**Международная Объединенная Академия Наук
Межрегиональный Гуманитарно-Технический Университет**

Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук

Сборник научных трудов

**по материалам
XXII международной научной конференции**

12 мая 2019 г.

Санкт-Петербург 2019

УДК 501
ББК 30

Н34

Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук.
Сборник научных трудов по материалам XXII международной
научно-практической конференции 12 мая 2019 г. Изд. ЦНК МОАН,
2019. – 68с.

SPLN 001-000001-0453-TT
DOI 10.18411/spc-12-05-2019
IDSP sciencepublic-12-05-2019

В сборнике научных трудов собраны материалы из различных областей научных знаний. В данном издании приведены все материалы, которые были присланы на XXII международную научно-практическую конференцию
Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

Все материалы, размещенные в сборнике, опубликованы в авторском варианте. Редакция не вносила коррективы в научные статьи. Ответственность за информацию, размещенную в материалах на всеобщее обозрение, несут их авторы.

Информация об опубликованных статьях будет передана в систему ELIBRARY и наукометрическую базу SPINDEX

Электронная версия сборника доступна на сайте ЦНК МОАН. Сайт центра: conf.sciencepublic.ru

УДК 501
ББК 30

SPLN 001-000001-0453-TT

<http://conf.sciencepublic.ru>

Содержание

РАЗДЕЛ I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	5
Думанов П.А. Моделирование системы производства программного обеспечения.....	5
 РАЗДЕЛ II. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	 10
Андрианова Л.П., Кабашов В.Ю., Зиятдинов Д.Р. Измерительно-вычислительное устройство для идентификации однофазного замыкания на землю в электрической сети 10 кВ с изолированной нейтралью	10
Виноградов Е.А. Оценка результатов хронометража работы погрузо-доставочных машин на системах разработки с торцевым выпуском руды.....	13
Гайнутдинов А. Ф., Хуснутдинов Р.Р. Модернизация оборудования открытых распределительных устройств 35-110 кВ	16
Гарифуллин Р.Я. Способ очистки теплообменного оборудования	17
Жариков И.Ф. К вопросу о рациональном выборе параметров дробилок для условий ЦПТ.....	20
Кетов Ю.А. Ресурсный потенциал отходов стекла, как основа для выбора экономически обоснованной технологии вторичного использования	22
Ковальский Е.Р., Карпов Г.Н. Проблемы повышения полноты извлечения минерального сырья из недр	23
Ковальский Е.Р. Обоснование параметров технологических схем селективной выемки запасов IV калийного горизонта Старобинского месторождения.....	29
Красильников Е.А., Волкова К.Ю. Актуальность использования устройств для мониторинга и контроля параметров окружающей среды, опасных веществ в бытовых, промышленных помещениях	33
Лейсле А.В. Блок-схема обоснования безопасных параметров систем разработки месторождений в сейсмически активных районах	36
Мартюченко И. Г., Бекеров В. Э. Обратная засыпка траншей мерзлым грунтом.....	41
Мусаев А.А., Иниваткин А.А. Прогнозирование состояния нестационарных процессов на основе выявления и обработки ситуаций-аналогов	43
Мусаев А.А., Фенин М.М. Робастификация алгоритмов регрессионного анализа в задачах оценивания изменения состояния нестационарных систем.....	47
Оселедцева И.В., Якуба Ю.Ф., Резниченко К.В. Контроль качества коньячных дистиллятов на основе соотношения спиртов брожения	51

Сорокин В.А., Крупский А.А. Разработка технологического процесса вертикального прессования брикетов с выдержкой времени под давлением..... 55

Шариков Ю.П. Оптимизация механических колебательных систем сельскохозяйственного оборудования 59

РАЗДЕЛ III. ХИМИЯ..... 61

Мамедова Ф.С., Аббасов А.Д. Гидрохимические особенности и перспективы использования подземных вод Нахчыванской автономной республики 61

РАЗДЕЛ I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Думанов П.А.

Моделирование системы производства программного обеспечения

Кубанский Государственный Технологический Университет

(Россия, Краснодар)

doi:10.18411/spc-12-05-2019-01

idsp: sciencepublic-12-05-2019-01

Производство ПО (программного обеспечения) – сложный многоэтапный процесс, требующий большого количества специалистов различного профиля. И естественной является практика выделения из общего штаба сотрудников более мелких структурных единиц – подразделений, специализирующихся на том или ином этапе процесса производства ПО.

Разработка – подразделение, в котором сосредоточены специалисты, занимающиеся непосредственно написанием кода.

Специалисты по обеспечению качества дают заключение о завершенности и готовности к эксплуатации разрабатываемого продукта (либо его части), а также обнаруживают дефекты и недочеты, контролируют их исправление силами Разработки.

В подразделении Интеграции сосредоточены специалисты, занимающиеся интеграцией программных модулей, настройкой интерфейсов взаимодействия и наладкой тестовой среды.

Также существует потребность в анализе документации, составлении требований для проведения тестирования, чем занимается Тестовая модель.

Все работы каждого из подразделений ведутся в рамках соответствующих задач, имеющих дату начала и завершения, а также выделенное на проведение работ количество часов.

Процесс тестирования разрабатываемого ПО, как правило, заключается в прохождении специалистами обеспечения качества тестовых случаев – формально описанных алгоритмов, созданных для проверки получения определенного результата в работе программы на определенных тестовых данных. Написание тестовых случаев находится в зоне ответственности Тестовой модели.

Рисунок 1. Схема процессов производства ПО.

Тестовый случай может находиться в одном из следующих состояний, выделенных на рисунке зелёным цветом (рис.1):

- Активен – тестовый случай готов для прохождения. При экстренном изменении кода разрабатываемого функционала в процессе тестирования, тестовый случай может быть сброшен в активное состояние из другого статуса;

- В процессе – специалист по обеспечению качества приступил к прохождению;
- Ошибка – во время прохождения тестового случая был обнаружен дефект в работе программы;
- Заблокирован – дефект, обнаруженный при прохождении другого тестового случая, мешает прохождению этого;
- Успешно – прохождения тестового случая завершено без ошибок.

Ошибка, обнаруженная в результате прохождения тестового случая, должна быть задокументирована в виде сущности «Дефект», содержащей детальное описание ошибки, тестовые данные, на которых она была получена, шаги для воспроизведения и, в случае необходимости, дополнительные материалы – снимки экрана и файлы регистрации систем (log-файлы).

Созданные дефекты назначаются специалистом обеспечения качества на подразделения из поддержки тестирования – Разработки, Тестовой модели или Интеграции с целью их исправления.

Дефект может находиться в одном из следующих состояний, выделенных на рисунке красным цветом (рис.1):

- Обнаружен - специалист обеспечения качества оформил сущность дефект, назначив его на соответствующее подразделение;
- Принят – специалист из соответствующего подразделения поддержки тестирования взял дефект в работу;
- Переназначен - специалистом из поддержки тестирования принято решение о том, что исправление дефекта возможно другим специалистом (в том числе – из другого подразделения);
- Отвергнут – специалисту из поддержки тестирования не удаётся воспроизвести дефект в связи с ошибкой автора дефекта либо устаревшими тестовыми данными;
- Исправлен - дефект устранен и ожидает ретеста;
- Ретест - проверка специалистом обеспечения качества исправления дефекта на тех же тестовых данных, что и при обнаружении;
- Закрыт – отсутствие ошибки подтверждено;
- Возвращен – отрицательный ретест, требуются дополнительные работы со стороны поддержки тестирования.

Разработка и тестирование – поэтапный процесс, разбитый на итерации (спринты, релизы), подразумевающие реализацию определенной порции функционала разрабатываемой системы. Однако в рамках одной итерации регрессионное тестирование, функциональное тестирование, починка дефектов и разработка нового функционала ведутся параллельно (рис.2).

Рисунок 2. Схема работ внутри итерации (спринта).

Данная схема диктует необходимость в жестком соблюдении сроков внутри этапов, поскольку несвоевременные правки функционала предыдущих спринтов могут оказать влияние на регресс и потребуют отката и повторного прохождения тестовых случаев, что, в свою очередь, негативно скажется на сроках и качестве тестирования текущего спринта.

Основным риском является несоблюдение, и, как следствие – смещение сроков, что требует дополнительных трудовых и, следовательно, финансовых затрат. Однако локализация источника риска – крайне сложная задача в условиях столь комплексной динамической системы.

В процессе задействовано большое количество подразделений со своей иерархией и руководством. И у каждого подразделения собственная специфика управления и ведения отчетности, что в результате ведет к разрозненности информационного пространства подразделений, невозможности оценить общую картину состояния системы производства ПО, несвоевременным или неверным управленческими решениями и, как следствие – несоблюдению сроков, финансовым потерям.

Одним из основных источников рисков является неграмотное планирование процесса разработки. Процесс планирования подразумевает расчет необходимого количества итераций и распределение внутри них количества реализуемых пользовательских историй (User Story).

Пользовательские истории (U.S.) — способ описания требований к разрабатываемой системе, сформулированных как одно или более предложений на повседневном или деловом языке пользователя. Одна пользовательская история описывает изолированную часть разрабатываемого функционала (Например, «Я как Пользователь хочу осуществлять авторизацию в системе», «Я как Администратор хочу осуществлять настройку языка интерфейса»). Пользовательские истории могут серьезно различаться по трудоемкости реализации.

На этапе планирования необходимо обозначить, какие пользовательские истории будут реализованы в рамках того или иного спринта. Однако неверная оценка трудоемкости реализации пользовательских историй или необходимого количества спринтов могут привести к излишней нагрузке на команду разработки и несоблюдению сроков.

Также, в случае, когда разработка не успевает реализовать одну или несколько U.S. в рамках текущего спринта, их откладывают на следующий спринт, либо планируют «горячие правки» - реализацию нескольких, часто не связанных друг с другом U.S., вне спринтов. Такая мера крайне негативно сказывается на общем процессе производства ПО, поскольку требует привлечения сотрудников обеспечения качества, занятых плановыми работами над текущим спринтом, для дополнительного функционального тестирования и повторного прохождения регрессионных тестов в рамках нескольких прошедших спринтов.

Процесс планирования осуществляется со стороны Разработки, а разрозненность подразделений не позволяет взять в расчет время, необходимое на проведение работ прочими подразделениями. Также проблема коммуникации подразделений распространяется и на процессы, следующие за планированием. Часты случаи, когда информацию об изменении требований к системе уже в процессе реализации получает лишь Разработка, что ведет к лишним работам на стороне Обеспечения Качества по тестированию функционала, который будет изменен или упразднен вовсе. Либо же напротив – Разработка не обладает информацией о процессе тестирования, и своевременное решение о выделении дополнительных сил на исправление неожиданно большого количества дефектов не может быть принято.

Исходя из вышесказанного, можно выделить следующие проблемы:

- Низкий уровень наблюдаемости рабочего процесса в рамках задач конкретного подразделения в разрезе всей системы производства ПО;
- Низкий уровень наблюдаемости жизненного цикла тестовых случаев в разрезе всей системы производства ПО;
- Низкий уровень наблюдаемости жизненного цикла дефектов в разрезе всей системы производства ПО.

Существует необходимость в мониторинге и анализе всей системы производства ПО в целом, с целью управления рисками. Для решения данной задачи может быть использована модель системы производства ПО, состоящая из следующих элементов:

- Задача. Данная сущность необходима для повышения уровня наблюдаемости рабочего процесса в рамках задач конкретного подразделения и обладает такими атрибутами, как дата начала работ, дата завершения работ, количество часов, выделенное на проведение работ, количество часов, потраченное на проведение работ и оставшееся количество часов.
- Граф жизненного цикла дефектов. Вершины графа соответствуют статусам, в которых может находиться дефект, а ребра, связывающие вершины, соответствуют возможности перехода между статусами.
- Дефект. Маркер, соответствующий конкретному дефекту и находящийся в вершине графа жизненного цикла дефектов в зависимости от текущего статуса. Данная сущность необходима для повышения уровня наблюдаемости жизненного цикла дефектов в разрезе всей системы производства ПО. Имеет идентификатор, название, приоритет, место возникновения, способ обнаружения, дату обнаружения, дату закрытия и связи с тестовыми случаями (тестовый случай, в результате которого был создан дефект, и заблокированные дефектом тестовые случаи).
- Граф жизненного цикла тестовых случаев. Вершины графа соответствуют статусам, в которых может находиться тестовый случай, а ребра, связывающие вершины, соответствуют возможности перехода между статусами.
- Тестовый случай. Маркер, соответствующий конкретному тестовому случаю и находящийся в вершине графа жизненного цикла тестовых случаев в зависимости от текущего статуса. Данная сущность необходима для повышения уровня наблюдаемости жизненного цикла тестовых случаев в разрезе всей системы производства ПО. Имеет такие атрибуты, как идентификатор, название, время начала прохождения, время перевода в статус «Успешно».

Цель анализа данной модели – минимизация времени разработки:

$$T = f(p_1, p_2, \dots, p_n), T \rightarrow \min, \quad (1)$$

где T – время, необходимое на проведение работ всеми подразделениями;

$f(p_1, p_2, \dots, p_n)$ – n -арная функция оценки времени T .

$p_1 - p_n$ – параметры, оказывающие влияние на время разработки. К таким параметрам относятся:

- k – количество человек, задействованных в работах в том или ином подразделении.
- t_c – среднее (медианное) время прохождения тестового случая (возможность классификации трудоемкости прохождения тестовых случаев по признаку трудоемкости).
- b_f – среднее (медианное) количество функциональных дефектов на спринт.
- b_r – среднее (медианное) количество регрессионных дефектов на спринт.

- a – отношение количества исправленных за день дефектов к количеству сотрудников, задействованных в их исправлении.
- t_w - среднее (медианное) время взятия дефекта (функционального и регрессионного) в работу тем или иным подразделением.
- t_b - среднее (медианное) время решения дефекта (функционального и регрессионного).
- c - средняя (медианная) цикличность дефекта – количество переводов дефекта в статус «Ретест».
- t_d - среднее (медианное) время, необходимое на реализацию порции функционала в разрезе «Условный Балл Сложности Пользовательской Истории – Человеко-час».
- l - прогресс тестирования – отношение процента пройденных тестовых случаев (в статусе «Успешно»/Всего в наборе) к проценту завершенности спринта (прошедшее время/отведенное время).

Таким образом, двухграфная модель системы производства программного обеспечения позволит сократить общее время, необходимое на проведение работ, за счет повышения уровня наблюдаемости жизненных циклов дефектов и тестовых случаев, что повлечет за собой своевременность эскалации проблем и принятия верных управленческих решений вне зависимости от подразделения. Накопление статистической информации о значениях параметров, оказывающих влияние на время разработки, обеспечит возможность расчета прогнозного времени, необходимого на проведение работ, что позволит внести соответствующие корректировки в план работ на начальных этапах.

1. Рубин К. Основы Scrum: Практическое руководство по гибкой разработке ПО. — М.: «Вильямс», 2016. — С. 544.
2. Котов В. Е. Сети Петри. — М: Наука, 1984. — 160 с.
3. Лельчук А. Л. Актуарный риск-менеджмент. — Москва: Анкил, 2014. — 424 с.

РАЗДЕЛ II. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Андрианова Л.П., Кабашов В.Ю., Зиятдинов Д.Р

Измерительно-вычислительное устройство для идентификации однофазного замыкания на землю в электрической сети 10 кВ с изолированной нейтралью

*Баширский государственный аграрный университет
(Россия, Уфа)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-02

idsp: sciencepublic-12-05-2019-02

Аннотация

Приведены алгоритм и структура измерительно-вычислительного устройства для оперативной идентификации однофазного замыкания на землю и определения места повреждения методом разряда емкости поврежденной фазы в электрической сети 10 кВ с изолированной нейтралью.

Ключевые слова: электрическая сеть, однофазное замыкание на землю, контролируемые параметры, алгоритм идентификации, измерительно-вычислительное устройство.

Алгоритм оперативной идентификации однофазного замыкания на землю и определения места повреждения в сети 10 кВ при разряде емкости поврежденной фазы иллюстрируется на основе схемы замещения электрической сети с изолированной нейтралью с замыканием на землю фазы А в точке $K^{(1)}$ (рисунок 1, а), где показаны E_A , E_B , E_C – ЭДС вторичной обмотки трансформатора, C_A – Сосредоточенная емкость поврежденной фазы, C_B , C_C – сосредоточенные емкости неповрежденных фаз, $3i_{оп}^{(1)}$ – суммарный ток переходного процесса (ток нулевой последовательности) [1].

Рисунок 1 – Переходный процесс при замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью

Сущность метода идентификации однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) при разряде емкости поврежденной фазы заключается в выявлении фазы линии с поврежденной изоляцией, замкнувшейся на землю; измерении на ней параметров переходного процесса и вычислении расстояния от подстанции до места замыкания по алгоритму с помощью ЭВМ.

Выявление фазы линии с поврежденной изоляцией, замкнувшейся на землю, осуществляется устройством контроля тока замыкания на землю при появлении ударного тока $I_{уд}$ (рисунок 1, б).

Измеряемыми параметрами переходного процесса на поврежденной линии являются мгновенные значения переходного процесса тока и напряжения, следующие друг за другом максимальные амплитудные значения тока замыкания на землю,

максимальное значение напряжения нейтрали и собственная частота переходного процесса.

Расстояние до места ОЗЗ при разряде емкости поврежденной фазы вычисляется по алгоритму [2]

$$l_k = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{u - i \frac{U}{I_{m1}} \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}}{\frac{di}{dt}}, \quad (1)$$

где L_0 – погонная индуктивность поврежденной линии, постоянная величина, зависящая от материала линии, Гн/км;

u – мгновенное значение напряжения на нейтрали, В;

i – мгновенное значение тока в момент повреждения, А;

U – напряжение на нейтрали, В;

I_{m1}, I_{m2} – амплитудные значения токов, следующих друг за другом на поврежденной линии, А.

Реализация алгоритма (1) осуществляется с помощью измерительно-вычислительного устройства (рисунок 2) [1, 4].

Рисунок 2 – Схема устройства для определения места повреждения

В состав измерительно – вычислительного устройства входят датчики токов А1, А2, А3 соответственно фаз А, В и С, фильтр тока нулевой последовательности 1, датчик напряжения и фильтр цепи напряжения 2, фильтр цепи тока 3, инвертор 4, компаратор 5, сумматор 6, анализатор 7.

Датчики токов А1, А2, А3 предназначены для преобразования первичных токов до значений I_A, I_B, I_C , удобных для измерения. В качестве датчиков токов используются трансформаторы тока, тип которых выбирается в зависимости от их полной погрешности и расчетного значения тока нагрузки линии электропередачи. Фильтр тока нулевой последовательности ANZ служит для выделения тока замыкания на землю (утроенного значения тока нулевой последовательности $3I_0$) из токов нагрузки. Фильтр тока нулевой последовательности 1 представляет собой параллельно соединенные вторичные обмотки датчиков тока. Датчик напряжения V преобразует первичное напряжение сети до значения U_N , удобного для измерения и представляет собой вторичную обмотку трансформатора напряжения, соединенную по схеме разомкнутого треугольника. В качестве датчика напряжения V используется трансформатор напряжения, выбираемый в зависимости от погрешности коэффициента напряжения и номинального напряжения электрической сети. Фильтр цепи напряжения UZ представляет собой Т – образный RC фильтр, который подавляет напряжение промышленной частоты и пропускает высшие гармонические составляющие напряжения. Фильтр цепи тока AZ, подавляет ток промышленной частоты и пропускает гармонические составляющие высших частот тока без затухания, представляет собой Т – образный RC фильтр. Инвертор 4 предназначен для инвертирования сигнала тока с помощью операционных усилителей. Компаратор К строится на операционных усилителях и служит для измерения собственной частоты переходного процесса. Сумматор Σ служит для суммирования высших гармонических составляющих тока и

напряжения и строится на основе операционных усилителей. В качестве анализатора 7 может использоваться персональный компьютер РС либо самостоятельный контроллер.

Отфильтрованные с помощью фильтра UZ мгновенные значения напряжения переходного процесса на нейтрали u поступают на первый вход сумматора Σ . На второй вход сумматора Σ поступает отфильтрованное и инвертированное мгновенное значение тока замыкания на землю i , например фазы А.

Сумматор Σ осуществляет разность мгновенных значений напряжения на нейтрали и поврежденной фазы

$$u - i \frac{U}{I_{m1}} \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}, \quad (2)$$

реализуя числитель алгоритма (1).

Знаменатель алгоритма (1) di/dt реализуется на основе результата измерения собственной частоты переходного процесса ω .

Персональный компьютер РС производит обработку поступившей информации с сумматора Σ и компаратора К в соответствии с алгоритмом (9), то есть выделяет действующее значение напряжения нейтрали U и следующие друг за другом максимальные амплитуды тока I_{m1}, I_{m2} , по которым вычисляется декремент затухания переходного процесса

$$\Delta = \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}, \quad (3)$$

после чего определяется расстояние до места повреждения l_k с учетом погонной индуктивности L_0 , занесенной предварительно в базу данных.

В состав контрольно – измерительной аппаратуры входят измерительные трансформаторы тока типа ТОЛ-10 и напряжения типа НАМИ-10-У2, выполняющие функции датчиков тока А1, А2, А3 и напряжения V, цифровой осциллограф типа PCS-64i, выполняющий функции блоков UZ, AZ, инвертора и компаратора. При этом функцию сумматора Σ и обработку измеренных параметров переходного процесса выполняет ЭВМ.

Погрешность определения места повреждения зависит от классов точности используемых трансформаторов тока и напряжения, цифрового осциллографа и точности обработки вычислительных процедур на ЭВМ.

Учитывая то, что обработка информации на ЭВМ численными методами проводится с относительной погрешностью, не превышающей 10^{-6} , использование цифрового осциллографа дает погрешность не выше 10^{-4} , то основная погрешность будет определяться классами точности измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Опытная проверка алгоритма идентификации ОЗЗ на основе разряда емкости поврежденной фазы проведена в ООО «Энергетические системы» на воздушной линии 10 кВ длиной 12 км, с использованием трансформаторов тока серии ТОЛ-10 класса точности 0,2 %, трансформатора напряжения серии НАМИ-10-У2 класса точности 0,2 %, цифрового осциллографа типа PCS-64i и ЭВМ типа PentiumIV.

