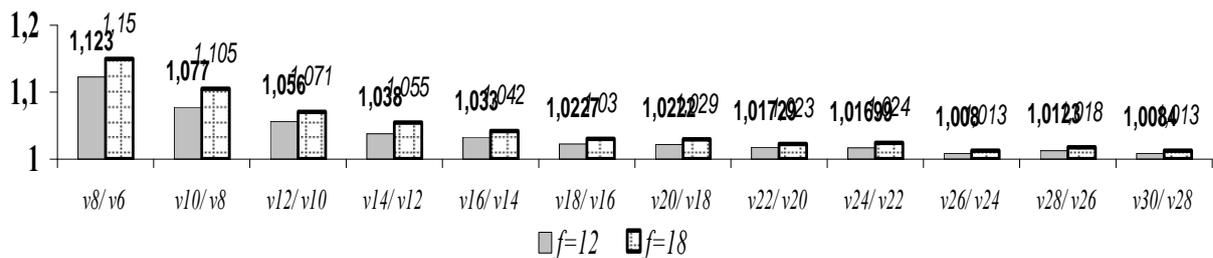
Сравнивая интенсивность роста скорости для  $f=12$  и  $f=18$  следует отметить, что в последнем случае она изменяется с более высоким темпом. Сходная картина имеет место и при  $D=8$  м.

Таблица 1

Зависимости скорости проходки ствола от производительности бурового оборудования

Параметр	Диаметр ствола в проходке, м	Коэффициент крепости пород, $f$	Зависимость	Диапазон изменений величин	Выводы
Зависимость $v$ от $P$	6	12	$v=4,3027\text{Ln}(P)+7,111$	При $P=6$ м/ч $v=14,1$ м/мес.; при $P=30$ м/ч $v=21,56$ м/мес.; $v_{30}/v_6=1,529$	Скорость проходки логарифмически зависит от производительности бурового оборудования. При росте $f$ снижается $v$ . Отношение скоростей, например, $v_{30}/v_6$ при более высоком $f$ выше
		18	$v=5,1741\text{Ln}(P)+2,8785$	При $P=6$ м/ч $v=11,7$ м/мес.; при $P=30$ м/ч $v=20,33$ м/мес.; $v_{30}/v_6=1,738$	
	8	12	$v=2,6461\text{Ln}(P)+5,1791$	При $P=6$ м/ч $v=9,59$ м/мес.; при $P=30$ м/ч $v=13,99$ м/мес.; $v_{30}/v_6=1,459$	
		18	$v=3,0919\text{Ln}(P)+2,8646$	При $P=6$ м/ч $v=8,1$ м/мес.; при $P=30$ м/ч $v=13,2$ м/мес.; $v_{30}/v_6=1,63$	
Соотношение скоростей при $f=12$ и $f=18$	6	-	$\Delta=-0,0879\text{Ln}(P)+1,3549$	При $P=6$ м/ч $\Delta=1,205$ ; при $P=30$ м/ч $\Delta=1,061$	При росте $P$ и увеличении $f$ с 12 до 18 соотношение скоростей $\Delta$ снижается
	8	-	$\Delta=-0,0796\text{Ln}(P)+1,3182$	При $P=6$ м/ч $\Delta=1,184$ ; при $P=30$ м/ч $\Delta=1,0598$	
Соотношение скоростей при $D=6$ м и $D=8$ м	-	12	$Z=0,0028 P+1,4722$	При $P=6$ м/ч $Z=1,47$ ; при $P=30$ м/ч $Z=1,54$	При увеличении $D$ с 6 до 8 соотношение скоростей $Z$ растет с увеличением $P$
	-	18	$Z=0,0034 P+1,4431$	При $P=6$ м/ч $Z=1,44$ ; при $P=30$ м/ч $Z=1,54$	

Анализируя темпы изменения скорости проходки ствола при переходе к каждому последующему значению производительности проходческого оборудования, следует указать, что для всех случаев они падают по мере увеличения производительности; при одинаковом диаметре ствола такие темпы выше при большем значении  $f$ . Отсюда вытекает вывод о том, что при большей крепости пород увеличение эксплуатационной производительности бурового оборудования способно в относительно большей степени влиять на скорость проходки и зона интенсивного влияния  $P$  на  $v$  в этом случае шире.



