

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ПРОХОДЧЕСКОГО ЦИКЛА НА ТЕМПЫ СООРУЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК В КРЕПКИХ ПОРОДАХ

Разработано соответствующее программное обеспечение и исследовано влияние крепости пород на скорость проходки горизонтальных выработок и формирующие ее факторы. Отмечено, что коэффициент крепости пород оказывает выраженное воздействие на число шпуров в забое выработки, удельный расход ВВ, общую массу заряда, что способно влиять на темпы проходки выработки, он также во многом определяет эксплуатационную производительность средств бурения и, следовательно, скорость ведения работ, что особенно наглядно в весьма крепких породах, где высока доля затрат времени проходческого цикла на бурение шпуров. Указано, в частности, что при возрастании скорости проходки выработки с 25 м/мес. до 50 м/мес., т.е. в 2 раза, требуемая для обеспечения такой скорости эксплуатационная производительность бурового оборудования должна увеличиться более интенсивно, в зависимости от условий, в 3,55-3,67 раза. Установлено также, что производительности средств погрузки оказывает в горизонтальных выработках менее сильное влияние на скорость проходки выработки. При двукратном возрастании производительности погрузочного оборудования скорость проходки выработки растет только в 1,09-1,19 раза.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Реконструкция железорудных шахт для поддержания их производственной мощности требует своевременного ввода в эксплуатацию большого объема различных горных выработок. В этой связи соблюдение заданных темпов проходки выработок является важной задачей организации работ.

Анализ исследований и публикаций. Проблеме развития Криворожского бассейна уделялось, в частности, внимание в работах [1,2]. Однако в них непосредственно не рассматривались вопросы организации проходческих работ.

Постановка задачи. С учетом отмеченного выше является актуальным исследование зависимости скорости проведения выработки от таких факторов, как крепость пересекаемых горных пород, производительность бурового и погрузочного оборудования. Целесообразно также разработать соответствующие методику и программное обеспечение для автоматизации исследований.

Изложение материала и результаты. Для эффективного хода процесса исследования нужно иметь программное обеспечение высокого качества, которое соответствует, в частности, следующим требованиям, связанным с характеристиками и атрибутами качества согласно ISO 9126:2001 [3,4]:

функциональность - способность программного обеспечения (ПО) решать задачи, нужны пользователям;

надежность - способность ПО поддерживать определенную работоспособность в заданных условиях.

удобство или практичность - способность ПО быть удобным в обучении и использовании, а также привлекательным для пользователей;

производительность - способность ПО при заданных условиях обеспечивать необходимую работоспособность относительно выделяемого для этого ресурсов. Можно определить ее и как отношение получаемых с помощью ПО результатов к затрачиваемых на это ресурсов всех типов;

удобство сопровождения - удобство проведения всех видов деятельности, связанных с сопровождением программ;

переносимость - способность ПО сохранять работоспособность при переносе из одного окружения в другое, включая организационные, аппаратные и программные аспекты окружения.

Таким образом, наиболее важной чертой создаваемого программного обеспечения является его функциональность, обусловленная сложностью и разнообразием решаемых задач горного производства, важное значение имеет и надежность продукта. Такие черты, как удобство, эффективность, удобство сопровождения, переносимость, также определяют качество программного обеспечения, являются важными, но менее значимыми в иерархии требований.

Возможность широкого использования программного обеспечения при решении задач горного производства является важным условием его эффективного функционирования, а степень такой эффективности в немалой степени зависит от качества программного обеспечения.

Для автоматизации исследований нами разработаны компьютерная программа на языке Java (рис. 1).