В результате проверки получены результаты измерения расстояния до места ОЗЗ в режиме замыкания на землю фазы А в двух точках при удаленности от шин подстанции 3 и 6 км:

- а) 3 км, $\Delta = \pm 4,8$ м, $\delta = 0,16\%$;
- б) 6 км $\Delta = \pm 10,2$ м, $\delta = 0,17\%$.

Так как обработка информации происходит в реальном масштабе времени с помощью цифрового осциллографа и ЭВМ, то быстродействие метода определяется длительностью переходных процессов токов и напряжений в электрических сетях, и составляет единицы миллисекунд.

Для данного примера, время определения расстояния до места повреждения при удаленности от шин подстанции в 6 км составило 8 мс.

Выводы:

1. Использование измерительно-вычислительного устройства для идентификации ОЗЗ методом разряда емкости поврежденной фазы, позволяет

обслуживающему персоналу подстанции оперативно обнаруживать режим ОЗЗ, определять расстояние от подстанции до места повреждения с высокой точностью, обеспечивая надежное бесперебойное электроснабжение потребителей.

2. Измерительно-вычислительное устройство реализовано на основе стандартной контрольно-измерительной аппаратуры со встроенным программным обеспечением, позволяющее анализировать переходные процессы в режиме ОЗЗ и рассчитывать расстояние до места повреждения и отображать информацию на мониторе ЭВМ.

3. Учитывая то, что разряд емкости поврежденной фазы сопровождается большим ударным током и колебательным переходным процессом, то этот метод рекомендуется применять в электрических сетях 10 кВ, как с равномерной, так и с резко неравномерной длиной линий электропередач.

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи.- М.: Высш. шк., 1996.- 638с.
2. Патент № 55153 РФ, МПК G01R 31/08. Устройство для определения места повреждения электрической сети напряжения 6(10)-35 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью // Андрианова Л.П., Байбурин Э.Р. // Опубликовано: 27.07.2006 Бюл. № 21.
3. Свидетельство № 2006612478. Моделирование переходных процессов для определения места однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) электрической сети напряжения 6(10)-35 кВ // Андрианова Л.П., Байбурин Э.Р. // Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 12.07.2006.
4. Information and Computer Complex for Identification of Single-Phase EarthFaults in Electric Networks of 6-10 kV / Lyudmila P. Andrianova, Eduard R. Bayburin, Ildar I. Gabitov, Rustam R. Galiullin, Vladimir Yu. Kabashov, Andrey V. Linenko, Dmitriy P. Yukhin and Rinat B. Yarullin Journal of Engineering and Applied Sciences Year: 2018| Volume: 13 |Issue: 9 SI | Page No.: 7141-7149

Виноградов Е.А.

Оценка результатов хронометража работы погрузо-доставочных машин на системах разработки с торцевым выпуском руды

*Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-03

idsp: sciencepublic-12-05-2019-03

Задачей проведения хронометража являлось определение времени циклов работы различных моделей ПДМ, представленных в техническом парке рудника и установление временных затрат на выполнение основных операций по доставке руды, а также перемещение негабарита. Для решения поставленной задачи был проведен хронометраж работы следующих машин: CAT R1600G, CAT R2900G, Atlas Copco ST1030.

Результаты замеров работы ПДМ R1600G при плече доставки руды 260 м сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Номер замера	Загрузка	Движение груженым	Разгрузка	Движение порожним	Время цикла
1	24	149	11	139	323
2	20	153	9	140	322
...	...	...	...	...	...
22	26	163	8	143	340
23	36	172	8	146	362

Для анализа хронометража доставки руды была построена диаграмма равномерности, представленная на рисунке 1. При подробном рассмотрении привлекает внимание большая неравномерность погрузки отбитой руды, наиболее

вероятной причиной которой может являться некачественное дробление руды при отбойке.

Рисунок 1.

Среднее время с разбивкой по составляющим цикла приведено в таблице 2, также добавлены результаты хронометража работы других ПДМ.

Таблица 2.

Модель	Средние показатели процессов цикла						
	Загрузка	Движение груженым	Разгрузка	Движение порожним	Время цикла	Скорость груженого (км/ч)	Скорость порожнего (км/ч)
CAT R1600G	33.21	162	9.21	142.04	346.47	5.77	6.58
CAT R2900G	55.44	50.33	15.77	56.88	178.44	14.30	12.65
EPIROC ST 1030	5.26	76.78	4.65	56.21	142.91	7.97	10.88

Распределение времени цикла доставки руды приведено на рисунке 2.

Рисунок 2.

При проведении хронометража доставка руды до рудоспуска прерывалась, для перемещения негабарита до ниши (плечо транспортировки 75-150м) с целью дальнейшего дробления накладными зарядами ВВ.

При анализе составляющих цикла уборки негабарита удельное время погрузки и разгрузки составляет 30% от общего времени цикла. На время уборки негабарита ключевое влияние оказывает его размер и мастерство машиниста ПДМ, влияние квалификации машиниста на производительность работы оборудования отмечалось неоднократно различными авторами [1-3].

Выводы

1. ПДМ CAT R2900G показывает наивысшую скорость движения вовремя доставки руды по результатам хронометража.

2. При анализе уборке негабарита прослеживаются наименьшие отклонения временных затрат на загрузку и разгрузку негабарита у ПДМ CAT R2900G, одновременно демонстрируя наихудшие показатели по продолжительности черпания руды, что объясняется наибольшей грузоподъемностью среди рассматриваемых ПДМ.

Также при анализе результатов хронометража следует учитывать различное состояние режущей кромки ковша, квалификацию машиниста, качество дорожного покрытия, количество поворотов, размер куса отбитой руды и другие переменные факторы оказывающие прямое воздействие на время цикла и производительность ПДМ.

Отслеживание основных параметров доставки руды, с последующей оценкой факторов, влияющих на производительность, позволит оптимизировать процесс доставки как с технологической точки зрения, так и с экономической.

1. Michalak A. et al. Condition Monitoring for LHD Machines Operating in Underground Mine—Analysis of Long-Term Diagnostic Data //Proceedings of the 27th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection-MPES 2018. – Springer, Cham, 2019. – С. 471-480.
2. Shelswell K. J., Labrecque P. O., Morrison D. M. Increasing productive capacity in block caving mines //Proceedings of the Fourth International Symposium on Block and Sublevel Caving. – Australian Centre for Geomechanics, 2018. – С. 107-118.
3. Скорняков Ю.Г. Системы разработки и комплексы самоходных машин при подземной добыче руд. Москва: Недра, 1978. 232 с.

Гайнутдинов А. Ф., Хуснутдинов Р.Р.

Модернизация оборудования открытых распределительных устройств 35-110 кВ

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
(Россия, Казань)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-04

idsp: sciencepublic-12-05-2019-04

Интеллектуальные или «умные» сети представляют собой электрические магистральные и распределительные сети, наделенные способностью бесперебойно поставлять электроэнергию и обладающие максимальной экономической эффективностью. Другими словами, это сети с такими свойствами, как самодиагностика и самовосстановление, которые способны автоматически обнаруживать самые слабые участки сети и, опять же, автоматически перестраивать сеть, чтобы избежать аварий. Энергетическая система, созданная в стране, когда-то признанная лучшей в мире, в настоящее время устарела, что является следствием физического и морального износа. Если учесть, что, по мнению экспертов в области энергетики, потребление электроэнергии в ближайшие 20 лет увеличится на 25-30%, то следует ожидать многократного увеличения нагрузки на существующие изношенные сети. В настоящее время в связи с переходом сельского хозяйства на производственную базу, строительством крупных комплексов, ростом потребления электроэнергии в промышленности и в быту, удельные мощности потребителей электроэнергии растут.

Анализ состояния и типов оборудования, установленного на энергообъектах, показал, что большинство распределительных устройств энергообъектов оснащены физически и морально устаревшими масляными выключателями (МВ) и нагрузочными выключателями (НВ).

Кроме того, конструкция распределительного устройства (РУ) очень разнообразна с бетонными или кирпичными ячейками, изготовленными на многих предприятиях и в разное время. Некоторые из этих предприятий в настоящее время не работают, а некоторые находятся за пределами России. Обзор появившегося нового коммутационного оборудования показывает, что замена коммутаторов на более новые и более современные позволяет значительно продлить их срок службы и срок службы, поскольку остальные элементы ячеек и камеры распределительных устройств изнашиваются гораздо меньше и могут прослужить долго. в течение долгого времени. Таким образом, замена маломасляных выключателей и выключателей для вакуумных и элегазовых распределительных устройств, которые составляют распределительное устройство, сведет к минимуму затраты на их модернизацию и, в будущем, эксплуатационные расходы, поскольку эти переключатели, имеющие значительно более длительный срок службы, практически не требуют обслуживания и легче в ремонте.

В ОАО «Сетевая компания» введены в эксплуатацию системы мониторинга и сбора аварийной информации от устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики на ПС 500кВ Киндери, ПС 500кВ Бугульма, ПС 110кВ Южная, ПС 110кВ Западная (Казанские электрические сети), ПС 110кВ Каргали (Чистопольские электрические сети), ПС 110кВ Бугульма (Бугульминские электрические сети). В текущем году начаты работы по вводу в эксплуатацию пилотных проектов АСУ ТП на ПС 110кВ Новокремлёвская, Компрессорная (КЭС), Осиново (Приволжские электрические сети), разработки ведущих производителей систем автоматизации и релейной защиты в России.[2]

В 2016 г. Schneider Electric приняло участие в реализации инновационного проекта Республики Татарстан – «СМАРТ Сити Казань». Компания предлагала разработать и построить центр управления «умным» городом, где в частности,

предполагается применить собственные комплексные интегрированные решения в области интеллектуальных сетей (Smart Grid). С компанией Schneider Electric у энергетиков Татарстана давние связи. С 2008 года на территории Татарстана действует завод Schneider Electric по производству распределительных устройств низкого и среднего напряжения (ячейки SM6, OKKEN и NEXIMA). Кроме того, в городе Заинске успешно работает завод ТАТЭК, где по лицензии Schneider Electric выпускаются блочные комплектные трансформаторные подстанции для городских электрических сетей Татарстана.[1]

В 2017 г. специалистами компании ООО «Прософт-Системы» была успешно внедрена система Smart Grid (Умные сети) в ОАО «Сетевая компания» (Республика Татарстан). Система запущена в трех городах: Казани, Набережных Челнах, Нижнекамске. Основным оборудованием, которое собирает, анализирует и передает данные, выполняет алгоритмы и выдаёт управляющие воздействия, стали многофункциональные контроллеры линейки ARIS.[3]

В 2016 г. в г. Казани проводились мероприятия по монтажу и пусконаладке оборудования на объектах «Салават купере» – социально значимого для республиканской столицы жилого комплекса, население которого должно составить 65 тысяч жителей. Внутри БКТП (блочной комплектной трансформаторной подстанции) устанавливаются устройства, которые будут контролировать всю электрическую сеть возводимого по республиканской программе социальной ипотеки микрорайона.

«Smart-устройства представляют собой контроллеры со свободно-программируемой логикой. В них закладываются алгоритмы восстановления сети.[3]

Таким образом, в республике построены технологии, позволяющие обеспечить бесперебойное энергоснабжение потребителей и в случае перерыва восстановить энергоснабжение в минимальные сроки. В соответствии с ориентированной на клиента политикой компании, потребители всегда должны быть обеспечены светом.

1. Взаимодействие Республики Татарстан и компании Schneider Electric в области энергетики [Электронный ресурс] // Рубрика: Энергоэффективность и развитие энергетики. Режим доступа: <http://enes-expo.ru/ru/novosti/485-oao-setevaya-kompaniya-i-schneider-electric-obsudili-voprosy-vzaimodejstviya-v-respublike-tatarstan.html> / (дата обращения: 27.01.2019).
2. Системы мониторинга и сбора аварийной информации [Электронный ресурс] // Рубрика: Системы Smart Grid.Режим доступа:<https://energybase.ru/distribution/gridcom-rt> (дата обращения: 26.01.2019).
3. «Прософт-Системы» успешно реализовали систему Smart Grid в Республике Татарстан [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Прософт-Системы».Режим доступа:<http://digitalsubstation.com/blog/2017/06/15/prosoft-sistemy-uspeshno-realizovali-sistemu-smart-grid-v-respublike-tatarstan/> / (дата обращения: 26.01.2019).

Гарифуллин Р.Я.

Способ очистки теплообменного оборудования

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»
(Россия, Уфа)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-05

idsp: sciencepublic-12-05-2019-05

Аннотация

В обеспечении эффективной эксплуатации теплообменного оборудования особое место занимает защита от твердых отложений, различных загрязнений, которая относится к одним из самых важных и сложных процессов [1, с.202].

Ключевые слова. Теплообменное оборудование, отложения, теплообменные трубы, химическая промывка.

Наличие твердых отложений в виде накипи, на теплообменных поверхностях приводит к значительному снижению общей интенсивности процесса теплопередачи, снижению тепловой производительности, повышению расхода теплоносителя (перерасход топлива в зависимости от толщины слоя накипи: 1мм - 3-4%, 5мм - 9-14%), температурного напора, и в конечном итоге, топливно-энергетических ресурсов [3, с.20]. При этом нарушение технологического режима эксплуатации теплообменного оборудования снижает эффективность его работы (наличие накипи толщиной 4-6 мм свидетельствует о снижении интенсификации теплообмена на 25-30%). Заиленность проводящих сетей, в свою очередь, ведет к снижению давления, преждевременному износу и поломкам насосов и т.д. [2, с.3].

Существуют основные способы очистки теплообменного оборудования:

1. Химическая очистка;
2. Механическая очистка;
3. Гидромеханическая очистка;
4. Электроимпульсная очистка;
5. Гидродинамическая очистка [4, с.176].

Для проведения эксперимента по очистке теплообменника холодильной установки была принята химическая очистка (Рисунок – 1).

Рисунок 1 – Теплообменник до промывки

В качестве исходного химического реагента был выбрано средство «Антиржавин». По описанию производителя реагент представляет собой водный концентрат, содержащий комплекс неорганических и органических кислот, комплексонов, ингибиторов коррозии и функциональных добавок.

Данный реагент поставляется в концентрированном виде, где концентрация рабочего раствора устанавливается в зависимости от количества отложений (концентрат средства разводится водой в соотношении 1:5 - 1:15) [1, с.3].

Для проведения данного эксперимента использовалось следующее оборудование: циркуляционный насос, открытая емкость из полимерного материала, система подводящих шлангов, фитинги, шаровые краны (рисунок 2).

Общий водяной объем теплообменника составил 650 литров. Исходя из максимальной концентрации промывочного раствора, было решение разбавить в соотношении 1:5. Итого количество необходимого концентрированного реагента «Антиржавин» понадобилось 130 литров на 650 литров воды.

Рисунок 2 – Установка для промывки теплообменников

Общая продолжительность промывки осуществлялась, предварительно нагретым раствором до 60°C , в течение 15 часов, при постоянной циркуляции промывочного раствора. Оборудование было подключено по схеме: насос - вход в систему - выход из системы – емкость - насос.

Во время промывки в верхней точке теплообменника образовывался газ от химического воздействия реагента на отложения. По мере накопления газ удалялся через воздушный клапан.

После прекращения химической реакции (образования в баке пузырьков газа) и при значении pH (4,5...5,0), близкого к нейтральному, добавлялось необходимое количество реагента «Антиржавин» в промывочный раствор, до получения водородного показателя $\text{pH} < 7$ (раствор кислый), который определялся по индикаторной бумаге. По истечении времени, в результате которого не образовывался газ и кислотность оставалась $\text{pH} < 7$ (1...2,5), промывка прекратилась.

Данный отработанный раствор, со слов производителя, не требует утилизации, достаточно всего лишь разбавить большим количеством воды и слить в канализацию.

После слива промывочного раствора на стенках трубок теплообменника обнаружилось налет и отложение (рисунок 3 а). Данное отложение стало рыхлым и трудно отделяемым. После промывки напором воды и дальнейшего высыхания трубок теплообменника, отложения частично местами затвердели. Механическим путем удалить стало затруднительным. Было принято решение повторно промыть теплообменник промывочным раствором, для умягчения отложения. После промывки раствором, в районе 2 часов при температуре 60°C , отложение снова стало рыхлым.

Было принято промыть все трубки, длина трубок достигало 4 метров, аппаратом высокого давления (мойкой). Налет и отложения смылись полностью (рисунок 3 б).

В результате первичной промывки, общее количество концентрированного реагента «Антиржавин» составило 260 литров, разбавление концентрата составило 1:2,5, а не 1:5, как было заявлено производителем. Это в свою очередь увеличило затраты на промывку теплообменника.

а – состояние трубок до промывки аппаратом высокого давления

б - состояние трубок после промывки аппаратом высокого давления

Рисунок 3 – Теплообменник после промывки

Анализ опыта промывки показал, что данное средство удаляет минеральные отложения, но в силу того, что в отложениях может быть грязь или глина, то отмыть 100% поверхность не получится. Пришлось прибегнуть к помощи аппарат высокого давления.

Производителем также указывается, что средств «Антиржавин» защищает металл от отложений. Реагент после промывки образует пассивационный слой, увеличивая межсервисный интервал.

Данный теплообменник был пущен в работу и по истечении 2 месяцев трубы снова покрылись отложениями. Это в свою очередь доказывает, что слой, который образует реагент не так эффективен, как заверяет производитель (Рисунок 4).

Рисунок 4 – Теплообменник после 2 месяцев работы

1. Стародубцев Е.М. Инструкция по применению средства Антиржавин. - Томск, Новохим. 2015. №1. С.2-6.
2. Кузнецова Е.В., Туктамышев А.Ф., Болгова А.С., Магид А.Б., Мастобаев Б.Н. Методы и технические средства очистки. - СПб, Недра. 2006. 192 с.
3. Цветников А.К., Калачева Т.А., Бузник В.М. Влияние ультрадисперсного политетрафторэтилена ФОРУМтм на химическую стойкость лакокрасочных покрытий// ЛКМ. 2001. №1. С.20-21.
4. Локтева Д.В., Попов А.М., Ганиев Р.И., Новоселов И.В. Методы борьбы с коррозией трубопроводов//Аллея науки. 2017. №7. С.176-186.

Жариков И.Ф.

К вопросу о рациональном выборе параметров дробилок для условий ЦПТ

*Институт проблем комплексного освоения недр
им. академика Н.В. Мельникова РАН
(Россия, Москва)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-06

idsp: sciencepublic-12-05-2019-06

Широкое применение схем циклично-поточной технологии, весьма эффективной на ряде горнодобывающих предприятий, часто сдерживается из-за отсутствия дробильных систем, удовлетворяющих требованиям эффективной разработки. Эти работы проводятся рядом известных фирм, которые разрабатывают модели, предназначенные для конкретных условий карьеров заинтересованных фирм. Рассмотрим некоторые варианты работ по созданию вибрационной щековой дробилки, в наибольшей степени соответствующей условиям работы на угольных разрезах. Полученные результаты позволили сформулировать основные методические положения по выбору рабочих параметров дробилки. Параметры щек и камеры дробления выбираются в соответствии с размерами кусков, подлежащих дроблению, и размерами выходных кусков по методике, разработанной для обычных щековых дробилок.

Трудность подбора режимов виброударного дробления горных пород заключается в том, что оптимальные результаты, т.е. максимальная производительность при минимальном расходе энергии, могут быть получены при определенных параметрах и режимах работы.

При конструировании вибрационных дробилок наибольшую трудность представляет выбор амплитуды и частоты колебаний щек и их соотношений, так как в инерционной системе, которой является вибрационная дробилка, разрушающая сила

является также функцией момента соударения щеки и куска породы. Так, в начале и в конце размаха при колебательном движении щеки ее кинетическая энергия близка к нулю, а максимальное значение энергии достигается в средней части хода. Естественно, что кусок породы, попавший под удар в средней части хода щеки, с максимальной вероятностью будет разрушен. Считалось, что встреча куска породы со щекой равновероятна в любой части хода щеки и не зависит от частоты и амплитуды, однако, последние аналитические и экспериментальные исследования показали, что при определенном сочетании амплитуды и частоты колебаний щек можно повысить вероятность встречи куска породы со щекой в зоне интенсивного разрушения, т.е. в зоне движения щеки с максимальным запасом кинетической энергии, существенно повысив тем самым эффективность дробления.

Оптимальное соотношение между амплитудой и частотой колебаний щек установлено с учетом прохождения куска породы в камере дробления под влиянием сил гравитации:

$$f = \frac{0,715}{\sqrt{A}}, \quad (1)$$

где f – частота колебаний, Гц; A – амплитуда колебания щеки, м.

Согласно теории разрушения горных пород, разрушение куска породы происходит после его деформации, составляющей 1-2% размера куска в направлении деформирующей силы [1]. В связи с этим для эффективного дробления куска породы недостаточно нанести по нему удар разрушающей силы, а необходимо еще и деформировать его на минимально необходимую величину.

В вибрационных дробилках дробящие элементы (щеки) имеют энергию, достаточную для разрушения кусков в сравнительно узкой зоне амплитуды, определяемой текущим значением амплитуды колебаний, близкой к нулевому значению ее координаты. Исходя из этого амплитуду колебаний щеки следует принимать равной:

$$A = K\epsilon B, \quad (2)$$

где K – коэффициент зоны дробления (равен 0,8 – 1,2 и обратно пропорционален размеру куска породы); ϵ – разрушающая деформация, % (определяется свойствами горных пород и обычно составляет 1-2% размера куска породы); B – размер куска, подлежащего дроблению, мм.

Определив амплитуду колебаний щеки, по формуле (1) можно установить оптимальную частоту колебаний дробящих элементов. Одним из важнейших параметров вибрационной дробильной установки является масса щеки. Она выбирается из условия обеспечения необходимого запаса кинетической энергии щеки, достаточной для разрушения наиболее крупных кусков породы. Если прочностные свойства дробимых пород не удастся прогнозировать, то их можно установить при разрушении крупных кусков породы на прессах с фиксацией усилий и деформаций, предшествующих разрушению. Деформацию (ход пресса) в этом случае следует измерять при сжатии всего куска породы, а не вначале разрушения куска, когда от него откалываются выступающие части. Сила разрушения при этом достигает максимального значения. Из произведения разрушающей силы на деформацию определится работа разрушения. Если измерения производились на полноразмерных кусках породы, то деформация разрушения должна соответствовать выбранной амплитуде колебаний щеки.