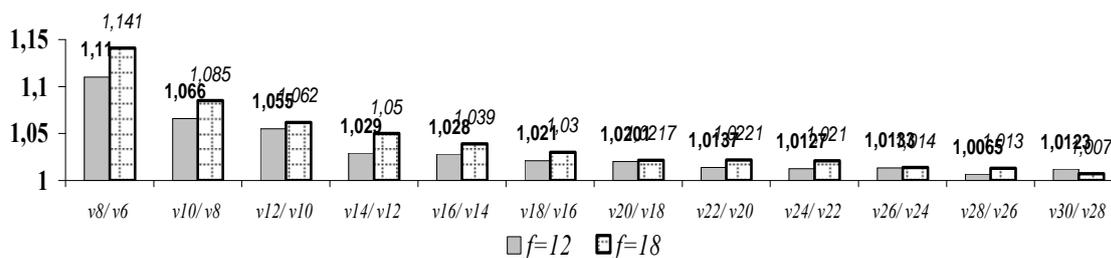


Рис. 4. Темп изменения  $v$  при каждом последующем  $P$ : а - при  $D = 6$  м; б - при  $D = 8$  м

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Таким образом, в ходе исследования изменения скорости проходки ствола от эксплуатационной производительности бурового оборудования установлены соответствующие зависимости, охватывающие широкий круг условий. Отмечено также, что, начиная с определенного момента, рост производительности средств бурения практически не приводит к увеличению темпов проходки ствола и дальнейшее наращивание усилий в этом направлении нецелесообразно.

В ходе дальнейших исследований было бы полезно рассмотреть вопрос о зависимости оптимальных организационных параметров сооружения протяженных выработок от различных факторов.

#### Список литературы

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Java>.
2. Герберт Шилдт. Java. Полное руководство. - М.: Вильямс, 2012. - 1104 с.

Рукопись поступила в редакцию 04.02.14

УДК 669.162.16

Д.А. КАССИМ, канд. техн. наук, доц.

МетИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА АГЛОМЕРАТА НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Выполнен анализ возможностей достижения высокого уровня технико-экономических показателей работы доменной печи объемом  $2700 \text{ м}^3$  при загрузке в печь высококачественного агломерата и прочного, мало истираемого кокса, совместно с применением технологии загрузки кускового антрацита, а также обеспечении температуры дутья на уровне  $1100 \text{ }^\circ\text{C}$  и давления газа под колошником до  $200 \text{ кПа}$ .

**Проблема и ее связь с практическими задачами.** Постоянные изменения в сырьевой базе коксования и производства железорудного сырья способствуют сохранению среди актуальных для исследования проблем вопрос оптимизации состава и качества шихтовых материалов для доменной плавки.

Наряду с повышением качества кокса наиболее эффективным мероприятием, позволяющим существенно улучшить технико-экономические показатели работы доменных печей, является улучшение металлургических свойств железорудной части доменной шихты.

**Анализ исследований и публикаций.** Агломерация остается доминирующим способом подготовки сырья к доменной плавке. Требования к качеству агломерата давно определены и практически не меняются. Это - максимально высокое содержание железа, минимальное количество вредных примесей, постоянство химического и гранулометрического составов, высокая восстановимость и газопроницаемость насыпной массы, высокая прочность и низкое содержание мелких фракций.

Из исследований Е.Ф. Вегмана известно, что наименьшей прочностью обладает агломерат основностью 1,3-1,4 [1]. По данным А.Н. Рамма [2] прочность офлюсованного агломерата минимальна в пределах изменения его основности от 0,9 до 1,4. Эти оценки подтверждены практикой при использовании офлюсованного агломерата разной основности. Так, например, по