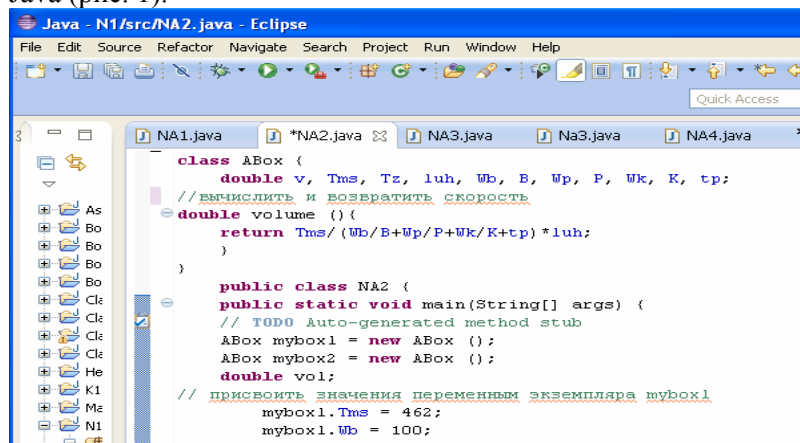


Рис. 1. Программа, включающая метод

Для исследования влияния крепости пород на темпы проходки горизонтальных выработок примем следующие условия. Проходка выработки, площадью поперечного сечения (здесь и далее) вчерне 16 м^2 , производится в обычных условиях буровзрывным способом. Бурение шпуров осуществляется буровой кареткой

СБКН-2М, погрузка породы - погрузочной машиной ППН-3 в вагоны емкостью до 4 м^3 с откаткой их электровозами. Крепление выработки - комбинированное, предусматривающее сочетание набрызгбетона и анкеров. Наибольшая скорость проходки выработки (рис. 2) наблюдается при минимальном значении коэффициента крепости пород, в рамках нами рассмотренного, и составляет $45,94\text{ м/мес.}$ (примем за 100%) при соответствующей глубине шпуров $2,61\text{ м}$. Рост коэффициента крепости пород приводит к уменьшению скорости проходки выработки, например, при крепости 9 она составит $36,26\text{ м/мес.}$ ($78,9\%$), при крепости 12 - $27,81\text{ м/мес.}$ ($60,54\%$). При возрастании коэффициента крепости пород до 15 скорость проходки будет составлять уже менее половины базового уровня, а именно $21,3\text{ м/мес.}$ ($46,36\%$), а при достижении значения крепости 17 сократится до $18,13\text{ м/мес.}$ ($39,46\%$).

Таким образом, при изменении коэффициента крепости пород от 6 до 17, расчетная скорость проходки горной выработки, как интегральный показатель различных факторов, сократится в 2,5 раза, что позволяет считать крепость пород определяющим параметром при организации работ.

В общем виде зависимость скорости проходки выработки v от коэффициента крепости пород f по шкале проф. М.М. Протодяконова с учетом величины достоверности аппроксимации R^2 может быть описано следующим выражением $v = -2,54f + 59,6$.

Исследуем далее зависимость скорости строительства выработки от изменения эксплуатационной производительности бурового оборудования. Проходка осуществляется в породах с коэффициентом крепости 16 по шкале проф. М.М. Протодяконова.

Согласно полученным результатам (рис. 2) при изменении эксплуатационной производительности бурового оборудования с 7 до 14 м/ч скорость проходки выработки возрастает соответственно с 17,6 до $28,34\text{ м/мес.}$ (в 1,61 раза), при изменении с 14 до 21 м/ч скорость увеличится до $36,26\text{ м/мес.}$ (в 1,28 раза), а при изменении с 21 до 28 м/ч скорость возрастет до $42,06\text{ м/мес.}$ (в 1,16 раза).

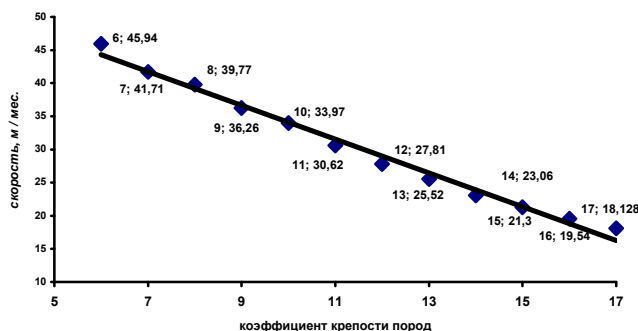


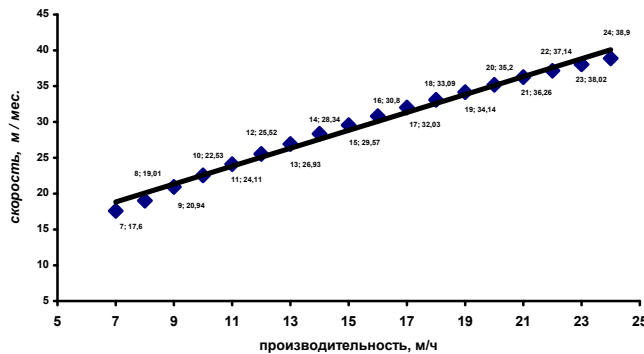
Рис. 2. Зависимость скорости проходки выработки от коэффициента крепости пород

По отношению к скорости проходки, наблюдающейся при эксплуатационной производительности бурового оборудования 7 м/ч, скорость проходки при эксплуатационной производительности 14 м/ч составит 161% , при 21 м/ч - 206% , при 28 м/ч - 239% .