Дальнейшие расчеты проводятся по зависимостям классической механики колебательных систем [2]. Приравняв работу разрушения к максимальной кинетической энергии щеки и определив частоту и амплитуду колебаний, можно установить необходимую массу щеки. По массе щеки и выбранной частоте колебаний

определяется жесткость пружин. При этом собственная частота системы должна составлять половину рабочей частоты. Параметры привода выбираются исходя из условия поддержания вынужденных колебаний щек установленной массы на рабочей частоте с учетом диссипативных потерь в подвеске щек и упругих элементах, зависящих от их конструкции.

При конструировании дробилки необходимо обеспечить траекторию движения щеки только в плоскости рабочих колебаний, исключив или минимизировав все другие движения щеки, возникающие в результате случайных соударений с дробимой породой, что уменьшает силовое воздействие на куски породы максимально в два раза и, следовательно, резко снижает эффективность дробления. Это требование может быть выполнено только при разделении функций подвески щек между направляющим аппаратом и упругими элементами.

Проведенные эксперименты [3] подтвердили выявленную рядом исследователей особенность ударного разрушения горных пород, связанную с зависимостью результатов разрушения не только от абсолютной величины энергии единичных ударов щек, но и от соотношения массы ударника и скорости приложения нагрузки.

С увеличением массы щеки происходит расширение области устойчивой работы и повышение производительности до определенного значения, зависящего от пропускной способности выпускной щели дробилки.

1. Ильницкая Е.И. Свойства горных пород и методы их определения// М. «Недра», 1989, с. 392.
2. Выховский Н.И. Основы теории вибрационной техники// М., Машиностроение, 1989, с. 363.
3. Жариков И.Ф. Элементы карьерной дробильной установки в схемах ЦПТ// Тенденции развития науки и образования, «Л-Журнал», 2018, № 43, ч. 8, с. 27-31.

Кетов Ю.А.

Ресурсный потенциал отходов стекла, как основа для выбора экономически обоснованной технологии вторичного использования

*Пермский национальный исследовательский
политехнический университет
(Россия, Пермь)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-07

idsp: sciencepublic-12-05-2019-07

Среди причин низкого уровня переработки стекла в России экспертное сообщество часто указывает низкую продажную стоимость получаемого в процессе сортировки стеклобоя при больших капитальных вложениях в производство и эксплуатационных затрат, необходимых из-за сложного технологического процесса. В результате экономика сортировки стекла оказывается низкорентабельной и период окупаемости слишком длительным [1].

Задача экономически эффективного вторичного использования компонентов твердых коммунальных отходов (ТКО) осложняется в двух случаях. Во-первых, если сам по себе компонент ТКО из-за высокой себестоимости не конкурентно способен по сравнению с аналогами, полученными из первичного сырья. Во-вторых, в случае низкой экологической опасности, что открывает возможность для его складирования на полигонах при минимальных затратах. Именно этими свойствами обладают отходы стекла. Материал имеет низкий класс опасности и поэтому плата за негативное воздействие на окружающую среду является невысокой. При этом не принимается во внимание высокая травмоопасность стекла, засорение окружающей среды и снижение емкости полигонов ТКО при размещении на них крупнотоннажных отходов стекла.

С учетом этого вовлечение в ресурсный цикл отходов стекла целесообразно по ряду причин:

- снижение рисков для населения и животных, связанных с высокой травмоопасностью отходов стекла, попадающих в окружающую среду;
- уменьшение ущерба технике от возможного неконтролируемого взаимодействия с отходами стекла;
- вторичное использование стеклобоя приводит к снижению общей массы отходов, попадающих на полигоны;
- снижение потребности в первичном сырье предприятий стекольной промышленности;
- производство из отходов стекла продуктов, конкурентно способных по сравнению с аналогами, полученными из первичного природного сырья, имеющих спрос на рынке;
- применение вторичного стекла снижает потребление природных ресурсов, необходимых для получения минеральных инертных материалов типа щебня, гравия, песка, широко применяемых в строительной отрасли.

В этом случае отходы стекла, размещаемые вновь или находящиеся на полигонах ТКО можно рассматривать как отложенные материальные и энергетические ресурсы, которые могут быть извлечены и переработаны, причем стекло выгодно отличается от других компонентов ТКО именно тем, что не разрушается со временем и сохраняет ценные потребительские свойства [2].

Вопрос об организации на мусоросортирующем предприятии выделения потока стеклобоя и дополнительной технологической обработке этого потока, следует решать, исходя из экономической целесообразности. Ключевыми показателями в анализе являются затраты на проведение технологических операций, которые сравниваются с аналогичными продуктами, востребованными на рынке.

Отходы стекла, входящие в состав ТКО на сегодняшний день не в полной мере вовлекаются в ресурсный цикл вследствие невысокой экономической целесообразности для мусоросортировочных предприятий извлечения несортного стекла, обладающего невысокой рыночной стоимостью. Перспективным направлением применения несортного стеклобоя следует признать использование его в качестве сырья при производстве легковесных ячеистых материалов, вследствие того, что в этом случае производятся продукты с высокой прибавочной стоимостью, обусловленной, в свою очередь, востребованными потребительскими свойствами, такими, как негорючесть, биопозитивность и долговечность.

1. Трофимов Г. В. Профессиональные секреты переработки стеклобоя // Твердые бытовые отходы.- 2017.- №10.- С. 22-26.
2. Слюсарь Н.Н. Возможности извлечения отложенных ресурсов из массивов захоронения твердых коммунальных отходов // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика.- 2016.- № 1.- С. 63-78.

Ковальский Е.Р., Карпов Г.Н.

Проблемы повышения полноты извлечения минерального сырья из недр

*Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-08

idsp: sciencepublic-12-05-2019-08

Одной из основных проблем систем разработки, применяемых на пластовых – в особенности на калийных – месторождениях, является проблема невысокого коэффициента извлечения полезного ископаемого из недр. Так, наиболее распространенные на соляных месторождениях камерные системы с жесткими целиками, хотя и обеспечивают региональную безопасность калийных рудников

(сохраняют сплошность водозащитной толщи и, соответственно, предотвращают проникновение воды в очистные и подготовительные выработки), позволяют извлечь только до 40% сырья. Применение камерных систем с податливыми целиками ненамного увеличивает этот показатель – лишь до 45-50%. Столбовые системы разработки, в случае обоснованной возможности их применения на месторождении, позволяют достичь степени извлечения порядка 60% калийной руды, что также является весьма низким показателем по сравнению, например, с угольными месторождениями, где он может достигать 85-90%. В среднем же по калийной отрасли этот показатель составляет от 35 до 50%.

Оставленные в недрах калийные руды сосредотачиваются в целиках различного назначения. К ним относятся барьерные целики, предохранительные целики под объектами на поверхности, междустрековые целики у участковых и главных выработок, межстолбовые и внутрестолбовые целики, целики у геологических нарушений и т.д. – то есть участки запасов с ограниченными размерами, отработка которых длинными забоями значительно затруднена или даже невозможна.

Основными мероприятиями по сохранению выработок при разработке калийных месторождений являются прорезка компенсационных щелей, проведение разгружающих выработок и оставление целиков достаточной ширины между выемочными столбами (панелями). В частности, на Старобинском месторождении калийных солей значительное количество оставленных запасов сосредотачивается именно в межпанельных и внутрестолбовых целиках (рис. 1). При этом их суммарная ширина (с учетом междустрековых целиков) может достигать 200-250 м, в среднем составляя 100 м (рис. 2).

Рис.1. Распределение запасов по целикам различного назначения на Старобинском месторождении

Рис. 2. Соотношение длины лав и ширины целиков по выемочным столбам (панелям) ОАО «Беларуськалий»

Сложные горно- и гидрогеологические условия отработки калийных месторождений и обязательные требования по обеспечению региональной безопасности предприятий сдерживают увеличение показателей извлечения руды за счет применения более прогрессивных безцеликовых систем разработки. В связи с этим основным направлением повышения полноты извлечения калийной руды из недр становится частичное доизвлечение ранее оставленных (и оставляемых в данный момент) целиков. Предварительная оценка показывает, что по горно-геологическим условиям около 70% запасов в целиках различного назначения на Старобинском месторождении (в целом, эта цифра справедлива и для других месторождений) можно отнести к категории доизвлекаемых.

Прогнозная технико-экономическая оценка по ОАО «Беларуськалий» также показала, что вовлечение в отработку оставленных ранее в недрах запасов калийных руд может позволить продлить срок службы калийных рудников на 8-12 лет (при оценочном коэффициенте извлечения указанных запасов до 30% и более) и в то же время отсрочить инвестирование средств на строительство новых рудников за счет расширения сырьевой базы калийных руд на действующих рудоуправлениях. Доход при этом может составить порядка 4-4,5 млрд. \$ по объединению.

Межпанельные и внутрипанельные целики характеризуются относительно выдержанной формой и значительными размерами. Они оконтурены сетью подготовительных выработок ранее отработанных столбов (рис. 3, целики выделены цветом), т.е. являются фактически вскрытыми и подготовленными (при необходимом объеме восстановительных работ), что значительно сокращает затраты, необходимые на их доизвлечение.

Анализ существующих технологий доизвлечения целиков, применяемых в условиях угольных и калийных пластов различной мощности [1-14], позволил выявить основные подходы к решению данного вопроса (рис. 4).

Рис. 3. Характерная технологическая схема слоевой выемки Третьего пласта Старобинского месторождения с оставлением под центром верхней лавы жёсткого целика между нижними лавами (а) и валовой выемки пластов с комбинированным порядком отработки столбов в панели (б).

На рисунке 3, а:

1, 2, 3 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки верхней лавы; 4, 5, 6 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки нижних лав; 7 – разгружающая выработка; 8, 9 – вспомогательные выработки; а – ширина межпанельного целика

На рисунке 3, б:

1, 2 – панельные конвейерный и транспортный штреки; 3, 4, 5 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки лавы; 6 – разгружающая выработка; 7 – вспомогательные выработки; 8 – конвейерные сбойки; а – ширина межпанельного и внутрипанельного целиков

Первая характерная группа способов доизвлечения включает в себя применение механизированных комплексов. При этом доизвлекаемый целик подготавливается как традиционный выемочный столб и характеризуется шириной, достаточной для оконтуривания его необходимыми подготовительными выработками, нарезки в нем монтажной печи, монтажа комплекса и его нормальной работы [2].

В практике ведения горных работ вблизи околоствольных предохранительных целиков нередко имеет место «врезание» длинными очистными забоями в пределы целика, то есть их частичная выемка. Случаи частичной выемки околоствольных целиков (по рекомендациям ВНИМИ) имели место на угольных шахтах Донецкого бассейна (шахты «Комсомольская», «Южная» и др.), Печорского бассейна («Центральная», «Промышленная» и др.) и других шахтах [4].

Рис. 4. Способы отработки участков с ограниченными размерами на пластовых месторождениях

Вторую группу способов представляет полная выемка целиков камерами с обрушением кровли. В частности, такая выемка была опробована на угольной шахте «Покровская» (ПО «Тулауголь») Подмосковского бассейна для выемки целиков ограниченных размеров и сложной конфигурации [14].

Третий способ выемки (камерными системами с жесткими целиками) проектировался на руднике имени 50-летия Октября (Прикарпатье) для отработки охранных целиков стволов, в которых было сосредоточено до 7 млн запасов каинитовой руды (пласты ЛК-3 Верхний и ЛК-1/2). На этом же руднике по такой технологии были отработаны междублоковые целики на пластах К-6 (системой открытых камер по восстанию) и К-3 (открытыми камерами по простиранию) [13].

Этот способ выемки нашел достаточно эффективное применение в условиях доизвлечения охранных целиков (как правило, значительных размеров), отработка которых должна исключать деформации вышележащего массива и проседания дневной поверхности. Однако, данному способу традиционно сопутствует высокий уровень потерь (до 65%).

В некоторых случаях, в целях снижения потерь и одновременного исключения деформаций вышележащей толщи пород, для доизвлечения целиков применяют четвертую группу способов, включающую в себя закладку очистных камер. В работах [5, 6, 7] отмечается, что отработка барьерных целиков по такой технологии является важным резервом повышения извлечения руды и эффективности горной технологии.

Последний, пятый, способ доизвлечения характеризуется нетрадиционным подходом к решению вопроса – например, применением нового оборудования или необычных технологических решений.

В качестве показательного примера можно привести отработку межблокового целика (между блоками №3 и №4) на пласте «Слоистый-II» шахты «Анадырская», которая производилась при помощи механизированного комплекса на базе комбайна ГШ-68 [11]. При этом на стадии подготовки столба (доизвлекаемого целика) были использованы новые технологические решения.

Некоторые нестандартные подходы к решению вопроса о доизвлечении запасов из целиков описаны также в работе [8]. Характерной особенностью предложенных авторами технологических схем является подготовка выемочного участка (целика) только одной выработкой, а вторая выработка создается в процессе очистных работ путем крепления части выработанного пространства позади лавы.

В качестве примера использования «нетрадиционного» оборудования для доизвлечения запасов также можно привести технологию, основанную на бурошнековой выемке [9].

Выемка целиков представляет сложную горно-геомеханическую задачу, в рамках которой важную роль играют процессы деформирования и разрушения целиков и массива горных пород в условиях опорного давления. В связи с этим основным вопросом при выемке целиков является обеспечение эффективного управления горным давлением, основанное на достоверном геомеханическом анализе ситуации.

К основным обстоятельствам, обуславливающим сложность разработки запасов на участках с ограниченными размерами, относятся следующие:

- участки имеют весьма ограниченные размеры, поэтому для их подготовки требуется проведение большого объема нарезных выработок на 1000 т добычи – в 1,5-3 раза больше, чем на обычных участках;
- соответственно увеличивается объем монтажных и демонтажных работ технологического оборудования;
- разработка этих участков при применении обычной технологии и средств комплексной механизации ведет к существенному увеличению себестоимости руды ввиду ограниченных размеров подготавливаемых участков;
- участки, как правило, либо находятся в зоне концентрации напряжений или в зоне разрушенных пород, в связи с чем появляются трудности в управлении кровлей и повышаются требования к технологиям, обеспечивающим безопасность работ в таких условиях.

Ввиду отмеченных обстоятельств эффективность разработки участков с ограниченными размерами зависит от результатов обоснования параметров таких технологических схем и средств механизации, которые обеспечивали бы резкое снижение протяженности проводимых, поддерживаемых выработок и монтажно-демонтажных работ транспортно-выемочного оборудования. При этом существенно, чтобы новые технологические схемы и средства комплексной механизации компоновались бы на ранее проверенных в промышленных условиях базовых элементах и узлах.

Технология доизвлечения должна обладать достаточной «мобильностью» и приспособляемостью к различным горнотехническим и горно-геомеханическим условиям, изменчивость которых явным образом диктуется широким диапазоном размеров целиков, предполагаемых к доизвлечению, а также различными глубинами их залегания (для условий Старобинского месторождения – от 400 и вплоть до 1000 м). Другими словами, предполагаемая технология доизвлечения должна обладать легко варьируемыми параметрами, определяющими ее применимость в тех или иных

условиях (включая размеры и количество обслуживающих выработок, применяемое оборудование и т.д.).

Кроме того, если речь идет о доизвлечении калийных руд, то возможная технология отработки должна обеспечивать минимальное разубоживание добываемой руды в целях снижения затрат на ее транспортировку на поверхность и последующее обогащение. Снижение уровня разубоживания возможно осуществить, во-первых, за счет сведения в такой технологии к минимуму объема проводимых подготовительных выработок, порода от которых поступает на обогатительную фабрику (к примеру, на Старобинском месторождении объем породы составляет на данный момент 20% от всей добычи), и, во-вторых, за счет применения селективного (выборочного) доизвлечения слоев руды с максимальным содержанием полезного компонента.

Не менее важным и согласующимся с предыдущим требованием является легкость в проведении промышленных испытаний такой технологии. В силу быстрого истощения подготовленных запасов на тех горных предприятиях, где встает вопрос об отработке целиков, период подготовки технологии доизвлечения оставленных целиков к испытаниям и ее возможного последующего внедрения на месторождении в промышленных масштабах следует сократить до минимума. Это возможно обеспечить за счет уменьшения начального объема подготовительных выработок, необходимых для начала ведения очистных работ, а также за счет применения простого в монтаже оборудования.

При этом важнейшим требованием к технологии доизвлечения остается безопасность ведения горных работ – как локальная, так и региональная. Предполагаемые к доизвлечению объекты находятся в зонах повышенного горного давления и характеризуются сложным напряженно-деформированным состоянием как самих объектов (целиков), так и вмещающего массива. В связи с этим вопросы управления горным давлением, устойчивости подготовительных выработок, обеспечения безопасности горнорабочих и незатопляемости рудников являются определяющими при выборе технологии доизвлечения и обосновании ее параметров.

Анализ требований, предъявляемых к технологиям отработки запасов с ограниченными размерами, позволяет констатировать следующее. Сложные горногеологические условия, сопровождающие работы по доизвлечению, не позволяют достичь высоких нагрузок на длинные очистные забои и оправдать высокие первоначальные затраты на их монтаж. Применение же «нетрадиционных» решений связано с долгой апробацией, возможным ростом издержек на их внедрение и приведение в соответствие с конкретными горно-геологическими условиями. Следовательно, наиболее эффективным способом доизвлечения запасов являются системы разработки короткими забоями с оставлением междуканальных целиков, которые согласуются со всеми аспектами требований к технологиям отработки запасов на участках с ограниченными размерами.

1. Авдеев Д.К. и др. Отработка запасов руды в зоне предохранительного целика под водоемом // Горный журнал. - М.: Недра. - 1989. №9.
2. Бакхаус Г., Гайслер Й. Отработка целиков на шахте "Вальзум" // Глюкауф. 1987, №5 (рус.)
3. Беляев Е.В. Извлечение запасов угля из охранных целиков // Охрана окружающей среды при подземной разработке угольных месторождений. – М.: Наука, 1995 – с. 128-131
4. Бошняков Е.В., Лустикова Н.В., Приходько В.В. Частичная выемка угля из околоствольных предохранительных целиков // Исследования сдвижения горных пород и гидрогеомеханических процессов в массивах сложной структуры при разработке угольных месторождений. - сб.науч.тр., СПб, 1992. – с. 6-15
5. Булатов В.Ф., Беркович В.Х. и др. Опыт отработки охранных целиков с гидрозакладкой выработанного пространства, - М.: 1980. – 35 с.
6. Гаркушин П.К., Завалка И.М., Воликов В.В. Отработка охранных целиков в условиях Калуш-Голынского калийного месторождения // Разработка рудных месторождений: республиканский межведомственный научно-технический сборник. Киев, - «Техніка», 1986. Вып. №42. С.77-81.

7. Западинский Л.А., Ягунов А.С., Бирюков В.В. Отработка запасов угля из целиков в Кузбассе // Уголь, 1988. №6. С.26-27.
8. Квон С.С., Мамонтов А.Я. Состояние запасов угля в охранных целиках в Карагадинском бассейне и основные направления их извлечения // Комплексное использование минерального сырья. 1990, №5. С.13-18.
9. Левкович П.Е., Мезников В.И., Дьяченко Г.В., Королев Д.А. Бурошнековая выемка угля. – К.: Техніка, 1982. – 175 с.
10. Меликидзе К.А. Техничко-экономическая эффективность разработки угольных охранных целиков различного назначения на шахтах Ткварчельского месторождения // Рациональное использование недр Грузии. – Тбилиси: Мецниереба. – 1982. С.40-46.
11. Розенбаум М.А. и др. Отработка угольных целиков механизированными комплексами // Колыма. 1991. №4. с. 12-14.
12. Севастьянов Б.Н., Удалов А.Е., Битимбаев М.Ж., Бекбаев С.М. Управление горным давлением при выемке целиков // Управление горным давлением и прогноз безопасных условий освоения угольных месторождений. Сборник научных трудов, ч.1. – Ленинград, 1990.
13. Семчук Я.М., Гаркушин П.К. Отработка околостольных целиков на калийных рудниках Прикарпатья // Шахтное строительство. – М.: Недра, 1990, №12. С. 22-23.
14. Цуканов В.В. Технология отработки целика короткими заходками комбайном КМШ-3,5 и крепью ССК-I // Подземная разработка тонких и средней мощности угольных пластов. – Тула, 1989.

Ковальский Е.Р.

Обоснование параметров технологических схем селективной выемки запасов IV калийного горизонта Старобинского месторождения

*Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-09

idsp: sciencepublic-12-05-2019-09

Четвертый калийный горизонт включает семь выдержанно распространенных по площади слоев сильвинита мощностью от 0,2 м до 0,75 м, разделенных прослоями каменной соли мощностью от 0,6 м до 3,6 м (таблица 1).

Таблица 1

Геологические характеристики слоев 4 калийного пласта

Индекс слоя	Мощность слоя, м	Содержание KCl, %	Содержание NO, %
12	0,72	19,66	6,62
10-12	3,38	3,02	11,4
10	0,74	31,63	6,19
9-10	1,35	1,26	11
9	0,17	47,79	1,38
8-9	1,91	1,16	14,9
8	0,54	32,39	4,48
7-8	0,49	2,79	15,8
7	0,33	24,89	4,07
6-7	0,96	4,83	15,6
6	0,25	47,52	3,31
5-6	0,62	5,17	13,6
5	0,18	36,41	2,58

Среднее содержание сильвинита в пределах мощности 4 Калийного пласта (~ 12 м) составляет менее ~ 20 %, соответственно в условиях 4 Калийного горизонта (4 КГ) необходимо проектировать системы разработки, позволяющие селективно извлекать сильвинит и каменную соль, с обязательной закладкой пустой породы в выработанное пространство.

На рис. 1 и 2 показаны варианты технологических схем выемки запасов 4КГ. В первом варианте (рис. 1) охрана панельных выработок предусматривается целиками, ширина которых принимается по действующим методикам, и проходкой разгрузочных выработок. Верхний сильвинитовый слой (12 с.с.) не отрабатывается. Во втором варианте (рис. 2) панельные выработки проходятся по нижним сильвинитовым слоям и охраняются выработанным пространством 12 с.с. и разгрузочными выработками.

Отработка 12 с.с. столбовой системой разработки с управлением кровлей полным обрушением приводит к необходимости вести последовательную отработку трех слоевых длинных очистных забоев, причем самый длинный очистной забой будет на верхнем сильвинитовом слое, длина лав по среднему и нижнему пласту будет на 20-50 метров меньше, а соответственно потери по основным производительным слоям значительно возрастут. В связи с этим, в первой из рассматриваемых схем 12 с.с. не извлекается, а во второй схеме 12 с.с. отрабатывается камерной системой разработки.

Поскольку при камерной системе разработки опорное давление практически отсутствует, то это обстоятельство позволяет надрабатывать панельные выработки очистными камерами, причем параметры данных камер и целиков необходимо выбирать не с позиции обеспечения максимального извлечения 12 с.с., а с позиции обеспечения максимальной защиты панельных выработок (как по уровню действующих напряжений, так и по продолжительности действия защитных мероприятий).

Рис. 1. Вариант системы разработки IV калийного горизонта

1 – панельный конвейерный штрек; 2, 3 – панельные транспортные штреки; 4 – панельный вентиляционный штрек; 5 – разгрузочная выработка; 6 – транспортный штрек верхней лавы; 7 – вентиляционный штрек верхней лавы; 8 – разгрузочная выработка; 9 – закладочные выработки верхней лавы; 10 – транспортный штрек нижней лавы; 11 – вентиляционная выработка нижней лавы; 12 – закладочные выработки нижней лавы; 13 – панельные выработки предыдущей панели

Рис. 2. Вариант системы разработки IV калийного горизонта

1 – панельный конвейерный штрек; 2, 3 – панельные транспортные штреки; 4 – панельный вентиляционный штрек; 5 – буровая выработка (блоковый штрек) 12 слоя; 6 – очистные камеры (бурошнековые скважины); 7 – конвейерный штрек верхней лавы; 8 – вентиляционный штрек верхней лавы; 9 – закладочные выработки верхней лавы; 10 – вентиляционный штрек нижней лавы; 11 – закладочные выработки нижней лавы; 12 – панельные выработки предыдущей панели

При расчетах параметров камерной системы разработки обычно рассчитывается устойчивый пролет очистной камеры, и после этого размер целика, который сможет обеспечить требуемые условия управления кровлей (поддержание на жестких целиках или поддержание на податливых целиках).

Поскольку мощность 12 с.с. в среднем составляет $\sim 0,7$ м, то отработку камер необходимо вести на мощность $\sim 0,7$ м. Используемое на месторождении проходческое оборудование (ПК-8, ПК-10, «Урал» и др.) предназначено для проходки горных выработок (очистных камер) высотой не менее 2,5 м. При использовании проходческо-добычных комбайнов барабанного типа возможно извлечение пластов мощностью 0,7 м и более, но пролет камер будет составлять порядка ~ 3 м. В случае если указанный пролет не будет являться устойчивым, извлечение 12 с.с. возможно бурошнековыми установками [1]. В этом случае камеры будут иметь круглую форму поперечного сечения с диаметром, равным мощности вынимаемого пласта. В случае использования сдвоенных (строенных) исполнительных органов пролет камер может составлять $\sim 1,4$ м или ~ 2 м.

Критерием устойчивого состояния целиков практически во всех методиках обычно принимается условие не превышения рассчитанных нагрузок на целик некоторого “безопасного” значения (обычно предела прочности на сжатие при наличии определенного коэффициента запаса прочности).

Нагрузка на целики рассчитывается по коэффициенту концентрации напряжений, который равен отношению суммы ширин камеры a и целика b к ширине целика $k=(a+b)/b$. При одnogоризонтной выемке рассчитать эти параметры не составляет труда. Однако, при наличии камер различных размеров, расположенных на неодинаковых расстояниях друг от друга (целики различной ширины), незначительных размерах выемочного блока (ширина блока не превышает 10 суммарных размеров камеры и целика) нагрузку в таких условиях возможно рассчитать только с использованием методов механики сплошной среды.

Предел прочности пород на сжатие $[\sigma_{сж}]$ обычно определяют при испытаниях стандартных образцов на прессах и затем вводят поправки на соответствие свойств образца свойствам пород в массиве.

Влияние высоты целика h на его устойчивость учитывается через коэффициент формы k_{ϕ} . Расчёт этого коэффициента ведется по различным зависимостям для

различных условий (например $k_{\phi} = b/h$ по Е. Церну; $k_{\phi} = \sqrt{\frac{b}{h}}$ по Л.Д. Шевякову; $k_{\phi} = 0,775 + 0,22b/h$ по И. Баушингеру; $k_{\phi} = 0,6 + 0,4b/h$ при $b/h < 1$ и $k_{\phi} = b/h$ при $b/h > 1$ по методике ВНИМИ и т.д. [2, 3, 4 и др.]).

Для учета трещиноватости целиков вводится коэффициент ослабления $k_{осл}$, который для солей составляет не более 10 %.

Коэффициент запаса k_3 зависит от срока службы и назначения целиков и составляет от $1,3 \div 1,5$ до $3,5 \div 5$. Данным коэффициентом фактически “корректируются” два вышеприведенных коэффициента – т.е. все процессы происходящие в элементах массива (разрушение свода камер, процессы трещинообразования, нелинейные свойства пород и т.д.) не рассматриваются, а принимается лишь конечный результат, т.е. не изменение свойств и размера элементов, а только лишь факт сохранения некоторой геометрии (подходы в терминах «разрушен»/«сохраняет форму»).

С учётом всех вышеприведенных коэффициентов допустимая нагрузка на целик

$$R = \frac{[\sigma_{сж}] k_{осл} k_{\phi}}{k_3}.$$

составляет:

Ширина камеры определяется из условия “непревышения” предельного пролёта

$$a \leq l_0 = h \sqrt{\frac{\sigma_p}{(\gamma H + q)n}},$$

где σ_p – прочность пород несущего слоя на растяжение, МПа; l_0 – предельный пролёт, м; h – мощность несущего слоя пород кровли, м; γ – объёмный вес пород кровли, кг/м³; q и n – интенсивность дополнительной пригрузки.

Как видно из приведенных зависимостей, ширина камеры определяется фактически двумя параметрами: мощностью несущего слоя и его дополнительной пригрузкой. Для целиков основными факторами, определяющими их размеры, являются прочность материала целика, исходное поле напряжений и коэффициент концентрации напряжений.

Определение этих параметров на практике весьма затруднительно. В связи с этим для условий конкретного месторождения получают эмпирические зависимости о времени устойчивого состояния камер в зависимости от действующего уровня напряжений в целиках и пролета самих камер.

В рассматриваемом случае расчета размеров целиков при отработке 12 с.с. коэффициенты запаса должны быть минимальными и обеспечивать устойчивость целика в некотором временном интервале. Его продолжительность может изменяться от нескольких суток (с начала отработки камеры до момента ухода из камеры очистного оборудования) до момента подхода очистных забоев по нижерасположенным слоям.

Поскольку исходное поле напряжений на уровне 4 КГ зависит от параметров ведения горных работ на 3 КГ, то на базе численного моделирования была установлена зависимость изменения вертикальных напряжений (коэффициента концентрации) на глубине залегания 4 КГ.

Согласно полученным данным, при отработке 3 КГ столбовой системой разработки максимальный коэффициент концентрации вертикальных напряжений на 4 КГ (под краевой частью массива на 3 КГ) может быть выражен зависимостью

$$k_{3КГ} = 1 + 0,1 \cdot t_1^{-0.77}$$

где t_1 – время прошедшее с момента отработки лавы на 3 КГ, месяцы.

Обобщение результатов моделирования позволило предложить зависимость для расчета вертикальных напряжений по 12 с.с., которые являются частью основных исходных данных, необходимых для расчета параметров камерной системы разработки

$$\sigma_y = \gamma H \cdot k_{одл} \cdot k_{3КГ}$$

где H – глубина горных работ, м; γ – средневзвешенный объёмный вес вышележащих пород, кг/м³; $k_{одл}$ – коэффициент опорного давления лавы по 9-10 слоям, $k_{одл} = 3,5$.

В традиционных методиках расчета несущей способности целиков предполагается, что целик должен противостоять максимально возможным нагрузкам, которые на него «передаются» вмещающим его массивом горных пород. Однако, в настоящем случае необходимым условием эффективной защиты панельных выработок является условие перехода целика в предельное состояние еще до «подхода» опорного давления длинных очистных забоев нижележащих слоев. При переходе целиков в предельное состояние их несущая способность будет снижаться и часть нагрузки будет перераспределяться на краевую часть массива. Таким образом, вертикальные напряжения в зоне расположения панельных выработок также будут снижаться. В связи с этим при расчете размеров междуканальных целиков в качестве исходного поля напряжений целесообразно принимать зависимость

$$\sigma_y = \gamma H \cdot k_{3КГ}$$

Использование данной зависимости позволяет рассчитать необходимые параметры камерной системы разработки, обеспечивающие переход целиков в предельное состояние, определяемое неравенством

$$\sigma_y \cdot k_K \geq [\sigma_{сж}] \cdot k_\phi,$$

где k_K - коэффициент концентрации при камерной системе разработки, $k_K=(b+a)/b$; k_ϕ – коэффициент формы, $k_\phi=b/h$ ($k_\phi = 3-7$); a – пролет камер, м (от 0,7 до 8 м); b – ширина междукammerного целика, м (от 0,5 до 6 м); h – высота целика, м ($h=0,7-4$ м).

Приведенные диапазоны величин учитывают возможные для Старобинского месторождения значения рассматриваемых параметров. Коэффициент формы имеет высокие значения (от 3), поскольку при использовании бурошнековых установок ширина целика 0,5 м является минимальным расстоянием между скважинами, а круглая форма целика является максимально устойчивой. При использовании для проходки камер комбайнов типа ПК или «Урал» коэффициент формы может составлять $k_\phi = 1-2$, однако, такие варианты технологии исключены из рассмотрения (хотя принципиально могут иметь место), поскольку в этом случае охрана панельных выработок будет осуществляться выемкой «пустой породы» в камерах (содержание KCl в горной массе будет составлять ~ 5 %).

Для расчета вертикальных напряжений в зоне расположения панельных выработок получена зависимость

$$\sigma_y = 9.8\gamma H \cdot k_{3КГ} \cdot k_{ОДЛ} \cdot k_{защ}$$

где $k_{защ}$ – коэффициент защитного действия камерной системы разработки по 12 с.с.:

$$k_{защ} = e^{(0,00055L+0,04)t_2} + 1,01^{t_2} - 2,05$$

где L – текущая координата (расстояние от краевой части массива до защищаемой выработки), м; t_2 – время прошедшее с момента начала разрушения камер, месяц.

Для разработанных зависимостей коэффициент корреляции составляет $\tau = 0,77$ при коэффициенте надежности 3,1.

Данные зависимости учитывают концентрацию напряжений от горных работ на 3 КГ, концентрацию напряжений от длинных очистных забоев нижерасположенных лав и защитное действие камерной системы разработки.

1. Буденный М.М., Чижилов Н.В., Солдатов А.И., Малакей А.Н., Репетенко М.В. Бурошневая добыча угля на шахтах Украины // Горные машины и автоматика. 2003, №10. С.2-4.
2. Методические указания по расчету и применению жестких естественных целиков различного назначения на калийных месторождениях / Сост. Нестеров М.П., Верткова С.К. - Л.: изд-во ВНИИГ, 1972.
3. Методические указания по расчету податливых междукammerных целиков на калийных месторождениях / Сост. Нестеров М.П. - Л.: изд-во ВНИИГ, 1982. – 104 с.
4. Шерман Д.И. К вопросу о напряженном состоянии междукammerных целиков // изв. АН СССР, 1952, №6-7, с.840-857, с.992-1010.

Красильников Е.А., Волкова К.Ю.

Актуальность использования устройств для мониторинга и контроля параметров окружающей среды, опасных веществ в бытовых, промышленных помещениях

*ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»
(Россия, Москва)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-10

idsp: sciencepublic-12-05-2019-10

В настоящее время остро встал вопрос обеспечения безопасности человека и с экологической точки зрения, и в процессе его повседневной деятельности. Одним из аспектов этого является контроль за содержанием опасных и загрязняющих веществ.

Во многом это относится к бытовым и производственным помещениям, ведь по статистике только за последние четыре года в России произошло двадцать два случая взрыва газа с человеческими жертвами в многоквартирных домах [1]. В жилых домах и квартирах используется газ, в состав которого входит метан и ряд дополнительных компонентов. Предварительная очистка газа и добавление в него примесей необходима для обеспечения максимальной безопасности использования инженерных систем в домах. Метан выступает основой топлива, содержание которого может составлять 70-98 %. Также в газе присутствуют бутан, пропан, углекислый газ, пары воды, сероводород.

Метан – это природный газ. Его химическая формула – CH_4 . Этот газ малорастворим в воде, намного легче воздуха и не имеет цвета и запаха. Накапливаясь в закрытом помещении, метан взрывоопасен при концентрации в воздухе от 4,4 до 17 %. Наиболее взрывоопасная концентрация 9,5 %. Для того, чтобы заметить утечку метана и предотвратить возникновение аварийных ситуаций, возгораний и взрывов в него добавляют специфический аромат путем добавления одорантов. Одоранты – это вещества, хорошо распознающиеся человеческим обонянием. Метан с запахом намного безопаснее при эксплуатации в жилых и промышленных помещениях [2].

В настоящий момент для предотвращения последующих взрывов газов и сокращения количества человеческих жертв в жилых помещениях устанавливаются газосигнализаторы. Газосигнализатор – прибор подачи аварийного сигнала при достижении предельно допустимой концентрации газа в воздухе [3]. Контроль над содержанием газового компонента производится непрерывно, измеряя при этом концентрацию горючего вещества в однородной смеси и сравнивая её с минимальным и максимальным пределом. Газосигнализаторы бывают переносными, стационарными или встроенными.

Сигнализаторы газа устанавливаются в помещениях, где возможно скопление вредных веществ, обычно на промышленных предприятиях. Традиционные газоанализаторы способны улавливать скопление угарного газа, пропана и природного газа (метана). Работа сигнализаторов газа основывается на различных датчиках: термомеханических, оптических или электромеханических, и их функциональным назначением является:

- световая и звуковая сигнализация;
- отключение подачи газа с помощью электромагнитного клапана;
- включение вытяжного устройства;
- подача сигнала на пожарный или диспетчерский щит.

Основным различием между газоанализаторами является вид улавливаемого газа. Самыми распространенными бытовыми сигнализаторами являются газоанализаторы для:

- угарного газа;
- метана;
- пропана.

Комбинированные газоанализаторы, способные улавливать сразу несколько видов газа.

Наиболее распространённым и целесообразным оказывается контроль метана в помещениях и шахтах, так как он является взрывоопасным газом и в высоких концентрациях вызывает удушье. Однако, его мониторинг в окружающей среде и атмосфере также важен, так как он относится к основным парниковым газам, наряду с углекислым газом и парами воды. Их повышенная концентрация и парниковый эффект приводит к глобальному потеплению и росту сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, психологических расстройств [4]. Хотя метан слабо токсичен и содержится в приземном слое атмосферы в низких концентрациях, его контроль – достаточно важная задача.

Следующим, наиболее востребованным для контроля газом, как внутри помещений, так и в атмосферном воздухе, является угарный газ CO . Оксид углерода –

не имеющий запаха и бесцветный ядовитый газ, возникающий при неполном сгорании органических соединений. Острая необходимость в применении датчиков контроля концентрации угарного газа в частном секторе, где в домах находятся печи/камины. При недостаточном количестве кислорода в области горения, СО не сгорает и распределяется по помещению. При кратковременном воздействии могут возникать головокружение, тошнота и слабость. При более длительном – нарушение дыхания, тахикардия, судороги и потеря сознания, что в свою очередь может привести к смерти.

В атмосфере контроль этого параметра также необходим, так как он выделяется в атмосферу в больших количествах в результате сжигания топлива и выбросов промышленными предприятиями. В настоящее время в результате деятельности человека в атмосферу поступает около 300 миллионов тонн угарного газа в год. Оксид углерода относится к числу восьми наиболее опасных и распространённых категорий загрязняющих веществ [4] в частности ввиду того, что образует стойкое соединение с гемоглобином [5]. Из-за этого нарушаются процессы транспортировки кислорода в организме, в следствие чего возникает гипоксия тканей, обморок, асфиксию дыхательных путей и смерть. Таким образом, использование датчиков концентрации угарного газа важно как на уровне индивидуального пользования, так и на уровне контроля параметров окружающей среды государственными органами и предприятиями.

Существует большое количество параметров, которые необходимо контролировать в воздухе, так как они имеют большое значение для благоприятной жизни человека. В Западной Европе выделяется 28 особо опасных химических элементов, соединений и их групп, в которые входят как органические, так и неорганические вещества. Они включены в международный реестр потенциально токсичных химических веществ и их мониторинг является приоритетным. В соответствии со статьёй 42 Конституции РФ «Каждый гражданин России имеет право на благоприятную окружающую среду и на достоверную информацию о ее состоянии». При этом государственный мониторинг атмосферного воздуха (контроль концентрации загрязняющих веществ) является составной частью государственного экологического мониторинга. Подобный контроль на территории Москвы осуществляет государственное природоохранное бюджетное учреждение «Мосэкомониторинг». Проанализировав параметры, по которым осуществляется контроль на территории Москвы, были выявлены наиболее приоритетные: СО – угарный газ, NO₂ – диоксид азота, SO₂ – сернистый ангидрид, O₃ – озон, H₂S – сероводород.

Все рассматриваемые параметры входят в число 28 особо опасных химических элементов. Например, диоксид азота – устойчивый токсичный газ желтого цвета, при постоянном вдыхании которого воздействует на печень, лёгкие и кровь, приводя, даже, к необратимым последствиям. В большом количестве он выделяется в результате человеческой деятельности, в частности, при работе электростанций и использовании автотранспорта. Общий выброс оксидов азота в год в мире превышает 50 млн. т [6]. Озон – вредный компонент городского смога, который чрезвычайно ядовит и имеет первый класс опасности. Его воздействие приводит к болезням и изменению функции лёгких, старению. Озон в сочетании с производными оксидов азота раздражают носоглотку, приводят к спазмам грудной клетки [7]. Диоксид серы – бесцветный газ с острым запахом, который также выделяется в атмосферу в результате работы теплоэлектростанций и при сжигании нефтепродуктов. Его повышенное и даже среднее содержание в воздухе оказывает пагубное влияние на фауну и способствует образованию кислотных дождей. Воздействие сернистого ангидрида в концентрациях, превышающих ПДК, приводит к возникновению осложнений болезней дыхательных путей, нарушению функции дыхания и воспалению бронхов и носоглотки. Сероводород – бесцветный газ с неприятным запахом, пары которого в сочетании с воздухом образуют взрывоопасные смеси. При его воздействии могут наблюдаться обмороки, удушья, боли в глазах вплоть до летального исхода при длительном воздействии.

Установлена прямая зависимость между уровнем загрязнения воздуха и такими заболеваниями, как поражение верхних дыхательных путей, сердечная недостаточность, бронхиты, астма, пневмония, эмфизема легких, а также болезни глаз. Следовательно, мониторинг всех вышеописанных параметров является важной и актуальной задачей как для отдельного человека, так и для государства в целом. Для упрощения измерений концентрации вредных веществ в атмосфере и наличия таких веществ в помещениях разрабатываются автоматизированные комплексы и приборы, которые осуществляют их постоянный мониторинг при минимальном участии человека. В частности, с 2010 года на территории РФ действует распоряжение, подписанное В.В. Путиным, определяющее стратегию деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года. Этот документ определяет направления развития деятельности в области метеорологии, мониторинга состояния окружающей среды и приоритетной задачей является модернизация и техническое перевооружение всех элементов системы наблюдения за состоянием окружающей среды (совершенствование систем получения, сбора, анализа и обработки данных) [8].

В настоящее время ведутся две работы по разработке автоматизированных систем мониторинга описанных веществ. Первая работа нацелена на разработку автоматизированного метеорологического комплекса, который помимо измерения параметров окружающей среды будет нацелен на определение концентрации таких вредных веществ, как CO, NO₂, SO₂, O₃ и H₂S, и передачу всех измеренных параметров оператору в центре мониторинга. Вторая работа ведётся в области разработки газосигнализатора, применяемого в жилых и производственных помещениях, измеряя при этом концентрацию взрывоопасных и горючих газов, таких как угарный газ и метан.

1. Статистика взрывов газа с человеческими жертвами [интернет-ресурс] <http://tass.ru/info/4255543> (дата обращения 29.04.2019)
2. Метан и его химические свойства [интернет-ресурс] http://www.niikm.ru/articles/element_articles/methane/ (дата обращения 03.05.2019)
3. Определение и принцип работы газосигнализатора [интернет-ресурс] <https://dic.academic.ru/dic.nsf/emergency/435/Газосигнализатор> (дата обращения 07.05.2019)
4. Калюкова Е.Н. Экологический мониторинг атмосферы: практикум для бакалавров направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» по профилю «Инженерная защита окружающей среды». – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 131 с.
5. Павлов А.Н. Экология: рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебное пособие / А.Н. Павлов. – М.: Высшая школа, 2005. – 343 с.
6. Глазунов В.И. Санитарная оценка загрязнения атмосферы оксидами азота [Текст] / В.И. Глазунов, А.Б. Магид // Нефтяное хозяйство. – 2006. – №1. – С. 117 – 119.
7. Луценкова Е.О. Оценка и прогноз качества атмосферного воздуха в районе ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук – М.: РУДН, 2016. – 143 с.
8. Стратегия деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года: распоряжение от 3 сентября 2010 г. № 1458-р.

Лейсле А.В.

**Блок-схема обоснования безопасных параметров систем разработки
месторождений в сейсмически активных районах**

*Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-11

idsp: sciencepublic-12-05-2019-11

Множество месторождений мира и России располагаются в районах, характеризующихся интенсивно расчлененным рельефом, повышенной сейсмической активностью и сложной тектонической обстановкой (рудники ОАО

«Северуралбокситруда», ОАО «Апатит», перспективные месторождения Байкальского региона и множество других). Как показывает опыт отработки месторождений в сейсмических районах, землетрясения могут оказывать значительное негативное воздействие на подземные сооружения, вызывая динамические толчки в нарушенном массиве, деформирование крепи и контура выработок, обрушение целиков [1, 2, 3, 4]. Это обстоятельство диктует необходимость учета возможных сейсмических воздействий на параметры горных работ уже на этапе проектирования систем разработки.