Для достижения скорости проходки выработки 25 м/мес. в данном случае требуется эксплуатационная производительность бурового оборудования порядка $11,7\text{ м/ч}$ в то время как для скорости 50 м/мес. - 42 м/ч , т.е. для увеличения скорости проходки выработки в 2 раза требуется увеличить эксплуатационную производительность бурового оборудования в 3,59 раза.

Зависимость скорости проходки выработки от эксплуатационной производительности бурового оборудования при проведении ее в породах с коэффициентом крепости 16 по шкале проф. М.М. Протодяконова может быть описана выражением $v=1,25f+10,06$.

Рис. 3. Зависимость скорости проходки выработки от производительности бурового оборудования



пород с 12 до 20 по шкале проф. М.М. Протодяконова эксплуатационная производительность бурового оборудования, необходимая для поддержания скорости проходки выработки на уровне 25 м/мес, возрастает в 1,6 раза, а скорости 50 м/мес - в 1,56 раза.

Рассмотрим далее влияние эксплуатационной производительности погрузочного оборудования на скорость проходки (рис. 4).

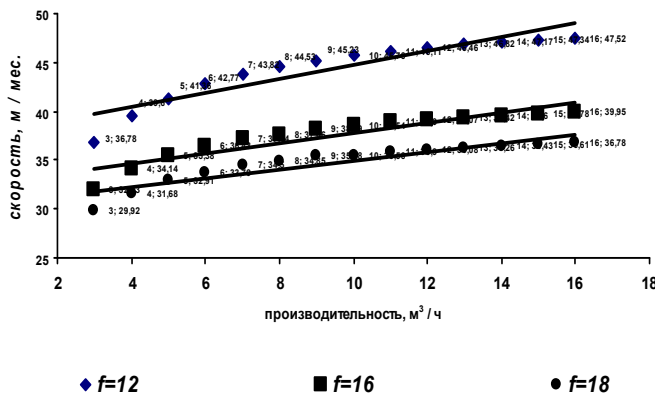


Рис. 4. Зависимость скорости проходки выработки от производительности погрузочного оборудования

При $f=12$ и эксплуатационной производительности погрузочного оборудования 3 м³/ч имеет место скорость проходки выработки 21,65 м/мес. При увеличении эксплуатационной производительности погрузочного оборудования происходит рост скорости проходки выработки. Например, при эксплуатационной производительности 6 м³/ч имеет место скорость проходки выработки 25,87 м/мес, при 12 м³/ч - соответственно 28,51 м/мес., а при производительности 15 м³/ч скорость составит 29,22 м/мес.

Зависимость скорости проходки выработки от эксплуатационной производительности погрузочного оборудования может быть описана следующими выражениями: при $f=12v=0,51f+22,1$; при $f=16v=0,39f+19,56$; при $f=18v=0,37f+18,3$.

При увеличении эксплуатационной производительности погрузочного оборудования в 2 раза по отношению к принятому нами базовому уровню, т.е. до 6 м³/ч, скорость проходки выработки возрастает на 19,5 %. При росте в 3 раза скорость проходки выработки возрастает на 27,6 % по отношению к базовой. Дальнейшее возрастание эксплуатационной производительности погрузочного оборудования, в 4 и 5 раз применительно к базовой приводит к росту скорости проходки соответственно на 31,7 и 35 %. Очевидно, что, по мере роста уровня эксплуатационной производительности средств погрузки, интенсивность возрастания скорости проходки выработки заметно снижается.