Известны некоторые аналитические подходы к оценке устойчивости выработок при сейсмических воздействиях [5, 7, 8, 9]. Однако, они разработаны для узкого круга специфических задач, включающих расчет одной или нескольких протяженных выработок в однородной среде в постановке плоской деформации (что значительно облегчает математические выкладки, необходимые для решения подобного рода задач, но сужает круг их применения). В случае сложной геометрии модели, наличия смежных отработанных пространств как в пределах одного этажа, так и на соседних этажах, неоднородности свойств горных пород, наличия геологических нарушений в исследуемой области, требуется использовать методы, с помощью которых возможно учесть максимальное число влияющих факторов. Кроме того, решение задач, в которых выработки имеют сопоставимые размеры в плане и поперечном сечении, расположены вблизи друг от друга и оказывают взаимовлияние, необходимо искать исключительно в трехмерной постановке.

Вышесказанное определяет актуальность разработки методики оценки сейсмического воздействия от землетрясений на подземные сооружения и определение на ее основе безопасных параметров эксплуатации подземных сооружений и ведения горных работ в сейсмически активных регионах.

В основу предлагаемого подхода заложено моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород, испытывающего одновременное воздействие горных работ, тектонических и сейсмических сил, с помощью метода конечных элементов. К положительным сторонам метода можно отнести учет вышеперечисленных и других геологических и горнотехнических факторов, влияющих на выбор параметров системы разработки. Помимо этого, преимуществом метода на этапе научного обоснования проектных разработок является возможность его эффективного использования в условиях неопределенности исходных данных и меньшая трудоемкость по сравнению, например, с экспериментами на физических моделях.

Предлагаемые методические подходы к оценке сейсмического воздействия от землетрясений на элементы систем разработки и подземные сооружения могут быть представлены в виде отдельных блоков, показанных на рис. 1.

Первые два этапа являются подготовительными и включают в себя сбор необходимых исходных данных с участка строительства и компоновку на основе этой информации горно-геомеханических моделей (расчетных схем). Третий и четвертый блоки предназначены для получения и анализа выходных параметров (результатов моделирования). В случае получения неудовлетворительных результатов по заданным исходным параметрам системы разработки, выполняется возврат к этапу II и компоновка моделей с новыми параметрами.

Рис. 1. Схема к выбору безопасных параметров систем разработки с учетом сейсмической и тектонической активности горного массива

На последнем этапе производится разработка рекомендаций по итогам анализа результатов моделирования.

Схема первого блока (этапа) представлена на рис. 2. В блоке выделяются пять подэтапов:

I.1 Известными методами оцениваются компоненты исходного поля напряжений σ_x , σ_y , σ_z в массиве (начальные условия для задания в расчетных схемах).

I.2 Выбор и определение физико-механических характеристик для характерных комплексов горных пород вмещающего массива и руды основываются на применяемой в анализе модели поведения материала и на выбранном критерии прочности. Так, в случае использования в расчетах пластической модели Кулона-Мора, к таковым относятся модуль деформаций, коэффициент Пуассона, коэффициент сцепления, предел прочности на растяжение, угол внутреннего трения пород, плотность пород.

В целом, выбор геомеханической модели для расчетов основывается на соображении, что принятая модель поведения горных пород должна позволять адекватно оценивать те особенности массива, которые имеют наиболее определяющее значение в рамках решаемой задачи.

I.3 Данные о структурных особенностях массива включают геологические характеристики, способные оказать существенное влияние на устойчивость его ответственных элементов, в частности, количество систем трещин, их геометрические параметры, данные о зонах ослабления пород, о геологических нарушениях в пределах обрабатываемого участка.

Учет влияния трещиноватости и слоистости горных пород на их свойства в натуре возможно осуществить с помощью одного из подходов: а) по известным методам (например, [6]) путем пересчета прочностных и деформационных свойств, полученных при испытании образцов; б) прямыми испытаниями пород в натуре; в) путем использования соответствующих геомеханических моделей трещиноватых массивов.

Влияние геологических нарушений или зон ослабления пород учитывается явным образом при компоновке моделей на этапе II.

I.4 Описываются горно-геологические характеристики моделируемого участка: угол падения рудного тела, вынимаемая мощность, глубина залегания, параметры системы разработки (высота этажа, ширина целиков и камер) и другие.

I.5 Для анализа сейсмического воздействия от землетрясения принимаются характерные для региона акселерограммы (записи ускорений грунта). В качестве таковых рекомендуется принимать акселерограммы землетрясений с максимальной магнитудой, когда-либо зарегистрированной в данном регионе (с целью максимизации негативных влияющих факторов).

Схема блока II представлена на рис. 3. На данном этапе формируются горно-геомеханические модели (расчетные схемы) в соответствии с данными, полученными на этапе I. Определяются исследуемые параметры (например, ширина целиков, высота этажа и т.п.); задается диапазон их варьирования. Основное требование к модели заключается в ее подобию натуре и адекватном представлении протекающих в массиве физических процессов, что может быть удовлетворено путем сопоставления известных опытных данных и полученных расчетным путем величин (к примеру, напряжений в характерных точках массива) и необходимой корректировкой модели.

Рис. 2. Схема блока I «Сбор исходных данных»

Рис. 3. - Схема блока II «Компоновка горно-геомеханических моделей (расчетных схем)»

На этапах III и IV производятся расчет и анализ выходных данных (рис. 4). До выполнения расчетов на этапе IV.1 выбирается критерий, по которому оценивается устойчивость вмещающего массива. Расчетный блок включает два подэтапа: статический III.1 и динамический III.2 анализ. На первом этапе к модели

прикладываются квазистатические тектонические и гравитационные силы. На втором этапе моделируются динамические нагрузки от землетрясений путем приложения к базе модели ускорений в вертикальном и горизонтальном направлениях.

После статического этапа расчетов III.1 анализируется состояние ответственных элементов массива и выбираются устойчивые варианты. В случае отсутствия приемлемых вариантов, производится возврат на этап II и компоновка моделей с новыми параметрами.

Выбранные на этапе IV.3 модели рассчитываются на динамическое воздействие от землетрясения, и производится анализ их устойчивости. В случае получения удовлетворительных результатов, происходит переход к этапу V «Разработка рекомендаций». В случае, если устойчивость не обеспечена, модель компоуется с новыми параметрами.

Компоновка моделей с новыми параметрами системы разработки производится на основе анализа предыдущих результатов расчетов. Так, в случае неустойчивости целиков, увеличивается их ширина. Если целики устойчивы, возможно снижение их ширины для соответствующего понижения уровня потерь.

Схема блока V «Разработка рекомендаций» представлена на рис. 5.

Рис. 4. Схема «Расчетного блока» III и «Блока анализа результатов» IV

Рис. 5. Схема блока V «Разработка рекомендаций»

Помимо собственно оценки параметров систем разработки месторождений, рассмотренный подход может быть применен и для исследования устойчивости других

подземных сооружений (заглубленных тоннелей, камер ГЭС, трубопроводов, крепи горных выработок и т.д.) в сейсмических районах.

1. Dowding, C.H., Rozen, A., 1978. Damage to rock tunnels from earthquake shaking. J. Geotech. Eng. Div., ASCE 104 (GT2), 175-191.
2. Power, M., Rosidi, D., Kaneshiro, J., 1998. Seismic vulnerability of tunnels-revisited. In: Ozedimir, L., (Ed.). Proceedings of the North American Tunneling Conference. Elsevier, Long Beach, CA, USA.
3. Sharma, S., Judd, W.R., 1991. Underground opening damage from earthquakes. Eng. Geol. 30, 263-276.
4. Еременко А. А., Серяков В. М. и Еременко В. А. Технологические основы безопасной разработки железорудных месторождений в сейсмоактивном Алтае-Саянском горном районе // Горный журнал. - 2006 г. - №10. - стр. 94-97.
5. Ковалев О. В., Тхориков И. Ю., Мозер С. П. Горногеомеханические проблемы высоконадежного захоронения токсичных отходов в зонах повышенной сейсмоактивности // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2006 г. - №4. - стр. 194-197.
6. Руппенейт К. В. Деформируемость массивов трещиноватых горных пород. - Москва : Недра, 1975. - 223 с..
7. Саммал А. С., Фотиева Н. Н., Деев П. В. Оценка устойчивости пород вокруг горных выработок при тектонических и сейсмических воздействиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2003 г. - №5. - стр. 186-189.
8. Фотиева Н. Н., Козлов А. Н. Расчет крепи параллельных выработок в сейсмических районах. - Москва : Недра, 1992. - 231 с.
9. Фотиева Н. Н., Шелепов Н. В. Расчет обделок тоннелей мелкого заложения на сейсмические воздействия // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2000 г. - №3. - стр. 26-30.

Мартюченко И. Г., Бекеров В. Э.

Обратная засыпка траншей мерзлым грунтом

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.
(Россия, Саратов)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-12

idsp: sciencepublic-12-05-2019-12

Для транспортировки полезных ископаемых от газовых и нефтяных месторождений требуется прокладка к ним трубопроводов. На территории, где среднесуточная температура воздуха и, соответственно, грунта не превышает 0°C практически круглый год, обратная засыпка трубопроводов вызывает некоторые трудности, а именно – после разработки траншеи, производства всех необходимых работ по укладке трубопровода сваленный грунт смерзается, и дальнейшая его отсыпка становится невозможной без предварительной его разработки, так как недостаточно измельченный грунт может повредить изоляцию трубы или же вообще саму трубу.

Основной способ по обратной засыпке траншей при высокой степени промерзания грунта изложен в «СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87». Данный свод правил накладывает множество ограничений на осуществление обратной засыпки мерзлым грунтом, в частности [1]:

1) Содержание мерзлых комьев не должно превышать 20-30% от общей массы засыпаемого грунта;

2) Размер твердых включений (в данном случае речь именно о мерзлых комьях) не должен превышать 2/3 не должен превышать 2/3 толщины уплотненного слоя, но не более 15 см для грунтовых подушек и 30 см для прочих насыпей и обратных засыпок;

Также при проведении работ по обратной засыпке трубопроводов недопустимым является повреждение трубы или изоляции.

Имеющееся на сегодняшний день оборудование не может соответствовать требованиям, указанным в пособии [1].

Из всего вышеописанного следует вывод о том, что на сегодняшний день требуется оборудование для обратной засыпки траншей мерзлым грунтом, которое монтировалось бы на базовую машину, основной функцией предполагаемого

оборудования должны являться операции по одновременной разработке, измельчению мерзлого (смерзшегося) грунта, с последующей его отсыпкой в траншею..

Рассмотрим наиболее подходящие способы разработки (а также обеспечивающие ее, снижающие трудоемкость данного процесса) грунта.

Предохранение от промерзания (или уменьшение глубины промерзания) не представляется возможным при проведении работ в условиях вечной мерзлоты [2]. Применение мощных машин для разработки мерзлого грунта сдерживает возможность намерзания грунта на рабочее оборудование, а также отсутствие возможности получения необходимой фракции грунта [2]. Оттаивание грунта является очень эффективной операцией, но наиболее дорогостоящей из всех известных, его применение обусловлено только тогда, когда применение других способов невозможно [2]. Разработка мерзлого грунта взрывом неуместно в случае с обратными засыпками, так как при данном способе отсутствует возможность контроля получаемой фракции грунта, вдобавок этот способ является небезопасным. Ударный способ является наименее трудозатратным и наиболее эффективным методом разработки грунта, но его внедрение в работы по обратной засыпке траншей мерзлым грунтом также сдерживается отсутствием возможности получить требуемой мелкокусовой фракции грунта [2].

Среди известных способов разработки мерзлого грунта следует выделить способ, включающий в себя непосредственное его рыхление - разрушение массива грунта с помощью механического воздействия. Преимуществом данного способа является то, что посредством рыхления можно добиться необходимой крупности кусков грунта, которые не смогут повредить изоляцию труб. Данный способ также не лишен недостатков, описанных выше, в частности, отсутствует возможность непосредственной отсыпки разработанного грунта в траншею без привлечения дополнительных машин. [2].

Среди рабочего оборудования для рыхления особого внимания заслуживают роторные фрезы, навешиваемые на экскаватор. Особое преимущество их заключается в том, что они эффективны при работе с мерзлыми грунтами. Данные фрезы буквально "вгрызаются" в грунт, размельчая его [3].

К сожалению, данные фрезы имеют возможность только измельчать, но не перемещать грунт в продольном направлении относительно фрезы, то есть проблема обратной засыпки траншей мерзлым грунтом не решена.

Оборудование для обратной засыпки траншей мерзлым грунтом должно отвечать следующим требованиям:

- 1) Возможность получения фракции грунта, соответствующей СП 45.13330.2012.
- 2) Возможность отсыпки мерзлого грунта в траншею одновременно с ее рыхлением.
- 3) Непрерывность процесса отсыпки грунта.
- 4) Монтаж оборудования должен осуществляться на бульдозер – наиболее часто используемой машиной для осуществления обратной засыпки траншей.

Реализация данных требований позволит повысить эффективность работ по укладке трубопроводов в зимнее время, а также в условиях вечной мерзлоты.

1. СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.
2. Телешев В.И. и др. Производство гидротехнических работ. Часть 1. Учебник для вузов/ Телешев В. И., Ватин Н. И., Марчук А. Н. и др. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 430 с.
3. Роторные проходческие фрезы SIMEX TF для экскаваторов и экскаваторов-погрузчиков. [Электронный ресурс]: <http://simex-rus.ru/simex-tf-потоные-проходческие-разрыхление-мерзлого-грунта-разбор-скальной-горной-породы-тоннельные-работы.html>

Мусаев А.А., Иниваткин А.А.

Прогнозирование состояния нестационарных процессов на основе выявления и обработки ситуаций-аналогов

Санкт-Петербургский Государственный Технологический Институт
(Россия, Санкт-Петербург)

doi:10.18411/spc-12-05-2019-13

idspr: sciencepublic-12-05-2019-13

Аннотация

Рассматривается задача прогнозирования на основе выявления ситуаций-аналогов в массивах ретроспективных данных. В случае, когда системная компонента наблюдаемого процесса представляет собой непериодический колебательный временной ряд (реализацию хаотической динамики), традиционные схемы распознавания оказываются малоэффективными. Задача состоит в построении системы выявления и обработки аналогов, позволяющей получить прогноз для условий нестационарной динамики.

Ключевые слова: нестационарный случайный процесс, прогнозирования, аналоги, прецедент, метод ближайшего соседа, метрическая классификация.

Введение. Рассматривается задача прогнозирования нестационарного случайного процесса, характерного, например, для управления газодинамическими технологическими процессами (ТП). Особенностью решаемой задачи является системная компонента рассматриваемого процесса, представляющая собой реализацию детерминированного хаоса, т.е. колебательный непериодический процесс [1, 2]. В этих условиях традиционные методы экстраполяционного прогноза оказываются не эффективными. Вариант альтернативного прогноза, рассмотренный в настоящей работе, основан на методе ближайших соседей [3, 4]. При таком подходе, методами распознавания в базе данных (БД) ретроспективных наблюдений отыскиваются один (прецедент) или несколько аналогов, подобных текущему состоянию процесса. Последующие за ними интервалы наблюдений принимаются в качестве прототипов прогноза. Достаточно ожидаемо, что для нестационарного процесса с хаотической системной составляющей последствия, используемые в качестве прототипов прогноза, могут существенно отличаться от реальных изменений процесса. Анализ эффективности такого подхода и возможности его улучшения на основе совместной обработки найденных ситуаций-аналогов посвящена настоящая работа.

Постановка задачи. Имеем одномерный временной ряд $Y(k)$, $k = 1, \dots, N$, формируемый системой мониторинга реального нестационарного процесса. Простейшая модель такого процесса задается известной аддитивной схемой $Y(k) = X(k) + v(k)$, $k = 1, \dots, N$, где $v(k)$ – случайный процесс, имитирующий шумы системы. Примерами таких процессов являются вариации вектора состояния газодинамической среды ТП. Простейший анализ независимости и стационарности исследуемого процесса, например, на основе медианного критерия серий или критерия восходящих и нисходящих серий [5], показывает, что он не удовлетворяет указанным условиям. Более того, системная компонента $X(t)$ данного процесса, порождается хаотической динамикой, и представляет собой непериодический колебательный процесс. Отсюда непосредственно следует, что традиционные методы экстраполяционного прогноза случайных процессов неприемлемы по своей сути: невозможно пролонгировать динамику с изменяющимися по неизвестному правилу параметрами процесса. Однако в силу ограниченной инерционности многих реальных

процессов, могут оказаться приемлемыми некоторые методы прецедентного анализа, широко используемые в задачах распознавания образов.

В качестве метрики близости $\rho(Y_w(k), Y_w(k-i))$ используется квадратичное расстояние между текущим окном наблюдения $Y_w(k) = (Y(k), \dots, Y(k-L))$ и окнами данных $Y_w(i) = Y(i, i+L)$, $i = 1, \dots, N_0 - L$, формируемые в процессе сканирования БД ретроспективных наблюдений объемом в N_0 отсчетов. Здесь L - размер окон состояния и сканирования. Для нестационарных процессов величины L и τ представляет собой опции, допускающие уточнение в процессе адаптации модели наблюдения.

Простейший вариант прогноза сводится к методу ближайшего соседа, при котором в качестве естественного прецедента выбирается окно сканирования с номером i^* , обладающее максимальным подобием окну текущего состояния $Y_w(k)$, т.е.

$$Y_w(i^*) : \rho[Y_w(k), Y_w(i^*)] = \min \quad \forall i = 1, \dots, N_0 - L. \quad (1)$$

В качестве прогноза $\tilde{Y}(k+\tau)$ в этом случае используется соответствующее последствие за окном прецедента, т.е. значение наблюдения из БД, отстоящее от границы окна сканирования на интервал прогнозирования τ $\tilde{Y}(k+\tau) = Y(i^* + L + \tau)$.

В более общем случае [6-8] в качестве прогноза используется усреднение последствий по группе из m_a аналогов $(i_1^*, \dots, i_{m_a}^*)$, обладающих наименьшими значениями метрики $\rho[Y_w(k), Y_w(i)] \quad \forall i = 1, \dots, N_0 - L$, т.е.

$$\tilde{Y}(k+\tau) = \frac{1}{m_a} \sum_{j=1}^{m_a} Y(i_j^* + L + \tau). \quad (2)$$

Недостатком последнего соотношения является равнозначность всех аналогов, независимо от степени их подобия текущей ситуации $Y_w(k)$. В связи с этим целесообразно использовать в качестве прогноза взвешенную сумму последствий с весами, пропорциональными степени подобия. Если для прецедента (1) этот вес выбрать равным единице $w_1 = 1$, то для остальных аналогов данные веса равны $w_j = \rho_1 / \rho_j = 1 / \rho_j$, $j = 2, \dots, m_a$. Тогда взвешенное значение прогноза определяется из соотношения

$$\tilde{Y}(k+\tau) = \frac{1}{S(m_a)} \sum_{j=1}^{m_a} \omega_j Y(i_j^* + L), \quad \text{где} \quad S(m_a) = \sum_{j=1}^{m_a} w_j. \quad (3)$$

Следует отметить, что последовательный поиск аналогов, отвечающих критерию (1), как правило, приводит к формированию групп подобия, состоящих из рядом стоящих окон сканирования. Следовательно, предложенное расширение метода ближайшего соседа практически не привносит новой информации и не улучшает качество прогноза. Для устранения указанного недостатка необходимо усложнить выбор аналогов, полученных в процессе сканирования БД. В качестве варианта программного решения может быть предложена вычислительная схема, основанная на искусственно формируемой области запрета выбора аналогов, последовательно включающей в себя Δ_j - окрестности отсчетов i_j , $j = 1, \dots, m_a$, отвечающих выбранным

аналогам. В случае, если последующее по величине возрастания метрики близости в упорядоченном массиве данных окно сканирования окажется в области запрета, то оно не может использоваться в качестве аналога. Размер области запрета Δ_j также является опцией, в качестве первого приближения его выбирают равным половине окна сканирования $L/2$.

Значимой особенностью поиска аналогов является требование предварительного сглаживания прогнозируемого процесса. Динамическое сглаживание позволяет отыскивать подобные ситуации, ориентируясь на системную составляющую процесса. Такой подход позволяет повысить достоверность промежуточных решений по выбору ситуаций-аналогов. В данной работе использовалось простейшее экспоненциальное сглаживание $\hat{Y}(t) = \alpha Y(t) + (1 - \alpha) \hat{Y}(t-1)$ с коэффициентом сглаживания $\alpha = 0.02$. В общем случае, коэффициент α , так же как и другие опционные параметры, целесообразно включить в список показателей, подлежащих параметрической оптимизации.

Пример выбора ситуаций-аналогов представлен на рис. 1. Вертикальная линия разделяет зону ретроспективных данных, используемых для формирования прецедентного прогноза, от рабочей зоны, на которой осуществляется тестирование алгоритма. Начало и концы интервалов, отвечающих текущей ситуации и аналогам, отмечены, соответственно звёздочками и крестиками, значения прогноза – ромбиками.

На рис. 2 приведены развернутые графики окна текущего состояния (верхний график) и окон-аналогов. Второе сверху окно одновременно является прецедентом по методу ближайшего соседа. На сплошные линии аналогов пунктиром наложен график текущего состояния, позволяющий наглядно убедиться в качественном решении задачи селекции аналогов на основе квадратичной метрики.

Рис. 1. Пример текущей ситуации и окон-аналогов на общем временном графике сглаженного процесса.

Рис. 2. Окно текущей ситуации (верхний график) и отвечающие ему окна-аналоги

Для улучшения качества прогноза следует обратить внимание на степень подобия аналогов. В частности, второй аналог дал совершенно неправильный прогноз, однако степень подобия его по отношению прецедента составляет лишь 0.49. Это означает, что предварительная фиксация числа ситуаций аналогов для нестационарных процессов ухудшает качество прогноза и, следовательно, программа должна быть дополнена вторым уровнем селекции аналогов, определяемым пороговым уровнем допустимого подобия.

С другой стороны следует учитывать размер интервала прогнозирования для процессов данного класса. Очевидно, что уменьшение интервала прогнозирования

позволяет получить более точный результат. Так, например, снижение интервала прогноза с 200 до 100 отсчетов позволило снизить ошибку прогноза в рассмотренном примере на 17,5% и получить вполне удовлетворительное решение для решаемой прикладной задачи. Однако сокращение времени прогнозирования не всегда допустимо. Например, в задаче оценки параметров качества выходного потока ТП по значениям параметров его состояния интервал прогноза определяется структурой производства и не допускает изменения.

Рис. 3. Пример изменения относительной точности прогноза параметра технологического процесса с нестационарной динамикой

Улучшение качества прогнозирования может достигаться за счет использования системы распределенных прогнозаторов, основанных на слабых классификаторах с последующей совместной обработкой. В частности, могут независимо использоваться классификаторы, основанные на соотношениях (1-3) с выбором решения, отвечающего варианту с наиболее точным прогнозом на предшествующем скользящем участке наблюдения. Такая схема позволяет получить для определенного класса прикладных задач вполне удовлетворительные результаты. Так, например, прогнозирование текущей температуры в химическом реакторе, используемом в процессе производства ароматических углеводородов, позволяет получить, как это видно на рис. 3., относительную погрешность прогноза в пределах нескольких процентов. При этом чаще всего предпочтение отдавалось варианту прогноза с тремя ближайшими соседями с селекцией аналогов на уровне подобия менее 50% и экспоненциальным сглаживанием с астатизмом первого порядка и коэффициентом передачи $\alpha = 0.02$.

Для нестационарных процессов более сложной природы, не обладающих массовой или энергетической инерционностью, построить эффективной прогноз на основе рассмотренной простейшей схемы не удалось. Это означает необходимость в дальнейших исследованиях, основанных на учете внешних факторов и многомерных статистических метриках.

Заключение. Представленные исследования позволяют обосновать допустимость применения прецедентного анализа для некоторого класса задач прогнозирования нестационарных процессов с хаотической системной компонентой. В частности, приведенный подход обычно приемлем для процессов, обладающих инерционностью. Однако для безынерционных процессов, например, порожденных динамикой рыночных котировок, такой прогноз совершенно не соответствует реальным значениям. В связи с этим необходимо проведение дальнейших исследований в двух направлениях:

1. Построение самоорганизующихся алгоритмов прогнозирования, учитывающих изменения внешних факторов, влияющих на контролируемый процесс;

2. Применение многомерного анализа по группе коррелированных процессов с использованием метрик многомерного статистического анализа. В частности, представляет интерес исследовать эффективность прецедентного прогноза на основе расстояния Махаланобиса, или других, достаточно нестандартных метрик, таких, как след Хотеллинга или след Пиллаи [8].

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились в рамках бюджетной темы №0073–2019–0004 и Международного проекта ERASMUS+, Capacity building in higher education, №73751-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP.

The research described in this paper is partially supported by the state research 0073–2019–0004 and International project ERASMUS+, Capacity building in higher education, # 73751-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP.

1. Peters, E. E. Chaos and order in the capital markets: a new view of cycles, prices, and market volatility (2nd ed.)/ E.E. Peters – NY: John Wiley & Sons, 1996. – 288p.
2. Омельченко, А. В. Нестационарные процессы в газовой динамике/ А.В. Омельченко, В. Усков, А. Кожемякин – СПб.: Издательство БГТУ, 2005.
3. Advances in Data Mining. Applications and Theoretical Aspects – 18th Industrial Conference, ICDM 2018, New York, NY, USA, July 11-12, 2018, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science, 10933, Springer 2018. – 452p.
4. Larose, D.T. Discovering knowledge in data. Second ed./ D.T. Larose, C.D. Larose – Wiley: 2014. – 336p.
5. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных/ С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин/ Под ред. С.А. Айвазяна – М.: Финансы и статистика, 1993. – 471с.
6. Гухман, А.А. Введение в теорию подобия/ А.А. Гузман – ЛКИ: 2010. – 296с.
7. Макшанов, А.В. Технологии интеллектуального анализа данных/ А.В. Макшанов, А.Е. Журавлев – Лань: 2018. – 212с.
8. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности/ С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин/ Под ред. С.А. Айвазяна – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607с.

Мусаев А.А., Фенин М.М.

**Робастификация алгоритмов регрессионного анализа в задачах оценивания
изменения состояния нестационарных систем**

*Санкт-Петербургский Государственный Технологический Институт
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-14

idsp: sciencepublic-12-05-2019-14

Статистическая технология робастификации алгоритмов оценивания позволяет снизить чувствительность формируемых оценок к вариациям вероятностных характеристик наблюдаемого процесса. В частности, робастные оценки менее чувствительны к вариациям функции распределения, и в определенных случаях применимы к обработке нестационарных процессов. При этом предполагается, что вариации функции распределения не выводят их за пределы некоторого априори заданного класса, характеризуемого известным набором ограничений. Расширение класса допустимых вариаций функции распределения неизбежно приводит к ориентации на более «загрубленные» методы обработки, и, как следствие к той или иной форме снижения качества оценивания. В частности, для алгоритмов формирования системной компоненты динамики котировок, снижение чувствительности следящего фильтра ведет к росту задержки оценки (лага), который, в свою очередь, приводит к снижению качества управления торговыми операциями.

Таким образом, возникает необходимость в построении версий робастификации алгоритмов обработки данных, позволяющий, с одной стороны, сохранить их устойчивость к вариациям статистических характеристик наблюдаемых процессов, а с

другой стороны, обеспечить их чувствительность к изменениям системной составляющей динамики котировок, используемой в процессе выработки управляющих решений.

Для решения данной задачи, в качестве следующего примера робастификации алгоритма обработки данных, рассмотрим задачу последовательного регрессионного оценивания системной составляющей процесса изменения котировки индекса фондового рынка по наблюдениям за состоянием валютного рынка. При этом в качестве регрессоров используем совокупность опорных валют {EURUSD, EURJPY, USDJPY}, определяющих динамику большинства основных трендов на валютном рынке.

Примеры изменения котировок индексов DJ и FTSE в течение одной торговой сессии и соответствующие им изменения котировок опорных валют представлены на рис. 1-2.

Рис. 1. Пример изменения котировок индекса DJ и соответствующие ему изменения котировок опорных валют

Рис. 2. Пример изменения котировок индекса FTSE и соответствующие ему изменения котировок опорных валют

Из приведенных графиков видно, что на всем интервале работы торговой сессии корреляционные связи между фондовыми индексами и значениями валютных инструментов выражены достаточно слабо. Тем не менее, несмотря на общую слабую линейную взаимосвязь, на коротких интервалах времени, прилежащих к моменту оценивания, корреляционные связи выражены более сильно и позволяют формировать достаточно точные оценки системной составляющей. В качестве примера на рис. 3-4 приведены регрессионные оценки индексов DJ и FTSE по опорным валютным регрессорам {EURUSD, EURJPY, USDJPY}, построенные на скользящем окне наблюдения, равным 10 минутным отсчетам.

В принципе, при удачном выборе скользящего окна наблюдения, регрессионные технологии скользящего оценивания позволяют получить эффективные торговые стратегии. Однако их эффективность будет существенно зависеть от структуры наблюдаемого процесса, которая, в силу своей хаотической природы, непрерывно меняется. Попытки создания адаптивных контуров (путем подстройки размера скользящего окна наблюдения) не приводят к положительному результату в силу наличия в рядах наблюдений хаотической компоненты (непериодического колебательного процесса).

Рассмотрим в качестве системной составляющей, используемой для формирования торговых решений, сглаженную ошибку регрессионной оценки. В основу предлагаемой стратегии лежит гипотеза о том, что валютные и фондовые рынки являются двумя взаимосвязанными процессами, отражающими общие мировые экономические процессы. В этом случае возникает принципиальная возможность восстановления значений индексов площадок фондового рынка по опорным валютным регрессорам. При этом можно предположить, что превышение регрессионной оценки индекса его текущей котировки, свидетельствует о рыночной недооценке этого индекса (с точки зрения состояния валютного рынка). В этом случае рынок, в силу своей корректирующей природы, будет увеличивать стоимость котировки индекса. И наоборот, если регрессионная оценка окажется ниже текущей котировки индекса, то это означает его переоценку с точки зрения валютного рынка и котировки индекса должны падать. Отсюда непосредственно вытекает вариант торговой стратегии, в соответствии с которой открытие позиции вверх следует осуществлять в случае перегиба сглаженной функции погрешности вниз, и, наоборот, открытие позиции надо осуществлять вниз в случае перегиба указанной функции вверх.

Рис. 3. Пример восстановления котировок индекса DJ по опорным валютным регрессорам

Рис. 4. Пример восстановления котировок индекса FTSE по опорным валютным регрессорам

Разумеется, выполнение данной гипотезы, и успешность основанной на ней торговой стратегии, следует ожидать только в среднем. На практике, имеют место ситуации, при которых данные соображения будут некорректными. Так, например, в случае, когда недооценка котировки индекса совпадает с сильным положительным трендом, как самого индекса, так и его оценки, то о снижении котировки индекса можно говорить лишь в относительных единицах, в том смысле, что динамика индекса и оценки будет сближаться. Однако общий положительный тренд останется доминирующим, результирующая динамика котировки будет направлена вверх и управление приведет к проигрышу.

Наилучшую эффективность соответствующая выдвинутой гипотезе торговая стратегия может дать на участках с сильной флуктуационной компонентой и незначительным общим трендом. В качестве соответствующего примера на рис. 5-6 приведены графики центрированных значений котировок индексов DJ и FTSE для однодневных сессий, графики их регрессионных оценок по валютным регрессорам и сглаженные графики изменения погрешностей их регрессионных оценок. Для наглядности значения сглаженных погрешностей (будем далее называть их невязками) увеличены в 4 раза.

Рис. 5. Динамика котировок DJ, ее регрессионная оценка и сглаженная погрешность оценивания

Рис. 6. Динамика котировок FTSE, ее регрессионная оценка и сглаженная погрешность оценивания

Осуществим идентификацию перегибов сглаженной функции невязок (погрешностей регрессионной оценки) в соответствии со вторым вариантом этой процедуры, описанным в предыдущем подразделе.

Рис. 7. Индикаторы открытия позиций для котировок DJ, построенные на основе невязок оценивания по МНК

Рис. 8. Индикаторы открытия позиций для котировок DJ, построенные на основе невязок оценивания по РМНК

Рис. 9. Индикаторы открытия позиций для котировок FTSE, построенные на основе невязок оценивания по МНК

Рис. 10. Индикаторы открытия позиций для котировок FTSE, построенные на основе невязок оценивания по РМНК

Рассмотрим перегибы линии невязок как идентификаторы моментов открытия позиций. Эффективность управления (открытия позиций) будем считать, используя подпрограмму Total, предназначенную для подсчета выигрышных и проигрышных открытий для заданных уровней выигрыша TP и проигрыша SL. На рис. 7-8 в качестве примера представлены динамика котировок индекса DJ, сглаженная линия невязок с тем же коэффициентом передачи экспоненциального фильтра $\alpha = 0.05$, и индикаторы открытия, соответствующие перегибам линии невязок, но обозначенные в виде звездочек на линии изменения котировок. На рис. 7 приведены графики, соответствующие оцениванию котировок DJ на основе описанного выше классического регрессионного оценивания по МНК на скользящем окне наблюдения в 20 одноминутных отсчетов.

На рис. 8 приведены аналогичные результаты, однако графики были построены на основе робастифицированного скользящего алгоритма по МНК (РМНК).

В основу робастификации регрессионного анализа положена вычислительная схема М-оценивания для случая класса засоренных нормальных распределений [1, 2]. В этой ситуации модификация вычислительного алгоритма может быть сведена к последовательной схеме винзорирования значений регрессоров, в роли которых, как уже отмечалось, выступают котировки опорных валют.

Схема винзорирования включает в себя последовательное формирование сглаженных значений регрессоров. В качестве сглаживающего алгоритма можно использовать любой последовательный фильтр (МНК, фильтр Калмана, фильтры с конечной памятью и т.п.). В данном случае для простоты повторно использовался экспоненциальный фильтр с таким же коэффициентом передачи $\alpha = 0.05$. Для данного конкретного примера при использовании традиционной регрессионной оценки относительное количество ошибочных открытий n_{Lost} составило 47.06%, в то время как для робастифицированной схемы - 40%. Как правило, неадаптированные схемы робастификации позволяют повысить качество управления не более, чем на 10%, однако этого значения во многих случаях оказывается достаточным чтобы перейти от проигрышной торговой сессии к выигрышной. В качестве подтверждающего примера, рассмотрим аналогичные результаты для восстановления значений индекса FTSE по котировкам тех же опорных валют в течении однодневной торговой сессии. Соответствующие графики представлены на рис. 9-10.

При использовании традиционной регрессионной оценки показатель качества управления (соотношение ошибочных и успешных открытий) составило 50.8%, в то время как для робастифицированной схемы – 46,6%.

Заключение. Приведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что снижение чувствительности регрессионных оценок к вариациям функции распределения в рамках заданного класса допустимых распределений (то есть робастификация алгоритма оценивания) позволяет повысить качество управления торговыми операциями.

При этом динамическая подстройка робастифицированной версии, в отличие от традиционной схемы последовательного оценивания, не требуют высокой оперативности, поскольку относятся не к динамике наблюдаемого процесса, а к изменению достаточно широкого класса распределений. В связи с этим, данный подход допускает дальнейшее повышение эффективности за счет применения адаптивных

методов. Данный вопрос можно рассматривать как перспективу для продолжения настоящих исследований.

1. Мусаев А.А. Устойчивые методы определения движения. СПб.: МО СССР, 1989. 172 с.
2. Хьюбер П. Робастность в статистике // Пер. с англ. под ред. И.Г. Журбенко. М.: Мир, 1984. 303 с.

Оселедцева И.В.¹, Якуба Ю.Ф.², Резниченко К.В.²

Контроль качества коньячных дистиллятов на основе соотношения спиртов брожения

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
(Россия, Краснодар)

²ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»
(Россия, Краснодар)

doi:10.18411/spc-12-05-2019-15

idsp: sciencepublic-12-05-2019-15

Реферат.

Представлен анализ исследования покомпонентного состава основных высших спиртов брожения в коньячных дистиллятах молодых и выдержанных в контакте с древесиной дуба (1-40 лет), выработанных в разных географических зонах стран СНГ и ЕС.

Обоснована целесообразность использования соотношения концентраций изоамилового и изобутилового спиртов при оценке качества дистиллятов. Установлено, что в дистиллятах, полученных с применением фракционированной перегонки столового виноматериала до концентрации этилового спирта в дистилляте не более 70 % об., концентрация изоамилового спирта превышает концентрацию изобутилового спирта в 2 и более раза. Показано, что значения отношения изоамиловый спирт/изобутиловый спирт в в готовой продукции (бренди, коньяк) на уровне 1,0 и менее могут быть обусловлены использованием дистиллятов с концентрацией этилового спирта свыше 90% об. с последующим разбавлением их водой до требуемых кондиций.

Введение.

Высшие спирты являются существенной ароматической составляющей дистиллятов и бренди [1]. Они переходят в вино непосредственно из винограда, а также синтезируются вследствие жизнедеятельности дрожжей из углеводов и аминокислот [2]. Основными спиртами брожения являются изоамиловый и изобутиловый, их доля составляет более 50% от общей суммы всех синтезируемых спиртов [2]. В наибольшем количестве дрожжами образуется изоамиловый спирт (от 40 до 70 % от всей суммы высших спиртов) [3]. Нормативный контроль содержания высших спиртов в дистиллятах и бренди осуществляется по суммарному показателю в соответствии с требованиями, установленными в Регламенте ЕС 110/2008/ЕС [4] и стандартах на продукцию, действующих на территории России [5,6].

Несмотря на тот факт, что накопление изобутилового и изоамилового спиртов происходит на стадии получения вина, при перегонке сформированный состав летучих примесей существенно изменяется в виду особенностей поведения разных летучих веществ во время дистилляции. Таким образом, соотношения концентраций отдельных спиртов могут быть рассмотрены в качестве основы для разработки расчетных критериев контроля качества дистиллятов, бренди и коньяков.

Материалы и методы исследований.

В качестве материалов исследований были использованы: производственные образцы дистиллятов из столового вина молодых и выдержанных в контакте с древесиной дуба (1-40 лет), выработанных в разных географических зонах стран СНГ и ЕС, а также российские бренди и коньяки разных категорий; опытные образцы виноматериалов и дистиллятов из винограда европейских сортов коньячного направления и сортов межвидового происхождения.

При выполнении измерений использовали хроматограф газовый, оснащенный пламенно-ионизационным детектором с пределом детектирования не более $5 \cdot 10^{-12}$ гС/с и колонку исследования проводили методом газовой хромато-масс-спектрометрии (прибор «хроматографическую капиллярную HP-FFAP (производство США) 50 м х 0,32 мм х 0,52 мкм. Паралельно Perkin Elme rClarus 600T»; колонка Elite-WaxETR50 м х 0,32 мм х 0,52 мкм). Предел обнаружения методики ГХ-МС составил 0,05 мг/дм³.

Обсуждение результатов.

В результате комплексного исследования состава летучих веществ высококачественных дистиллятов и бренди ($n > 1000$), выработанных в разных географических зонах стран СНГ и ЕС, нами установлено, что значения соотношения изоамилол/изобутанол варьируют в диапазоне от 2,0 до 5,5; значение коэффициента парной корреляции между анализируемыми спиртами по данным статистической обработки составляет более 0,9. Полученные экспериментальные данные согласуются с научными данными о составе бренди из винограда [12], сливы [14,15]; яблок, груши [9]; дистиллятов из виноградной выжимки (граппа и орухо) [11]; бурбона (Bourbon whiskey), арманьяка (Armagnac), французского коньяка (Cognac), бренди французских, германских и испанских [15]; рома, ирландского виски (Irish whiskey), бренди болгарских, калифорнийских, чилийских, египетских, румынских, итальянских, венгерских, российских [12]. Таким образом, диапазон варьирования значений соотношения изоамилол/изобутанол в интервале от 2,0 и до 5,5 является типичным для сельскохозяйственных дистиллятов и получаемых из них напитков.

Тем не менее, анализ литературных данных свидетельствует о том, что в некоторых образцах шотландского и канадского виски низкой ценовой категории отношение изоамилол/изобутанол составляет 1 и менее [12,15]. По нашим данным это не может быть обусловлено особенностями сырья, а также влиянием условий брожения, видом дрожжей и прямыми подкормками аминокислотами [16,17]. По мнению R. I. Aylott и W. M. MacKenzie это может быть обусловлено использованием непрерывного способа перегонки (Patent или Coffeystill, автор Аэнас Коффи, 1831 год) [18, 19]. Согласно полученным нами экспериментальным данным соотношение концентраций изоамилол/изобутанол в образцах дистиллятов, получаемых однократной сгонкой, варьирует в диапазоне 2,0-3,5, в образцах, получаемых двойной перегонкой – в диапазоне 4,0-5,5 (при уровне объемной доли этилового спирта в дистиллятах 66,2-69,8%).

Такая разница в данных может быть обусловлена наличием укрепляющей колонки (тарелок Писториуса) на аппарате однократной сгонки, в результате чего происходит не только укрепление, но и очищение спирта, тогда как на кубовых аппаратах дистиллят только укрепляется за счет процесса дефлегмации. Тем не менее, на наш взгляд, определяющим фактором, влияющим на соотношение изоамилола и изобутанола в дистилляте, является не способ перегонки, а степень укрепления дистиллята. Это обусловлено тем, что высшие спирты, являясь промежуточными примесями, при разной крепости перегоняемой жидкости могут вести себя как головные или хвостовые примеси. При перегонке виноматериала и спирта-сырца, крепость которых составляет менее 35 % об., изобутанол и изоамилол ведут себя как чистые головные примеси и в значительном количестве переходят в головную фракцию, а также в среднюю. Это позволяет регулировать (до определенной степени) общий уровень их концентрации в получаемом дистилляте, но без существенного

сдвига соотношения концентраций. Поэтому в дистиллятах и бренди, полученных из столового вина с применением двойной перегонки с фракционированием, отношение концентраций изоамилол/изобутанол не должно существенно отличаться от значений данного отношения в вине с некоторой тенденцией увеличения доли изоамилола. Динамика изменения значений соотношения изоамилол/изобутанол в полупродуктах при получении дистиллятов из столового вина, выработанного из сорта винограда Алиготе с применением четырех разных штаммов дрожжей (Варианты 1-4), представлена на Рисунке 1.

Рисунок 1. Динамики изменения соотношения изоамилол/изобутанол при дистилляции

При перегонке сред с высоким уровнем концентрации этанола или при использовании аппаратов непрерывного действия (с наличием ректификационной колонны), позволяющих получать дистилляты крепостью до 90 % об. и более, соотношение анализируемых спиртов будет изменяться в сторону увеличения доли изобутилового спирта. Это обусловлено тем, что с повышением концентрации этанола в перегоняемом растворе изменяются коэффициенты ректификации изобутанола и изоамилола, которые имеют характер хвостовых примесей, но с разной летучестью [20]. Ввиду различия значений индивидуальных коэффициентов ректификации данных спиртов соотношение их концентраций при перегонке будет постепенно изменяться за счет более существенного очищения дистиллята от изоамилового спирта при постепенном укреплении дистиллята, тем самым сдвигая соотношение в сторону увеличения доли изобутанола в получаемом дистилляте.

Учитывая тот факт, что дистилляты с высокой концентрацией этанола могут быть выработаны не только непрерывной перегонкой, но также по способу простой многократной дистилляции, нами были исследованы экспериментальные образцы дистиллятов, полученные дополнительной перегонкой с фракционированием. Согласно результатам анализа состава опытных образцов дистиллятов при укреплении молодого коньячного дистиллята простой перегонкой также происходит существенная чистка дистиллята, при этом существенно изменяется соотношение изоамилола и изобутанола за счет разницы их коэффициентов ректификации (Рисунок 2).