При увеличении f до 16 по шкале проф. М.М. Протодяконова скорость проходки выработки при соответствующих значениях эксплуатационной производительности погрузочного оборудования уменьшается. Так, например, при эксплуатационной производительности 3 м³/ч скорость проходки выработки сократилась до 19,18 м/мес, это в 1,129 раза меньше, по отношению к скорости, имевшей место при коэффициенте крепости пород $f=12$. Такое происходит из-за общего снижения скорости проходки, в первую очередь, за счет увеличения продолжительности буровзрывных работ.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, исследование влияния крепости пород на скорость проходки горизонтальных выработок и формирующие ее факто-

ры, позволяет сделать, в частности, следующие выводы: коэффициент крепости пород оказывает выраженное воздействие на число шпуров в забое выработки, удельный расход ВВ, общую массу заряда, что способно влиять на темпы проходки выработки, он также во многом определяет эксплуатационную производительность средств бурения и, следовательно, скорость ведения работ, особенно в весьма крепких породах, где высока доля затрат времени проходческого цикла на бурение шпуров.

В ходе исследования зависимости скорости проходки протяженных выработок горизонта от производительности бурового оборудования установлено роль этого фактора как наиболее значимого. Отмечено, в частности, что при возрастании скорости проходки выработки с 25 м/мес до 50 м/мес, т.е. в 2 раза, требуемая для обеспечения такой скорости эксплуатационная производительность бурового оборудования должна увеличиться более интенсивно, в зависимости от условий, в 3,55-3,67 раза.

Установлено также, что производительности средств погрузки оказывает значительно менее сильное влияние на скорость проходки выработки. При двукратном возрастании производительности погрузочного оборудования скорость проходки выработки растет только в 1,09-1,19 раза.

Дальнейшие исследования целесообразно распространить на изучение влияния различных факторов на производительность проходческого оборудования.

Список литературы

1. Колосов В.А., Близиуков В.Г., Салганик В.А. Этапы и проблемы развития Криворожского бассейна // Металлургическая и горнорудная промышленность.– 2000.– №6.– С. 55-57.
2. Воловик В.П., Домничев В.Н., Протасов В.П. Современное состояние и перспективы развития предприятий с подземным способом разработки железорудных месторождений Кривбасса // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. - № 5. – С.69 – 73.
3. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iso.org>.
4. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://en.wikibooks.org/wiki/Programming>.

Рукопись поступила в редакцию 04.02.14

УДК 621.313

О.М. СІНЧУК, д-р техн. наук, проф., Ю.Г. ОСАДЧУК, канд. техн. наук,
І.А. КОЗАКЕВИЧ, викладач, Криворізький національний університет

АНАЛІЗ СТРУМУ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ БЕЗДАТЧИКОВОГО КЕРУВАННЯ

Бездатчикове векторне керування дозволяє отримати високі показники якості керування без встановлення на вал машини додаткових вимірювальних засобів. Основою функціонування подібних систем є способи непрямої ідентифікації кутової швидкості та поточкозчеплення двигуна. В залежності від застосовуваних методик проектування ідентифікуючої частини приводу змінюються показники точності у заданому діапазоні керування. Існуюча класифікація передбачає наявність двох підходів, перший з яких базується на використанні ідеалізованої математичної моделі двигуна, а другий – на використанні анізотропних властивостей. Використання ідеалізованої математичної моделі не дозволяє реалізувати високу точність ідентифікації кутової швидкості при роботі у нижній частині діапазону керування, що призводить до необхідності його обмеження. У статті розглянуто спосіб бездатчикового векторного керування з ідентифікацією невимірюваних змінних стану на основі використання струму нульової послідовності для асинхронних двигунів, обмотки яких з'єднано у трикутник. Сигнал струму нульової послідовності дозволяє визначати кутові положення основної анізотропної властивості двигуна, а відслідковування цього положення у часі дозволяє ідентифікувати кутову швидкість без її безпосереднього виміру. Шляхом всебічного дослідження розробленої системи доведено, що такий спосіб дозволяє створювати системи, що мають високий діапазон керування частоти обертання двигуна.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Бездатчикове векторне керування [1] асинхронними двигунами передбачає відсутність будь-яких датчиків на валу та всередині машини, використовуючи оцінювання відповідних змінних стану приводу на основі математичної моделі. При цьому більшість існуючих способів бездатчикової оцінки базуються на використанні ідеалізованої математичної моделі асинхронного двигуна, що призводить до суттєвих проблем при роботі на низьких частотах обертів. Саме через це для синтезу систем з