Рисунок 2. Уровень концентраций и отношение изоамилол/изобутанола в дистиллятах с разным содержанием этанола

При анализе динамики изменения соотношения концентраций изоамилол/изобутанол при перегонке дистиллятов с изначальной крепостью более 60 % об. установлено, что динамика перехода изоамилола и изобутанола в этом случае существенно отличается от динамики перехода определяемых спиртов при перегонке вина на коньячный или бренди-дистиллят. Это обусловлено варьированием коэффициентов ректификации данных спиртов при перегонке. Установлен значительный сдвиг соотношения изоамилола и изобутанола за счет увеличения доли изобутанола при общем снижении концентрации обоих компонентов. Данные по составу фракций опытных образцов укрепленных дистиллятов представлены в Таблице 2.

Таблица 2

Данные по составу фракций укрепленных дистиллятов, получаемых простой перегонкой, $P=0,95$

Анализируемый образец	Этанол, %об.	Массовая концентрация, мг/дм ³		Изоамилол/изобутанол
		Изоамилол	Изобутанол	
Перегоняемый дистиллят №1	62,6	1694	356	4,8
Полученный дистиллят по фракциям (№1)				
Фракция 1 (33%)	82,1	673	408	1,6
Фракция 2 (33%)	75,7	1445	532	2,7
Фракция 3 (16%)	46,1	1256	261	4,8
Перегоняемый дистиллят №2	82,5	675	336	2,0
Полученный дистиллят по фракциям (№2)				
Фракция 1 (29,3 %)	90,2	270	277	1,0
Фракция 2 (33,3 %)	86,2	382	290	1,3
Фракция 3 (28,7 %)	80,2	930	484	1,9

Результаты исследований свидетельствуют о том, что соотношение изоамилол/изобутанол зависит от концентрации этанола в полученном после завершения перегонки дистилляте, что обусловлено разной динамикой перехода спиртов в дистиллят при перегонке и ректификации.

Выводы.

Обосновано использование соотношения концентраций изоамилол/изобутанол для определения диапазона концентраций этилового спирта (% об.) в дистилляте, полученном сразу после завершения перегонки. Установлено, что в дистиллятах, полученных с применением фракционированной дистилляции столового виноматериала до концентрации этилового спирта в дистилляте не более 70 % об., соотношение концентраций ++++++изоамилол/изобутанол составляет не менее 2,0. Показано, что в готовой продукции значения соотношения изоамилол/изобутанол на уровне 1,0 и менее могут быть обусловлены использованием дистиллятов с концентрацией этилового спирта свыше 90% об. с последующим разбавлением их водой до требуемых кондиций.

1. Lachenmeier, D. W. Defining maximum levels of higher alcohols in alcoholic beverages and surrogate alcohol products / D. W. Lachenmeier, S. Haupt, K. Schulz // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2008. – Vol. 50. – P. 313–321
2. Родопуло, А.К. Основы биохимии виноделия / А. К. Родопуло. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 240 с.
3. Berger, R. G. Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability (Электронная книга Google) / Springer Science & Business Media, 6 марта 2007 г. - Всегостраниц: 648 URL: https://books.google.ru/books?id=ax1OvyH8jGoC&dq=compounds+in+spirits&hl=ru&source=gbs_navlinks_s

4. Техническое регулирование производства и оборота винодельческой продукции и спиртных напитков. Регламенты Европейского союза/Под ред. Л.А. Оганесянца, А.Л. Панасюка. – М.: Промышленно-консалтинговая группа «Развитие» по заказу ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, 2009. – 200 с.
5. ГОСТ 31728-2014. Дистилляты коньячные. Технические условия. - Введ. 2016-05-01.- Москва: Стандартинформ, 2015. - 5 с.
6. ГОСТ 31732-2014. Коньяк. Общие технические условия. - Введ. 2016-05-01.- Москва: Стандартинформ, 2015. - 5 с.
7. Lukić, I. Behavior of volatile compounds during traditional alembic distillation of fermented Muscat Blanc and MuškatRužaPorečki grape marcs / I. Lukić, S. Tomas, B. Miličević, S. Radeka, Đ. Peršurić // J. I. Brewing. – 2011. – Vol.117. –P. 440–450
8. Tsakiris, A. Grape brandy production, composition and sensory evaluation / A.Tsakiris, S. Kallithraka, Y. Kourkoutas // J. Sci. Food Agric. – 2014. – Vol. 94. – P. 404–414
9. Coldea, T. Gas-Chromatographic Analysis of Major Volatile Compounds Found in Traditional Fruit Brandies from Transylvania, Romania / T. Coldea, C. Socaciu, M. Vodnar // Not. Bot. Horti. Agrobo. – 2011. – Vol. 39(2). – P. 109-116
10. Winterová, R. Assessment of the Authenticity of Fruit Spirits by Gas Chromatography and Stable Isotope Ratio Analyses / R. Winterová, R. Mikulíková, J. Mazáč, P. Havelec // Czech J. Food Sci. – 2008. – Vol. 26. – No. 5. – P. 368–375
11. Cortés, S. Comparative study between Italian and Spanish grape marc spirits in terms of major volatile compounds / S. Cortés, R. Rodríguez, J. M. Salgado, J. M. Domínguez // Food Control. – 2011. – Vol. 22. – P. 673-680
12. Suomalainen, H. Aroma of Beer, Wine and Distilled Alcoholic Beverages / Springer Science & Business Media, 31 мая 1983 г. - Всегостраниц: 424; URL: http://books.google.ru/books/about/Aroma_of_Beer_Wine_and_Distilled_Alcohol.html?id=allg4XxlOM4C&redir_esc=y
13. Spaho, N. Effects of distillation cut on the distribution of higher alcohols and esters in brandy produced from three plum varieties / N. Spaho, P. Dürr, S. Grba, E. Velagić-Habul // J. Institute of Brewing & Distilling. – 2013. – Vol. 119. – P. 48–56
14. Jung, A. Volatile congeners in alcoholic beverages: analysis and forensic significance / A. Jung, H. Jung, V. Auwärter, S. Pollak, A. M. Fähr, L. Hecser, A. Schiopu // J. Romanian Society of Legal Medicine. – 2010. –Vol.18. – P. 265 – 270
15. Maarse, H. Volatile Compounds in Foods and Beverages / CRC Press, 29 марта 1991, 784 с. URL: https://books.google.ru/books?id=_OvXjhLUz-oC&dq
16. Оселедцева, И.В. Влияние штамма дрожжей и подкормок аминокислотами на накопление высших спиртов в коньячных виноматериалах / И.В. Оселедцева, К.В.Резниченко, Н.М. Агеева, Т.И. Гугучкина // Научно-практический журнал ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» «Вестник АПК Ставрополя». – 2014. – № 3(15). –С. 26-30
17. Оселедцева, И.В. Влияние аланина и валина на биосинтез изобутилового и изоамилового спиртов на стадии брожения виноградного сусла / И.В.Оселедцева, Т.И.Гугучкина, Н.М. Агеева //Изв. Вузов «Пищевая технология». – 2015. – № 2-3 (344-345). – С. 21-24
18. Campbell, I. Grain whisky distillation / I. Campbell // In: Whisky – Technology, Production and Marketing. I. Russell, Ed., Academic Press: London, 2003. – P. 181-208
19. Aylott, R. I. Analytical Strategies to Confirm the Generic Authenticity of Scotch Whisky / R. I. Aylott, W. M. MacKenzie // J. Institute of Brewing & Distilling. – 2010. – Vol. 116(3). – P. 215–229
20. Яровенко, В.Л. Технология спирта / В.Л. Яровенко, В.А. Маринченко, В.А. Смирнов [и др.]; под ред. Проф. В.Л. Яровенко. – М.: Колос, «Колос-Пресс», 2002.– 464 с.

Сорокин В.А., Крупский А.А.

Разработка технологического процесса вертикального прессования брикетов с выдержкой времени под давлением

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»
(Россия, Оренбург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-16

ids: sciencepublic-12-05-2019-16

Аннотация

Основным направлением утилизации древесных отходов является их использование для получения тепловой и электрической энергии, что представляет собой альтернативу традиционным видам топлива, т.к. они являются CO₂ – нейтральными и имеют низкое содержание серы. Переработка опилок и древесных отходов в топливные брикеты делают деревообрабатывающее производство безотходным и экологически чистым.

В статье рассматривается технологический процесс производства брикетов, отличающийся от существующих процессов вертикальной установкой гидроцилиндра, осуществляющего прессование изделия.

Брикетиrowание – процесс, в ходе которого сырьё (отходы) спрессовывается под высоким давлением со связующим или без него. По сравнению с общепринятыми видами топлива, в т.ч. древесными топливными гранулами, древесные брикеты имеют такие преимущества, как повышенную теплотворную способность 4,4 – 4,6 кВт/кг, что в 1,5 раза больше, чем у древесины, в 2 раза больше, чем у газа и сравнима с углем; более эффективное горение брикетов в топке котла – количество золы не превышает 0,6 – 0,9% от общего объема брикета; отсутствие отрицательного воздействия на окружающую среду. Затраты энергии на производство брикетов составляют порядка 2% от содержания энергии, что на много ниже затрат на добычу природного газа или нефти.

Ключевые слова: брикет, пресс, гидроцилиндр, гидрораспределитель.

Классическая технология производства топливных брикетов состоит из нескольких этапов. В начале сырьё сушат до 10 % влажности. Далее, для облегчения прохождения сырья на всех последующих стадиях обработки производится его измельчение, при этом фракция материала не превышает 25х25х2 мм. На следующем этапе подготовленное сырьё поступает в установку, где под действием давления нагревается и спекается за счет выделения естественного связующего – лигнина. При прессовании сырьё под давлением нагревается до 240...320 °С, за счет чего происходит спекание брикета. На заключительном этапе продукция упаковывается.

Производят топливные брикеты трех основных видов:

- в виде кирпича RUF (Руф) с использованием гидравлических прессов под давлением 300 – 600 бар;
- экструдерные брикеты Pini Kay в виде четырех или шестигранных брикетов с радиальным отверстием заданной длины (25...40 см) изготавливают на шнековых прессах методом сочетания высокого давления уровнем от 100 до 1100 бар и термической обработки;
- цилиндрические брикеты Nestro в виде цилиндрических брусков (диаметр 50...90 мм, длина – 50...100 мм) производят на гидравлических прессах под давлением 400–600 бар.

Для производства топливных брикетов используются гидравлические, механические ударного типа и шнековые presses.

На рисунке 1 представлена схема рассматриваемого процесса прессования брикетов в форме кирпича, отличающегося от существующего процесса вертикальной установкой прессующего элемента – гидроцилиндра. Из бункера сырьё попадает в формы, закреплённые на конвейерной ленте, движение которой осуществляется по команде от конечного выключателя, установленного в верхней точке гидроцилиндра пресса. При достижении формы положения непосредственно под штоком гидроцилиндра пресса начинается цикл прессования, по окончании которого конвейерная лента продолжает движение. Изготовленные брикеты самостоятельно покидают форму, и собираются в бункер для готовой продукции.

Рисунок 1 – Схема прессования брикетов

Гидроцилиндр пресса (ГЦ) типа ЦГ-250.90х220.22 выбран на основании данных, приведенных в таблице 1[1].

Таблица 1

Параметры использованные для выбора гидроцилиндра

Параметр	Формула	Значение
Размер брикета		150×90×60 мм
Удельный вес щепы, ρ_1		700 кг/м ³
Удельный вес брикета RUF, ρ_2		1300 кг/м ³
Размер формы		150×90×110 мм
Площадь горизонтальной поверхности брикета, S_1		135 см ²
Максимальное давление на брикет, P_1		600 бар
Максимальное усилие на штоке ГЦ, F	$F = P_1 \cdot S_1$	81000 кгс = 810000 Н
Номинальное давление в системе, P		16 МПа
Радиус штока ГЦ, r	$r = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot p}}$	0,124 м
Диаметр штока ГЦ, D		250 мм
Толкающее усилие выбранного ГЦ		98100 кг

Гидронасос НШ 12,0/3,3К выбран для стабильной и надёжной работы ГЦ на основании данных, приведенных в таблице 2 [2].

Таблица 2

Параметры для выбора гидронасоса

Параметр	Обозначение	Значение
Время полного выдвижения штока	t	3 с
Рабочий объём поршневой полости	V	10,79 л
Требуемая подача насоса	v	3,6 л/с = 206 л/мин
Объём рабочей штоковой полости ГЦ	V	9,39 л
Время втягивания штока ГЦ	t	2,6 с

На рисунке 2 представлена упрощенная гидравлическая схема предлагаемого технологического процесса работы пресса без предохранительного клапана, отвечающего за максимальное усилие, развиваемое ГЦ в его конечных положениях. Выбор режима работы ГЦ определяет гидрораспределитель, имеющий три положения.

Рисунок 2 – Гидравлическая схема технологического процесса работы пресса

Циклограмма работы пресса представлена на рисунке 3. За начало принят момент достижения верхнего положения штока ГЦ. Через время равное 1,5 секунды на электромагнит YA1 гидрораспределителя подаётся сигнал, вследствие которого происходит цикл опускания штока ГЦ, продолжающийся в течении 4,5 секунд, при

этом в течении первых трёх секунд шток достигает контакта с сырьём, засыпанным в форму, а на протяжении оставшихся 1,5 секунд происходит процесс прессования брикета. При достижении давления, выше необходимого срабатывает предохранительный клапан, регулировка срабатывания которого обеспечивает требуемую плотность изделия. По истечению времени цикла прессования наступает пауза длительностью 0,4 секунды. Далее на протяжении 2,6 секунды выполняется цикл поднятия штока ГЦ, который осуществляется подачей сигнала на электромагнит YA2 гидрораспределителя. Далее цикл повторяется. Команды с контроллера подаются в соответствии с входными сигналами от конечных выключателей SQ1 и SQ2. В случае некорректных входных сигналов контроллер не выдаёт управляющих импульсов и зажигает светодиод «Авария». Включение и отключение оборудования осуществляется подачей питания на электродвигатель.

Рисунок 3 – Циклограмма технологического процесса работы пресса

В начальный момент времени шток ГЦ находится в верхнем положении. На электромагниты гидрораспределителя управляющие воздействия отсутствуют, конечный выключатель SQ1 замкнут, разрешая тем самым движение конвейера. Через время равное примерно 1 секунде срабатывает конечный выключатель SQ2 (форма находится под прессом) прекращается движение конвейера, подаётся управляющее воздействие на электромагнит гидрораспределителя YA1 и начинается рабочий ход ГЦ. Спустя 3 секунды шток поршня ГЦ достигает нижнего положения, и на протяжении ещё 1,5 секунд продолжает давить на образовавшийся брикет. После четырёх с половиной секунд рабочего хода штока ГЦ снимается управляющее воздействие с электромагнита YA1 гидрораспределителя, и через время 0,4 секунды подаётся управляющее воздействие на его электромагнит YA2, тем самым подавая команду на поднятие штока ГЦ. В течении последующих 2,6 секунды поршень достигает своего верхнего положения. Контакты конечного выключателя SQ1 замыкаются, запуская конвейерную ленту. Далее цикл повторяется.

Таким образом начало цикла работы ГЦ осуществляется подачей команды от конечного выключателя SQ2, который срабатывает при достижении формы, наполненной сырьём, положения строго под его штоком. Так как движение конвейерной ленты циклично, а её запуск и останов осуществляются по командам от контактов конечных выключателей SQ1 и SQ2 соответственно, то участие команд контроллера для её управления не требуется. Итак, имеем следующий алгоритм работы: При срабатывании контакта SQ2 подаётся команда на электромагнит YA1 гидрораспределителя в течении времени равному 4,5 секунд. Через время равное 0,4 секунды после снятия четырёх с половиной секунд импульса с электромагнита YA1, подаётся команда длительностью 2,6 секунды на электромагнит гидрораспределителя YA2. После выполнения указанного цикла наш механизм готов к выполнению очередного по команде от конечного выключателя SQ2.

Результирующие характеристики приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результатирующие характеристики технологического процесса

Параметр	Значение
Время полного цикла	не более 9 с
За рабочую смену производится	3600 брикетов
Масса 1 брикета	1 кг

Для осуществления технологического процесса работы ГЦ используются 2 входных дискретных сигнала с конечных выключателей SQ1 и SQ2 и три выходных дискретных сигнала для управления электромагнитами YA1 и YA2 гидрораспределителя и сигнализатором «Авария». Аварийное отключение гидроцилиндра осуществляется отключением силовой части привода двигателя и в систему управления не заводится. При этом в случае нелогичного положения сигналов от конечного выключателя SQ1 и SQ2 включается сигнализатор «Авария».

1. Официальный сайт фирмы «Гидрокомлект», электронный ресурс, режим доступа: http://gik43.ru/product_83998.html.
2. Официальный сайт ОАО «ГСКТБ ГА» Гомельское специальное кон-структорско-техническое бюро гидропневмоавтоматики, электронный ресурс, режим доступа: <http://www.gsktb.com/pdf/NAP140.pdf>.

Шариков Ю.П.**Оптимизация механических колебательных систем сельскохозяйственного оборудования**

*Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия
(Россия, Нижний Новгород)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-17

idsp: sciencepublic-12-05-2019-17

Колебания при работе машин оказывают решающее влияние на их надежность и долговечность. Из-за большой сложности теоретических расчетов реальных колебательных систем во многих случаях предлагаются упрощенные методы расчетов. Зачастую их результаты не только далеки от действительности, но и порой приводят к решениям, усугубляющим отрицательное воздействие колебаний. Экспериментальное исследование колебательных систем также достаточно сложно. Все это в подавляющем большинстве случаев приводит к снижению долговечности некоторых деталей или к неоправданному повышению запаса прочности других.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве делается основной упор на использование ресурсосберегающих технологий. Применение современных сберегающих технологий позволило бы ежегодно экономить десятки миллиардов рублей за счет сокращения использования топлива и смазочных материалов, в 2-3 раза снизить затраты металла для производства сельскохозяйственных машин, остановить эрозию почв, сохранить окружающую среду [1].

Снижение затрат металла, в частности при производстве сельскохозяйственной техники, связано с применением эффективных методов при решении задачи оптимизации сложных механических колебательных систем, к которым можно отнести и многие виды сельхозтехники.

В процессе проектирования объектов сельхозмашиностроения с заданными техническими требованиями ключевую роль играют методы параметрической оптимизации. Задача оптимизации, как многократно повторяющегося процесса отыскания таких входных параметров машины или конструкции, при которых ее выходные параметры принимают наилучшие значения, имеет два основных аспекта.

Первый из них заключается в формулировании критерия оптимальности. Так, можно по-разному формулировать цели расчета, и в зависимости от этого получать различные решения задачи оптимизации. При этом формулировка критерия

оптимальности производится, исходя из конкретной физической сущности задачи. Второй же аспект заключается в выборе методов и алгоритмов решения задачи оптимизации по выбранному критерию.

При оптимальном проектировании сельхозмашин, состоящих из множества узлов, включающих в себя разнообразный перечень деталей, следует учитывать следующие моменты [3]:

1. При решении задачи оптимального проектирования приходится сравнивать между собой противоречивые критерии качества, которые обычно свертываются в какой-то один интегральный критерий с весовыми коэффициентами, определяемыми по экспертным оценкам. Однако, когда отдельные критерии имеют различный физический смысл, задание одного интегрального критерия становится затруднительным, поэтому задача поиска оптимальных вариантов конструкции должна ставиться как многокритериальная с противоречивыми критериями качества.
2. При оптимизации конструкции необходим расчет отдельных критериев качества и множества пробных точек параметров конструкции в допустимой области их изменения. Математические модели, используемые на разных этапах проектирования, должны иметь разные уровни сложности. Так при решении задачи структурной оптимизации целесообразно использовать более простые математические модели, а при параметрической оптимизации – более сложные.
3. В связи со сложностью и недостаточной изученностью динамических процессов, протекающих в сложных конструкциях, часть динамических характеристик могут быть получены только экспериментальным путем и затем учтены в соответствующих матрицах операторного уравнения математической модели конструкции.

При решении вопроса параметрической оптимизации на электронно-вычислительных машинах возникают трудности, связанные главным образом с тем, что в случае многокритериальной постановки с противоречивыми критериями качества, время одного расчета сложной механической системы может быть велико, особенно при использовании метода конечных элементов.

С учетом вышеизложенного, задача оптимального проектирования разделяется на две взаимосвязанные стадии [2].

На первой – производится выбор рациональной структуры динамического объекта сельскохозяйственного производства. При этом большая роль отводится анализу упруго-деформированного состояния объекта при различных условиях его работы с целью уменьшения веса и повышения статической и динамической жесткости конструкции. Эти оценки, наряду с другими технологическими ограничениями, налагаемыми на проектируемую конструкцию, обычно определяют 2-3 предпочтительные структуры.

На второй стадии ведется рациональное проектирование отдельной структуры механического объекта системы сельскохозяйственного оборудования с использованием методов многокритериальной оптимизации. Задача оптимизации при необходимости решается как многокритериальная с противоречивыми критериями качества.

1. Горбачев И.В., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: КОЛОСС, 2006, 624 с.
2. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Либроком, 2016, 532 с.
3. Некоркин Ю.Е., Шариков Ю.П. Оптимизация механических колебательных систем в сельскохозяйственном производстве // Ресурсосберегающие технологии и технические средства в агропромышленном комплексе. Материалы международной научно-практической конференции. Н.Новгород, НГСХА, 2010, с.81-85.

РАЗДЕЛ III. ХИМИЯ

Мамедова Ф.С., Аббасов А.Д.

Гидрохимические особенности и перспективы использования подземных вод Нахчыванской автономной республики

*Институт Природных Ресурсов Нахчыванского отделения НАН Азербайджана
(Азербайджан, Нахчыван)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-18

idsp: sciencepublic-12-05-2019-18

Аннотация

Классическим и экспрессным колориметрическим методами были анализированы химический состав территориальных вод по макро- и микрокомпонентам; установлено количество растворенных в водах кислорода и озона. По степени минерализации изученные воды были разделены на три группы. Причина этого объясняется географическим положением этих местностей. Впервые нами определены микроэлементный состав изученных вод. На основании этого предположено, что эти воды было сформировано в грунтах, которые присутствуют минералы этих элементов. Во всех изученных водах доминирующий компонент является гидрокарбонат-ионы, по количеству его проследит сульфат-ионы. В сравнении изучены дебет, компонентный состав и диагностика ресурсных потенциалов подземных вод в различных частях Джулфинского и Шахбузского региона, результаты некоторых из них приведены по формуле Курлова.

Ключевые слова: подземные, минеральные и термальные воды, микро- и макрокомпоненты, гидрохимические особенности воды.

Abstract

The classical and express colorimetric methods were used to analyze the chemical composition of territorial waters by macro- and microcomponents; the amount of oxygen and ozone dissolved in the waters has been established. According to the degree of mineralization, the studied waters were divided into three groups. The reason for this is due to the geographical location of these areas. For the first time, we have determined the trace element composition of the studied waters. Based on this, it is assumed that these waters were formed in the soils, which are present in the minerals of these elements. In all studied waters, the dominant component is bicarbonate ions, the amount of which is traced by sulfate ions. Comparison studied the debit, component composition and diagnostics of the groundwater resource potentials in various parts of the Julfa and Shahbuz region, the results of some of them are given using the Kurlov formula.

Keywords: groundwater, mineral and thermal waters, micro and macro components, hydro-chemical characteristics of water.

Высокие горы, окружающие Нахчыванскую Автономную Республику с запада и востока, а также в определенной степени и с юга, препятствуют проникновению на территорию влажных воздушных масс. Изменения климата по высотным поясам меняют как отдельные метеорологические элементы, так и режим питания и течения рек [1]. На территории автономной республики длина рек, другими словами, путь, пройденный водной массой, уменьшается по направлению с запада на восток. Реки автономной республики (за исключением реки Арпачай), с различными по площади бассейнами (от 9 до 1630 км²), имеют одинаковый период полноводности. Основным источником ресурсов для всех рек региона являются подземные воды. Реки на

протяжении 6-8 месяцев на 30-45% питаются подземными водами. Подземные воды представляют собой сложные природные растворы, содержащие ионы, молекулы различных солей, органические и коллоидные соединения, также газы. В большинстве случаев подземные воды имеют определенные наборы ионов, наличие этих ионов в растворе определяет химический тип подземных вод. Известно, что подземные воды, насыщая осадочный покров, создают гранитные и осадочные слои в породах, а также в верхних слоях мантии. Физико-химические свойства образующихся водоносных комплексов оказывают существенное влияние на образование микроэлементов в подземных водах. Интенсивное образование подземных вод в регионе, обусловлено наличием сложных гидрогеологических условий в этом регионе [2]. Генезис полезных ископаемых в Нахчыванской Автономной Республике, в которой имеются различные источники минеральных вод, объем, а также состав водного слоя в разных геологических периодах, сыграли решающую роль в образовании минеральных вод и формировании микроэлементных составов.

Нахчыванская Автономная Республика обладает самыми богатыми в мире минеральными водными ресурсами. 60% запасов минеральной воды в Азербайджане приходится на долю Нахчыванской Автономной Республики [3]. Более 250 источников минеральной воды были зарегистрированы на площади 5,5 тыс.км² автономной республики. Установлено, что эти воды образуются в результате тектонических процессов в крупных речных долинах, в старых отложениях глубоких земных слоев. К ним относятся Восточный Арпачай, Нахчыванчай, Гиланчай, Алинджачай, Ордубадчай, Курудара и долины реки Айлис.

С повышением минеральности подземных вод на территории Джульфинского и Шахбузского районов, в их состав поступают все больше растворимых соединений из окружающих пород. В пресных водах обычно доминирует гидрокарбонатно-кальциевая группа. Чтобы определить общую обстановку подземных вод, надо изучить их физические свойства: температуру, запах, вкус, цвет, прозрачность, зависимость частицы, pH- определяющие кислотность воды, вместе с плотностью общую и карбонатную жесткость, сухой остаток, химический состав компонентов: свободные CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Na⁺+K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺. Был определен уровень минеральности, жесткость, количество ионов кальция, магния, гидрокарбоната, хлорида, сульфата, натрия и калия, взятых образцов, и концентрация этих компонентов в воде была выражена в мг-экв/л.

Экспериментальная часть. Для всех образцов воды определена степень минерализации, жесткость, количество ионов магния, кальция, сумма натрия и калия, гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов и pH среды. Концентрация указанных компонентов в воде выражена в мг-экв/л и мг/л. Общая жесткость воды определена титрованием пробы исследуемой воды раствором трилона Б с использованием в качестве индикатора кислотного хрома темно-синего в среде аммиачного буферного раствора. Общая жесткость рассчитывалась по формуле $C = N_{\text{тр-В}} \cdot K \cdot 1000 / V_{\text{H}_2\text{O}}$ (мг-экв/л), где $N_{\text{тр-В}}$ и $V_{\text{тр-В}}$ – нормальность раствора трилона Б и объем, израсходованный на титрование (мл), K – поправочный коэффициент, $V_{\text{H}_2\text{O}}$ – объем воды (аликвоты), взятой для анализа (мл). Кальций и магний определены титрованием раствором трилона Б с использованием в качестве индикатора мурексида (для Ca²⁺) и эриохрома черного Т (для Mg²⁺) в среде аммиачного буферного раствора. Количество ионов хлорида определялось параллельно двумя способами – растворами Hg₂(NO₃)₂ и AgNO₃ с использованием дифенилкарбазона и хромата калия в качестве индикаторов, а количество HCO₃⁻-ионов определено титрованием стандартным раствором 0,1 N HCl пробы воды [4]. Количество ионов Cl⁻, HCO₃⁻ рассчитано по формуле $X = N \cdot V \cdot E_A / 1000 V_A$. В этой формуле N и V – нормальность титранта и объем, израсходованный на титрование (мл), E_A и V_A – эквивалент определяемого компонента и объем, взятый для анализа (мл), V – объем раствора, предусмотренный для анализа (мл). Количество

сульфат-ионов также определялось двумя способами: а) вода при прибавлении хромовокислого бария выделяет хромовую кислоту в эквивалентном количестве сульфат-иону, который содержится в исследуемой воде. Образовавшуюся хромовую кислоту определяют йодометрически, оттитровывая выделившийся йод гипосульфитом:

$3\text{J}_2 + 6\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 6\text{NaJ} + 3\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ где 32 г SO_4^{2-} соответствуют одной нормальности $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ [5].

б) определение количества сульфат-иона также проводилось в процессе титрования в присутствии ализаринового красного S с раствором BaCl_2 в метанольной среде [6]. Содержание бора, брома и иода определено по методам, приведенным в [7]. Общая степень минерализации определена с помощью взвешивания на аналитических весах сухой массы, полученной после испарения пробы воды объемом 100 мл.

В последние времена в зарубежных источниках публикуются многочисленные материалы об экспрессном методе анализа воды. По сравнению с классическим анализом, этот метод в значительной степени быстрый, а также привлекает внимание полученными результатами. Наряду с классическими методами были использованы и экспрессные методы, и при этом были получены интересные результаты, которые дополняют первые.

Результаты и их обсуждений

Поскольку большая часть исследуемой воды используется для питья, мы также параллельно обратились к методам, которые использует фирма MERCK [8]. Желательно, чтобы pH такой воды не превышал 7,2-7,3. Понятно, что более высокие значения pH вызывают коррозию в водах и ведут к окаменению. При высоком значении pH происходит выпадение известкового осадка, помутнение воды, снижение прозрачности воды, возникает высыхание и зуд в теле человека. При низких значениях pH, увеличение ионов сульфата приводит к появлению пятен. В то же время, это может привести к таким неприятным последствиям, как сухость кожи, раздражение глаз и другие. В соответствии со стандартами, предложенными MERCK, считается условием наличие в питьевой воде мышьяка (III), иона аммония, меди (II), цинка, железа (II, III), фосфат иона, кальция, хлорного газа, оксида хлора – (IV), хлор -иона, магния, марганца (II), никеля, нитрат и нитрит-ионов, водорастворимого кислорода, озона, сульфат-иона и общего количества жесткости. Для компонентов с низкой концентрацией рекомендуются колориметрические, а для 0,1-1,0 г/л и высокой концентрации титриметрические методы. В анализируемых нами водах, количество мышьяка, аммоний-иона, меди, цинка, железа, фосфат-иона, марганца, никеля, нитрат-иона, растворенного кислорода и озона изменилось в соответствующих пределах с результатами колориметрических измерений: 0,1-0,25; 1,6-2,0; 2,0-2,5; 0,5-0,75; 0,8-1,2; 0,12-0,16; 0,5-1,25; 0,4-0,5; 6,5-8,5; 15-20; 2,8-5,5 мг/л. Для низкой концентрации предлагался метод ионной хроматографии. Соответствующие анализы не были проведены из-за отсутствия данного оборудования. Химический состав минеральных и термальных вод на изучаемых территориях формируется в результате взаимодействия различных природных и геологических процессов и обладает значительными целебными свойствами. Химические свойства этих типов воды определяют миграционные свойства микроэлементов, склонность их к рассеянию, их накопление и удаление из воды [9]. Изучены физико-химические и гидрохимические свойства, компонентный состав подземных вод в Джульфинском и Шахбузском районах. Были изучены ресурсы анализируемых нами водохранилищ, их бальнеологические свойства, степени распространения, в зависимости от высоты, показатели качества, и было определено, что образцы, взятые из различных источников воды горных зон обоих районов, по характеру региона, различаются уровнем минерализации, а также по

количеству катионов и анионов. Запасы водоемов рассчитываются исходя из количества воды, выделенной источником за 1 секунду. Источники Милах, Арафса, Байахмед, Шада и Бадамлы сильно отличаются от других источников из-за их полноводия. Хотя в летние месяцы наблюдается значительное уменьшение вод равнинной зоны, эту идею нельзя отнести к источникам горных зон.

Миграционный характер некоторых свойственных региону микроэлементов, распространенных в подземных водах, отличается от других регионов Автономной Республики. Йод, распространенный в подземных водах, выступает в виде йодида (I^-) и йодата (IO_3^-), свободного (I_2), в виде различных неорганических и органических соединений. Ионы йода являются восстановительными и характеризуются окислительными условиями. В зоне интенсивного водообмена подземных вод, характеризующихся окислительными условиями, основной формой миграции для йода считается форма йодата. В подземных водах форма йодата образует комплексные ионы с положительным зарядом кальция, магния, калия, стронция и бария. В нагруженных частях артезианских бассейнов, характеризующихся восстановительными условиями, все чаще встречаются йодид-ионы. В водорослевых отложениях йод придает особую разницу грунтовым, и особенно осадочным морским водам. Йод, под воздействием температуры и давления, постепенно переходит из иловых отложений в седиментационные воды. Йодированные воды обычно относятся к термальным водам с глубиной более $+100^{\circ}C$. С небольшим количеством йода термальная вода Дарыдаг в Джульфинском районе не пригодна для питья [10]. Как известно, йод имеет большое значение для организма человека, в первую очередь он необходим для нормального функционирования щитовидной железы. Поэтому недостаток йода вызывает серьезные осложнения в организме. В автономной республике к группе йодированных вод относятся минеральные воды Хошкешин и Аза. Из стакана минеральной воды 2-3 мг йода поступает в организм. В отличие от дарыдагской воды, эти воды пригодны для питья. Основная трудность, с которой мы столкнулись при анализе определения количества бора, брома и йода, связана с наличием их в воде в небольшом количестве. Так как в Дарыдагской термальной воде бор содержится в достаточно большом количестве (850-900 мг/л в расчете по B_2O_3), при анализе его никакие препятствия не возникли, но из-за небольшого количества этих трех элементов в других водах, невозможно выразить точную мысль об их определении. Распределение микроэлементов по отношению к макроэлементам в подземных водах дано в таблице 1.

Таблица 1.

Распределение микроэлементов в макроэлементах в подземных водах

Микроэлементы	Макроэлементы	Тип воды	Содержание данного микроэлемента, мг/л
Br	Cl	Хлоридные, Хлоридно-натриевые, Хлоридно-натриево-кальциевые	15-20 20-32 30--35
	Na	Гидрокарбонатные, Хлоридно-натриевый-кальциевый	30-65
	Ca	Хлоридно-натриевый-кальциевый	60-95
	Mg	Хлоридно-магниевые	105-150
B	Cl	Сульфатные, хлоридно-натриевый	315-350
	Na	Сульфатные, Хлоридно-натриевый-кальциевый-магний	350-380 380-400

	Ca, Mg, Ca,Mg,Na, Cl,HCO ₃ ,SO ₄	Хлоридно-натриевые, Хлоридно- магниевого,хлоридно-натриево- кальциевые, гидрокарбонатные	400-505 450-565 550-590
J	Cl, SO ₄	Хлоридные, сульфатные	15-18

Как видно из таблицы, содержание микроэлементов увеличивается с ростом макроэлементов и степени минерализации. Исследования показали, что взаимосвязь между бором и кальцием характеризуется прямой линией в минерализованных хлоридно натриевых, хлоридно натриево-кальциевых и сильно минерализованной хлоридно-магниевого воде. Соотношение к натрию, в отличие от минерализованных хлоридно-натриево-кальциевых и магниевых вод, прямолинейно всем водам [11].

Исследования показывают, что эта закономерность в основном соблюдается больше всего в Дарыдагской воде в Джульфинском районе. Был исследован химический состав Дарыдагской воды, пропорциональность отдельных компонентов, состав газа, и было определено, что минеральная вода является гидрокарбонатные-хлоридно-натриевые.. Пробы, взятые из разных источников воды в горных районах, в зависимости от характера района, в котором они расположены и определенных уровней высоты, а также по количеству катионов и анионов, демонстрируют определенные закономерности. По уровню минерализации эти воды можно разделить на 3 группы. Образцы воды, взятые из Шурута, Гала, Нахаджира, Гейнюка и Ханаги составляют 0,4-0,5 г/л; артезианские воды Гулюстан, Джамалдын, Хачапарак (Нахак), Кызылджа, Кирна, Абракунис и Бананияр составляют 0,8-0,9 г/л; а кягризы Хана в селе Яйджи, кягризы в селе Диза, Сары Земи и Кара Кел характеризуются уровнем минерализации 1,15-1,35 г/л.

Хотя воды кягризов Пирбулаги в селе Шада Шахбузского района и села Бадамлы отличаются необычайной мягкостью, кягриз селения Шахбуз, нижние и верхние источники села Нурс характеризуются высокими показателями минерализации. Это надо принимать как природное явление. Потому что, зоны, включенные в первую группу, питаются снегом и дождевыми водами предгорий, а вторая и третья зоны питаются грунтовыми водами равнин. Хотя интенсивность всех этих вод соответствует определенному уровню нормы, это невозможно отнести к питьевым и артезианским водам села Аразин и кягризу Хана в селе Яйджи. Жесткость воды этого кягриза в два раза превышает норму: 14,0 мг-экв/л.

Таблица 7

Физико-химические показатели некоторых источников Джульфинского района

Название источника	Химический состав	T, 0C	M,мг/л	pH	D m3/день
Башкенд	CO ₂ 1,5 $\frac{HCO_3 85 SO_4 11}{Ca 49 (Na+K) 26 Mg 25}$	16	2,0	7,3	16
Дарыдаг	As 22мг/л CO ₂ 0,8 $\frac{HCO_3 29 Cl 64}{(Na+K) 93}$	50	22,0	6,6	4507
Дерелик	CO ₂ 1,3 $\frac{HCO_3 72 Cl 18}{Ca 37 Mg 25 (Na+K) 38}$	20	3,6	6,4	150
Дерешам	CO ₂ 1,3 $\frac{HCO_3 62 SO_4 20 Cl 19}{Ca 47 Mg 29 (Na+K) 24}$	22	2,5	6,6	200
Динге	CO ₂ 0,7 $\frac{HCO_3 72 SO_4 25}{Mg 39 Ca 33 (Na+K) 28}$	17	1,2	6,3	15
Арафса	CO ₂ 1,3 $\frac{HCO_3 87}{(Na+K) 58 Ca 22 Mg 21}$	14,5	4,3	6,3	25
Гюлюстан	CO ₂ 2,0 $\frac{HCO_3 71 Cl 16}{(Na+K) 38 Ca 37 Mg 25}$	21`	3,4	6,4	250
Гави	CO ₂ 1,7 $\frac{HCO_3 79 c}{Ca 42 (Na+K) 38 Mg 18}$	12	2,0	6,6	70
Хошкешин	CO ₂ 2,0 $\frac{HCO_3 71 Cl 16}{(Na+K) 38 Ca 37 Mg 25}$	25	8,6	6,4	35

Газанчы	$\text{CO}_2 \ 1,5 \frac{\text{HCO}_3 71 \ \text{SO}_4 \ 20}{(\text{Na}+\text{K})38 \ \text{Ca} \ 36 \ \text{Mg} \ 27}$	19	4,5	6,4	15
Лекетаг	$\text{CO}_2 \ 1,5 \frac{\text{HCO}_3 71 \ \text{SO}_4 \ 20}{(\text{Na}+\text{K})38 \ \text{Ca} \ 36 \ \text{Mg} \ 27}$	17	1,7	6,7	400

Таблица 3.

Физико-химические показатели некоторых источников Шахбузского района

Название источника	Химический состав	T, 0C	M, мг/л	pH	D м3/сут.
Аметист дереси	$\frac{\text{HCO}_3 72 \ \text{SO}_4 \ 14}{\text{Ca} \ 45 \ (\text{Na} + \text{K})31 \ \text{Mg} \ 24}$	12,8	3,2	6,5	12,0
Бадамлы 4	$\text{CO}_2 \ 1,2 \frac{\text{HCO}_3 71 \ \text{Cl} 24 \ \text{SO}_4 \ 5,0}{(\text{Na}+\text{K})54 \ \text{Ca} \ 34 \ \text{Mg} \ 12}$	22,0	4,7	6,5	172
Бадамлы 5	$\text{CO}_2 \ 0,4 \frac{\text{HCO}_3 65 \ \text{SO}_4 \ 21 \ \text{Cl} \ 1,3}{(\text{Na}+\text{K})41 \ \text{Ca} \ 35 \ \text{Mg} 24}$	17	6,9	6,4	650
Батабат 1	$\text{CO}_2 \ 1,3 \frac{\text{HCO}_3 85 \ \text{SO}_4 \ 11}{\text{Ca} \ 49 \ (\text{Na}+\text{K})26 \ \text{Mg} 25}$	16	2,0	7,6	16,0
Батабат 2	$\text{CO}_2 \ 0,7 \frac{\text{SO}_4 \ 65 \ \text{HCO}_3 30}{\text{Ca} \ 39 \ (\text{Na}+\text{K})36 \ \text{Mg} 25}$	8,0	1,3	6,5	3,8
Биченек	$\text{CO}_2 \ 0,7 \frac{\text{HCO}_3 85 \ \text{SO}_4 \ 20}{(\text{Na}+\text{K})74 \ \text{Ca} \ 19}$	10,0	4,1	6,7	12,0
Гирдесер	$\text{CO}_2 \ 1,2 \frac{\text{SO}_4 \ 47 \ \text{HCO}_3 45}{\text{Mg} 47 \ \text{Ca} \ 31 \ (\text{Na}+\text{K})21}$	16,6	3,7	6,4	10,0
Гомур	$\text{CO}_2 \ 1,3 \frac{\text{HCO}_3 74 \ \text{Cl} 13}{\text{Ca} \ 33 \ (\text{Na}+\text{K})32 \ \text{Mg} 30}$	20	3,9	6,6	230
Карвансарай	$\text{H}_2\text{S} \ 600 \frac{\text{SO}_4 \ 78 \ \text{HCO}_3 21}{\text{Ca} \ 58 \ (\text{Na} + \text{K})21 \ \text{Mg} 21}$	80	1,4	8,0	50
Галейли	$\text{CO}_2 \ 1,7 \frac{\text{HCO}_3 93}{\text{Ca} \ 52 \ \text{Mg} 24 \ (\text{Na}+\text{K})23}$	12	2,6	6,5	28

Как видно из обеих таблиц, в зависимости от высоты в направлении Аразин-Байахмед и Бадамлы-Батабат минерализация и жесткость вод снижаются, закономерно изменяется компонентный состав и физико-химические свойства, повышается их пригодность к использованию.

Систематическое изучение гидрогеохимических свойств подземных водных источников в Джульфинском и Шахбузском районах создает благоприятные условия для диагностики их ресурсного потенциала, с другой стороны, позволяет более эффективно использовать эти воды для различных целей (бальнеология, промышленность, орошение) и их применение в различных сферах народного хозяйства.

1. Аббасов А., Мамедова Ф., Гейдарова Ф. Геохимия и особенности распространения природных вод в Нахчыванской Автономной Республике, Нахчыван, 2015, 286 с.
2. Мамедова Ф.С., Аббасов А.Д. Факторы, влияющие на водный баланс Нахчыванской Автономной Республики. // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук, 2019, №3, s.16-20
3. Бабаев А.М. / Минеральные воды горно-складчатых областей Азербайджана. Баку: Чашыюглы, 2000, 384 с.
4. Пономарева В.Д., Иванов Л.И. Практикум по аналитической химии. М.: Высшая Школа, 1983, 271 с.
5. Строганов Н.С., Бузинова Н.С. Практическое руководство по гидрохимии. 2-е изд., М.: МГУ, 1980, 196 с.
6. Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. М.: Мир, 1978, 557 с. 5
7. Резников А.А., Муликовская П.Е., Соколов Ю.И. Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970, 488 с.
8. MERCK. Hızlı test kitleri/Orlab- laboratuvar market/www.orlab.com.tr (на турецком языке)
9. Зауташвили Б.З. Геохимия микроэлементов глубоких подземных вод. Тбилиси: Мецниереба, 1978, 150 с.
10. Колачева Г.Е., Котенко А.Г. Химический состав вод и условия формирования верхне-юрских термальных источников. Вестник Краунц, Науки о Земле, 2013, №2, В.22, с. 55-68
11. Посохов Е.В. Ионный состав природных вод. Генезис и эволюция. Л. Гидрометеоздат. 1985, 256

Для заметок

[illegible]

Научное издание

**Научный диалог:
Вопросы точных и технических наук**

Сборник научных трудов, по материалам
XXII международной научно-практической конференции
12 мая 2019 г.

SPLN 001-000001-0453-TT

Подписано в печать 08.07.2019. Тираж 400 экз.
Формат.60х841/16. Объем уч.-изд. л.3,91
Бумага офсетная. Печать оперативная.
Отпечатано в типографии НИЦ «Л-Журнал»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович