

- mines and methods of their extinguishing. *Labor safety in industry*. 2017, (11), pp. 42-47. (In Russ.).
2. Skochinsky A.A. & Ogjevsky V.M. Mine fires. Moscow, Gornoe Delo Publ., Cimmerian Centre LLC, 2011, 375 p. (In Russ.).
  3. Veselovsky V.S., Alekseeva N.D., Vinogradova L.N., Orleanskaya G.L. & Ter-pogosoza E.A. Spontaneous ignition of industrial materials. Moscow, Nauka Publ., 1964, 246 p. (In Russ.).
  4. Lin Q., Wang S., Song S., Liang Y. & Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition. *Fuel Processing Technology*, 2017, (159), pp. 38-47.
  5. Portola V.A. Assessment of the effect of some factors on spontaneous coal combustion. *Journal of Mining Science*, 1996, (32), pp. 212-218.
  6. Onifade M. & Genc B. Spontaneous combustion of coals and coal-shales. International. *Journal of Mining Science and Technology*, 2018, (28), pp. 993-940.
  7. Zhang Y., Liu Y., Shi X., Yang C., Wang W., Li Y. Risk evaluation of coal spontaneous combustion on the basis of auto-ignition temperature. *Fuel*, 233 (2018), pp. 68-76.
  8. Semenova S.A., Patrakov Yu.F. & Mayorov A.E. In-situ oxidation of coals and methods to assess the tendency of coals to oxidation and spontaneous combustion (an overview). *Koks i himiya*, 2020, (5), pp. 12-21. (In Russ.).
  9. Wei D., Du C., Lei B. & Lin Y. Prediction and prevention of spontaneous combustion of coal from goafs in workplace: A case study. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2020, 21, 100668.
  10. Zhang L., Qin B. Rheological characteristics of foamed gel for mine fire control. *Fire and Materials*. 2016. 40 (2). P. 246-260.
  11. Kovrizhin O.I., Koliada A.Yu. & Kalinichenko N.A. Utilization of gaseous nitrogen in the elimination of underground fires. *Nauchnyj vestnik NIIGD «Respirator»*, 2020, (5), pp. 37-44. (In Russ.).
  12. Guidelines for determining the incubation period of spontaneous combustion of coal. Series 05. Issue 38. Moscow, 2013, 24 p. (In Russ.).
  13. Safety rules for coal processing, beneficiation and briquetting. Approved by Order No. 428 of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision as of October 28, 2020.
  14. Guidelines for prevention of freely burning and spontaneous fire hazards at mining operations in the coal mining industry. Approved by Order No. Pr-469 of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision as of November 27, 2020.
  15. Portola V.A., Bobrovnikova A.A., Protasov S.I. Impact of ambient temperature on the incubation period and the tendency of coal to spontaneous combustion. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2022, (1), pp. 27-32. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2022-1-27-32.

**For citation**

Portola V.A., Cherskikh O.I., Protasov S.I., Seregin E.A. & Shvakov I.A. Research into effects of antipyrogens on the spontaneous combustion of brown coal. *Ugol*, 2022, (12), pp. 54-60. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-54-60.

**Paper info**

Received September 29, 2022

Reviewed October 15, 2022

Accepted November 25, 2022

Оригинальная статья

УДК 622.817.47 © С.С. Кубрин, О.В. Тайлаков, В.В. Соболев, В.Н. Захаров, 2022

# Использование вариации Аллана при обработке измеренных параметров метановоздушной смеси при дегазации выемочных участков

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-12-60-66>

**КУБРИН С.С.**

Доктор техн. наук, профессор,  
заведующий лабораторией ИПКОН РАН  
111020, г. Москва, Россия,  
e-mail: kubrin\_s@ipkonran.ru

**ТАЙЛАКОВ О.В.**

Доктор техн. наук, профессор,  
генеральный директор АО «НЦ ВостНИИ»,  
заведующий лабораторией  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: tailakov@nc-vostnii.ru

Применяемые на практике методы обработки статистической информации не позволяют выявлять вид протекающего процесса по анализу временных рядов измеряемых параметров метановоздушной смеси в дегазационных трубопроводах. На основе разработанного Д. Алланом математического аппарата оценки стабильности, обусловленной шумовыми процессами, предложен подход к определению вида протекающего стохастического процесса. На основе использования среднего квадратического отклонительного двухвыборочного отклонения (вариации Аллана) для оценки работы дегазационной системы угольной шахты и изменения параметров метановоздушной смеси в трубопроводе при подготовке и отработке выемочных участков показана возможность выявления вида протекающего стохастического процесса, определяющего изменения параметров метановоздушной смеси в дегазационном трубопроводе на выемочных участках.

**Ключевые слова:** регрессивный анализ рядов измерений, дегазационные установки и сети, достоверность прогноза, точность измерений, метановоздушная смесь, стохастические процессы, вариация Аллана, эмпирическая оценка рассеивания.

**Для цитирования:** Использование вариации Аллана при обработке измеренных параметров метановоздушной смеси при дегазации выемочных участков / С.С. Кубрин, О.В. Тайлаков, В.В. Соболев и др. // Уголь. 2022. № 12. С. 60-66. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-60-66.

## ВВЕДЕНИЕ

Для анализа работы дегазационной подсистемы угольной шахты [1] на основе временных рядов проведенных измерений параметров (создаваемого разряжения, объемов откаченной метановоздушной смеси (МВС) и концентрации метана в ней) наиболее часто используется регрессионный анализ, позволяющий оценить влияние одной независимой величины (в данном контексте – времени) на замеренные параметры, характеризующие работу подсистемы контроля и управления дегазационными установками и подземной дегазационной сетью. Построенные регрессионные модели (линейные и нелинейные) позволяют использовать полученные зависимости для экстраполяции значений параметров, характеризующих работу дегазационной подсистемы угольной шахты, в будущее, для того чтобы предвидеть (предсказать) грядущие их изменения, то есть построить так называемые тренды их изменений. Полученные тренды можно использовать при планировании технологических мероприятий во время отработки запасов. В основном тренды изменения параметров МВС в дегазационной системе угольной шахты характеризуются линейными, степенными и периодическими функциями. Анализ полученной зависимости тренда параметра позволяет заблаговременно выявить неблагоприятные тенденции его изменения и предотвратить или снизить связанное с этим изменением возникновение неблагоприятного события или процесса и тем самым предотвратить возникновение инцидентов и аварийных происшествий [2]. К сожалению, прогнозный горизонт (максимально возможный период упреждения прогноза с требуемой точностью изменения величины прогнозируемого параметра), характеризующий работу дегазационной подсистемы угольной шахты мал. Соответственно, точность и достоверность прогноза мала и оставляет желать лучшего, а ошибка прогноза, наоборот, велика. В основном это связано с тем, что при дегазации выемочного столба или выработанного пространства протекает множество детерминированных и случайных процессов [3, 4, 5] различного происхождения.

В работе представлены результаты определения влияния процессов, характеризующих случайные изменения в горно-геологической системе «выемочной столб – дегазационная подсистема», проявляющиеся в виде стохастических процессов изменения измеряемых параметров (создаваемого разряжения, объемов откаченной МВС и концентрации метана в ней). Первой задачей исследования являлось выявление вида протекающего стохастического процесса [4, 6, 7, 8]. Второй задачей – определение временного интервала, для которого характерен наблюдаемый стохастический процесс. И в заключение обосновать [9] на основе проведенного анализа экспериментальных данных, полученных в ходе измерения контролируемых величин при проведении дегазационных работ, возможность использования среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения (вариации Аллана) [2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17] в построении эмпирических моделей для прогнозирования трендов.

## СОБОЛЕВ В.В.

Доктор техн. наук,  
заместитель генерального директора  
АО «НЦ ВостНИИ»  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: Sobolev567@gmail.com

## ЗАХАРОВ В.Н.

Академик РАН, доктор техн. наук, профессор,  
директор ИПКОН РАН  
111020, г. Москва, Россия,  
e-mail: dir\_ipkonran@mail.ru

## ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Исследования процессов дегазации по выявлению типовых компонентов стохастического процесса (линейный дрейф, случайное блуждание, фликкер-шум, белый шум, шум квантования), оказывающих наиболее существенное влияние в рассматриваемый период наблюдений, и определение временного отрезка, на котором это влияние прослеживается, производились на основе анализа параметров работы дегазационных установок (создаваемого разряжения), объемов откачиваемой МВС и концентрации метана в ней, фиксируемых подсистемой контроля и управления дегазационными установками и подземной дегазационной сетью угольной шахты на основе данных шахт «Распадская» и «Распадская-Коксовая». Первичная информация была представлена в виде выборки из базы данных в формате Excel за октябрь 2020 г. Следует отметить, что в первом приближении принимается, что каждый протекающий процесс дегазации выемочного блока или выработанного пространства лавы (в каждой точке контроля) независим от других дегазационных процессов, происходящих в других точках контроля. Необходимо разделить дегазационные процессы на две большие группы — дегазация выемочного блока и дегазация выработанного пространства лавы. Справедливо отметить, что это деление весьма условное. Так, при подготовке и отработке выемочного блока производятся предварительная, пластовая, опережающая, барьерная, пластов-спутников, вмещающих пород и так далее дегазации. Названия дегазации на каждой шахте разнятся и в основном определяются по цели, которую должен достичь процесс конкретного вида дегазации. Большое влияние на текущую дегазацию выемочного блока при его отработке оказывают достаточно много условий. Это и режимы работы механизированного комплекса [18, 19, 20], темпы движения лавы, принятая схема проветривания, расстояние до сбойки, обеспечивающей дополнительный приток свежего воздуха на выемочной участок и т.д. В проведенном исследовании ставилась цель: по контролирующим параметрам, характеризующим работу дегазационной подсистемы, доказать возможность выявлять тенденции дегазации (объемы МВС и концентрацию метана в ней) и в дальнейшем оперативно оценивать ее эффективность, определять и планировать мероприятия по ее интенсификации.

Ниже приведены результаты исследования процессов дегазации выемочного столба. Для исследования этого процесса проанализированы данные по точкам контроля на шахте «Распадская» и на шахте «Распадская-Коксовая». В первой точке контроля работает дегазационная установка (ДУ) Brockhaus Lennetal, осуществляющая барьерную и пластовую дегазацию через две скважины № 1-1 и № 2-1, с пластов 6-6а и 7-7а. Исследовались данные за 22 сут. Вторая точка располагалась на шахте «Распадская-Коксовая» – ДУ Brockhaus Lennetal, которая производила барьерную и предварительную дегазацию лавы № 3-3-1. Продолжительность наблюдений – девятнадцать суток.

Графики изменения параметров (разряжения, создаваемого дегазационной установкой, объемов откачиваемой МВС и концентрации в ней метана), характеризующих работу дегазационной системы при выполнении де-

газации выемочного столба по шахте «Распадская» и шахте «Распадская-Коксовая» имеют сложный, случайный характер (например, данные по работе ДУ, осуществляющей дегазацию с пластов 6-6а, представлены на рис. 1).

В целом, провести анализ происходящих процессов дегазации выемочных блоков шахт «Распадская» и «Распадская-Коксовая» по представленным графикам не представляется возможным. Эти графики позволяют сделать только несколько субъективных умозаключений, которые дают некую предполагаемую, приблизительную оценку процессам дегазации. Процесс дегазации пластов 6-6а (см. рис. 1) и 7-7а (графики не показаны) шахты «Распадская» оценить вообще невозможно. Для обоих процессов дегазации выемочных блоков на шахтах «Распадская» и «Распадская-Коксовая», характерно увеличение амплитуды вариативного изменения концентрации метана в МВС по суткам.

Дальнейший анализ произведен с помощью статистического подхода, связанного с исследованием изменения дисперсии в зависимости от выбора интервалов времени, на которых она вычисляется. То есть был использован так называемый математический аппарат вариации Аллана (среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения). После обработки временных рядов изменений: создаваемого разряжения, объемов откаченной МВС и концентрации метана в ней получены графики дисперсии соответственно разряжения, объемов откачиваемой МВС и концентрации метана в ней по выемочным блокам шахт «Распадская» и «Распадская-Коксовая» в зависимости от выбранного интервала времени ее определения. Другими словами, графики, показывающие изменение меры, характеризующей разброс случайных значений (разряжения, объемов откаченной МВС и концентрации метана в ней) в зависимости от изменения интервала времени построены в логарифмическом масштабе по основанию два (в статье не показаны). Эти графики представляют собой ломанные отрезки (от двух до трех) прямых линий с разными углами наклона.

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, при увеличении интервалов времени, на котором вычисляется дисперсия и математическое ожидание, дисперсия уменьшается, кроме результатов по изменению меры разброса объемов, откачиваемой МВС при дегазации выемочного участка шахты «Распадская-Коксовая». Во-вторых, остальные полученные результаты, за исключением изменения меры разброса объемов, откачиваемой МВС, при дегазации выемочного участка шахты Распадская, на малых отрезках времени, при которых производилось вычисление дисперсии и математического ожидания, наблюдается рост меры разброса параметров, характеризующих процесс дегазации – разряжения и концентрации метана в МВС. При дальнейшем увеличении интервала вычисления дисперсии и математического ожидания измеряемых параметров наблюдается уменьшение меры, характеризующей разброс случайной величины. В-третьих, поведение, характеризующее изменения дисперсий разряжений и концентраций метана в МВС при дегазации выемочных блоков в зависимости от выбранного временного интервала,

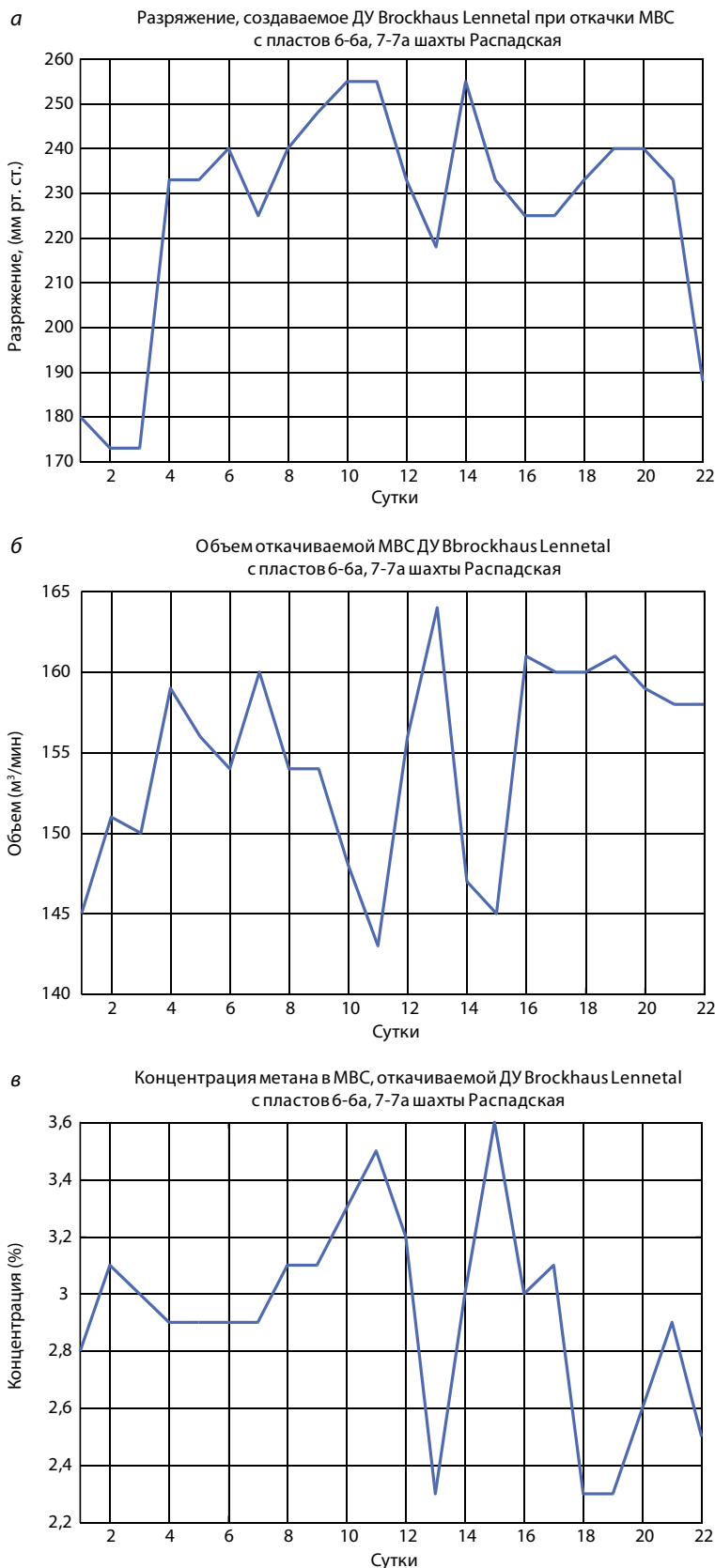


Рис. 1. Изменение разряжения, создаваемого ДУ Brockhaus Lennetal, при дегазации выемочных участков шахт «Распадская»: а – разряжение, создаваемое дегазационной установкой, б – объем откачиваемой МВС, в – концентрация метана в МВС

на котором производился расчет меры разброса случайной величины относительно математического ожидания, однотипны, что позволяет сделать вывод о том, что случайные процессы, характеризующие изменения разряжения и концентрацию метана в МВС при дегазации выемочных блоков шахт «Распадская» и «Распадская-Коксовая» схожи.

Для более детального анализа проведения исследования значений углов, определяющих наклоны полученных отрезков прямых. Как известно [2, 9, 14, 15, 16, 17], значение угла наклона характеризует вид происходящего стохастического процесса и его область влияния. В связи с этим для каждого наблюдаемого временного ряда изменения разряжений, создаваемых ДУ, объемов, откачиваемых МВС и концентраций метана в них для шахт «Распадская» и «Распадская-Коксовая» для выбранных интервалов вычисления математического ожидания каждого параметра и меры его разброса относительно математического ожидания, кратного двум суткам, то есть двое суток – показатель степени единица, четверо суток – показатель степени два, восемь суток – показатель степени три, вычислены углы наклона графиков вариации Аллана, полученные в логарифмических координатах. В целом это массивы, содержащие по три значения тангенсов углов наклона вариации Аллана случайных величин: разряжения, создаваемого ДУ, объемов МВС, откачиваемого ДУ и концентрации метана в МВС. Результаты представлены в графическом виде с помощью столбчатой диаграммы на рис. 2, 3, 4.

### ОБСУЖДЕНИЕ

На представленных диаграммах отчетливо видно, что случайный параметр, определяющий объемы откачиваемой МВС, не позволяет сделать однозначного заключения о характере и тенденциях протекаемых дегазационных процессов. Из диаграмм, характеризующих углы наклона вариации Аллана разряжений, создаваемых ДУ Brockhaus Lennetal, при откачке МВС при дегазации пластов 6-6а и 7-7а шахты «Распадская» следует, что при интервалах до восьми суток наблюдается стохастический процесс случайного блуждания (белый шум). Для концентрации метана в МВС, откачиваемой ДУ Brockhaus Lennetal, при дегазации пластов 6-6а и 7-7а шахты «Распадская» наблюдаются шумы, вызванные квантованием сигнала. То есть процессы изменения концентрации метана в МВС в течение суток из-за среднесуточного осреднения исследованию были недоступны. В этом случае необходимы более полные (почасовые) временные ряды.

Углы наклона графиков вариации Аллана, характеризующие стохастические процессы изменения разряжения при дегазации выемочных блоков шахт «Распадская» и «Распадская-Коксовая»

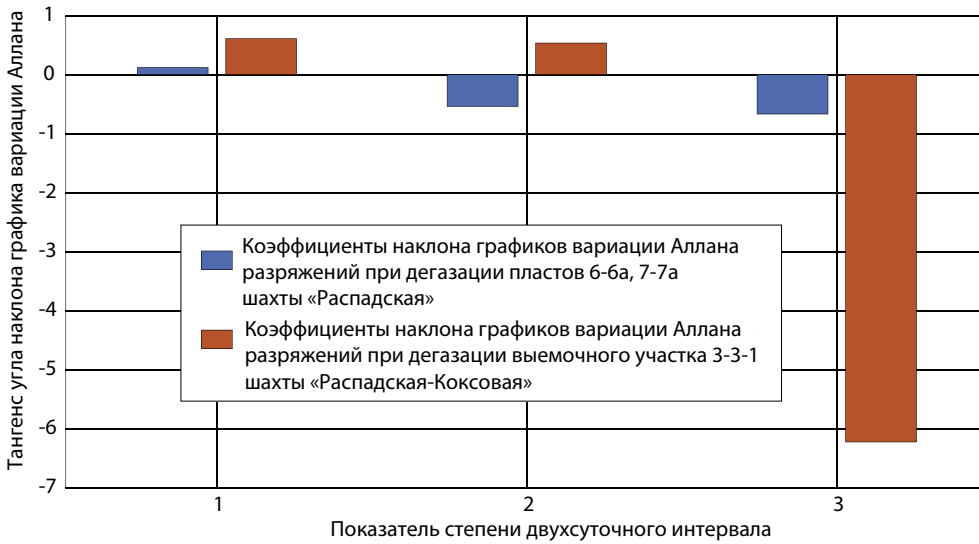


Рис. 2. Коэффициенты углов наклона (тангенсы графиков) вариации Аллана разряжений, создаваемых ДУ Brockhaus Lennetal, при дегазации выемочных участков шахт «Распадская» (синий) и «Распадская-Коксовая» (оранжевый) в зависимости от выбранного временного интервала вычисления дисперсии. По оси абсцисс отложены степени выбранных интервалов определения дисперсии и математического ожидания концентрации метана в МВС по основанию два

Углы наклона графиков вариации Аллана, характеризующие стохастические процессы изменения объемов откачиваемой МВС при дегазации выемочных блоков шахт «Распадская» и «Распадская-Коксовая»

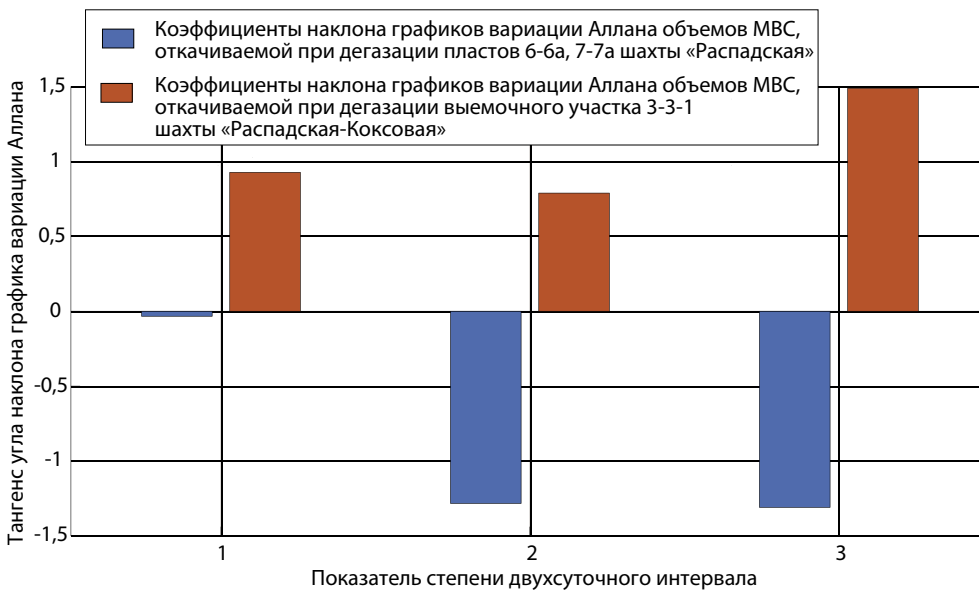


Рис. 3. Коэффициенты углов наклона (тангенсы графиков) вариации Аллана объемов откачиваемой МВС ДУ Brockhaus Lennetal при дегазации выемочных участков шахт «Распадская» (синий) и «Распадская-Коксовая» (оранжевый) в зависимости от выбранного временного интервала вычисления дисперсии. По оси абсцисс отложены степени выбранных интервалов определения дисперсии и математического ожидания концентрации метана в МВС по основанию два

Для процессов дегазации выемочного участка 3-3-1 бис шахты «Распадская-Коксовая», характеризующихся параметрами дегазации – разряжением и концентрацией метана в МВС, характерен Винеровский стохастический процесс с корреляционной функцией. Таким образом, для выявления вида протекающего стохастического процесса при дегазации выемочного блока необходимо использовать математический аппарат среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения (вариацию Аллана). После определения вида протекающего стохастического процесса следует определить его параметры и строить прогнозы, на основе которых следует оценивать эффективность дегазации, разрабатывать, в случае необходимости, дополнительные мероприятия по дегазации.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, первая поставленная задача исследования – выявление вида протекающего стохастического процесса – решается с помощью использования математического аппарата среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения. Вторая задача – определение временного интервала, для которого характерен наблюдаемый стохастический процесс, решается путем анализа изменения коэффициентов углов наклона (тангенсов графиков) вариации Аллана.

В целом обоснована возможность и доказана необходимость использования среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения (вариации Аллана) в построении эмпирических моделей для прогнозирования трендов параметров, характеризующих процессы дегазации.

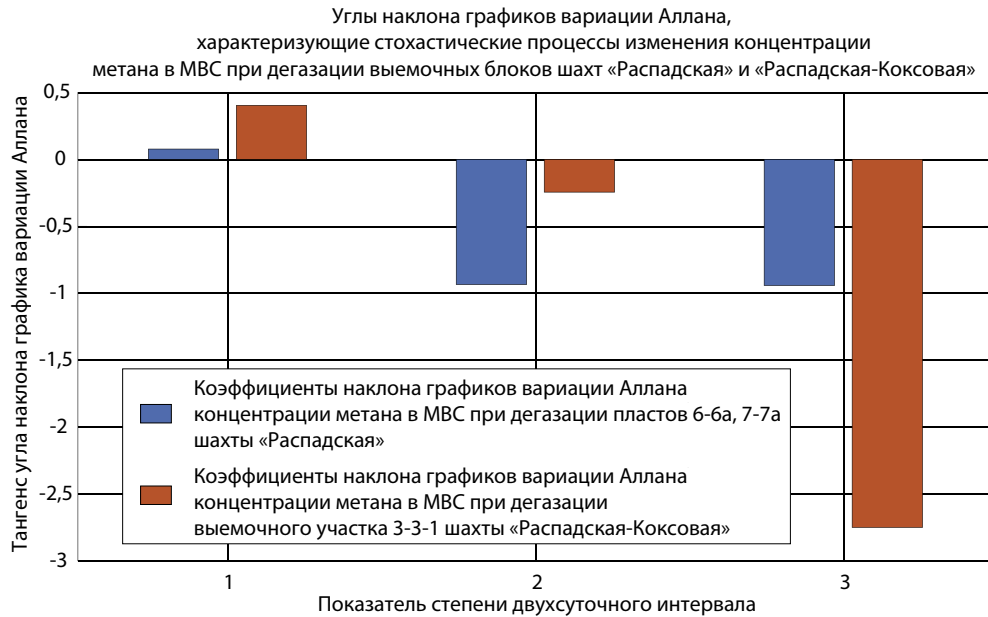


Рис. 4. Коефициенты углов наклона (тангенсы графиков) вариации Аллана концентрации метана в МВС, откачиваемой ДУ Brockhaus Lennetal, при дегазации выемочных участков шахт «Распадская» (синий) и «Распадская-Коксовая» (оранжевый) в зависимости от выбранного временного интервала вычисления дисперсии. По оси абсцисс отложены степени выбранных интервалов определения дисперсии и математического ожидания концентрации метана в МВС по основанию два

Дальнейшим шагом при исследовании и анализе работы дегазационной системы необходимо учитывать режим работы выемочного технологического оборудования, в первую очередь очистного комбайна [21].

#### Список литературы

- Кубрин С.С., Мещеряков Д.А. Система контроля и мониторинга объема газа метана и его концентрации в погашенных пространствах и техногенных коллекторах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Специальный выпуск 1. Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка – 2017». М.: Горная книга. 2017. С. 424-439.
- Glyn Jones. Trolex Group, Cost and Complexity vs Health and Safety // American coal. 2019. Vol. 28. No. 1. P. 22-25.
- Крамер Г., Лидбеттер М. Стационарные случайные процессы. М.: Мир, 1969.
- Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. М.: Наука, 1968. 464 с.
- Яглом А.М. Корреляционная теория стационарных случайных функций. Л.: Гидрометеиздат, 1981.
- Allan D.W. Statistics of atomic frequency standards // Proceedings of the IEEE. 1966. Vol. 54. No. 2. P. 221.
- Barnes J.A. Atomic timekeeping and statistics of precision signal generators. // Proceedings of the IEEE. 1966. Vol. 54. No. 2.
- Barnes J.A., Allan D.W. A Statistical model of Flicker noise. // Proceedings of the IEEE. 1966. Vol. 54. No. 2.
- Использование вариации Аллана при обработке измеренных величин параметров рудничной атмосферы и параметров метановоздушной смеси дегазационной системы угольной шахты / В.Н. Захаров, С.С. Кубрин, О.В. Тайлаков и др. // Уголь. 2021. № 7. С. 39-44. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-39-44.
- IEEE Std 1554-2005 IEEE recommended practice for inertial sensor test equipment, instrumentation, data acquisition, and analysis.
- Аллан Д.У. Вариации Аллана: история создания, преимущества и недостатки, основные области применения / XXII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. СПб.: ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2015.
- Браунли К.А. Статистическая теория и методология в науке и технике. М.: Наука, 1977.
- Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. М.: Физматгиз, 1962.
- Аллан Д.У. Вариации Аллана: история создания, преимущества и недостатки, основные области применения // Гироскопия и навигация. 2015. № 4.
- Mitri, Hani S. Special issue on advances in mine safety science & engineering // International Journal of Mining Science and Technology. 2017. Vol. 27. P. 589-590.
- Hani S., Mitri, Beisheng Nie. Special issue on recent advances in mine safety // International Journal of Mining Science and Technology. 2019. Vol. 29. P. 527.
- Li S., Sari Y.A., Kumra M.I. New approaches to cognitive work analysis through latent variable modeling in mining operations // International Journal of Mining Science and Technology. 2019. Vol. 29. P. 549-556.
- Управление рисками при подземной добыче угля / К.Н. Копылов, И.М. Загоршменный, С.С. Кубрин и др. // Уголь. 2016. № 7. С. 39-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-7-39-43.
- Копылов К.Н., Решетняк С.Н., Кубрин С.С. Имитационное моделирование системы электроснабжения выемочного участка угольной шахты // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 12. С. 40-50.
- Экспериментальные исследования параметров работы очистного комбайна угольной шахты при различных скоростях подачи / К.Н. Копылов, С.С. Кубрин, И.М. Загоршменный и др. //

Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. Специальный выпуск 29. С. 43–55.

21. Kopylov K.N., Kubrin S.S., Blokhin D.I. The simulation of the excavation sites of coal mines. Mining goes digital. Proceeding

in Earth and geosciences / Proceeding of the 39-th International symposium application of computers and operation research in the mineral industry (APCOM 2019). Wroclaw, Poland, June 2019. Vol. 3. P. 473–480.

## Original Paper

UDC 622.817.47 © S.S. Kubrin, O.V. Tailakov, V.V. Sobolev, V.N. Zakharov, 2022  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 12, pp. 60-66  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-12-60-66>

## Title

**THE USE OF THE ALLAN VARIATION IN THE PROCESSING OF THE MEASURED PARAMETERS OF THE METHANE-AIR MIXTURE DURING THE DEGASSING OF EXCAVATION SITES**

## Authors

Kubrin S.S.<sup>1</sup>, Tailakov O.V.<sup>2,3</sup>, Sobolev V.V.<sup>2</sup>, Zakharov V.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences (IPKON RAN), Moscow, 111020, Russian Federation

<sup>2</sup> NC VostNII JSC, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>3</sup> Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors Information

**Kubrin S.S.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the laboratory, e-mail: [kubrin\\_s@ipkonran.ru](mailto:kubrin_s@ipkonran.ru)

**Tailakov O.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, General Director, Head of the Laboratory, e-mail: [tailakov@nc-vostnii.ru](mailto:tailakov@nc-vostnii.ru)

**Sobolev V.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Deputy General Director

**Zakharov V.N.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Corresponding Member of the RAS, Director, e-mail: [dir\\_ipkonran@mail.ru](mailto:dir_ipkonran@mail.ru)

## Abstract

The statistical information processing methods used in practice do not allow to identify the type of the ongoing process by analyzing the time series of the measured parameters of the methane-air mixture in the degassing pipelines. Based on the mathematical apparatus for assessing stability due to noise processes developed by D. Allan, an approach to determining the type of stochastic process is proposed. Based on the use of the average square relative two-sample deviation (Allan variation) to assess the operation of the degassing system of the coal mine and the change in the parameters of the methane-air mixture in the pipeline during the preparation and development of excavation sections, it is shown that it is possible to identify the type of stochastic process that determines the changes in the parameters of the methane-air mixture in the degassing pipeline in the excavation sections.

## Keywords

Regression analysis of measurement series, Degassing installations and networks, Reliability of the forecast, Measurement accuracy, Methane-air mixture, Stochastic processes, Allan variation, Empirical evaluation scattering.

## References

- Kubrin S.S. & Meshcheryakov D.A. System of control and monitoring of the volume of methane gas and its concentration in extinguished spaces and man-made reservoirs. *Gornyj Informatsionno-analitiheakij byulleten*, Special Issue 1. Proceedings of the international scientific symposium «Miner's Week – 2017». Moscow, Gornaya Kniga Publ., 2017, pp. 424-439. (In Russ.).
- Glyn Jones/Troxel Group, Cost and Complexity vs Health and Safety. *American coal*, 2019, Vol. 28, (1), pp. 22–25.
- Kramer G. & Lidbetter M. Stationary random processes. Moscow, Mir Publ., 1969. (In Russ.).
- Sveshnikov A.A. Applied methods of the theory of random functions. Moscow, Nauka Publ., 1968. 464 p. (In Russ.).
- Yaglom A.M. Correlation theory of stationary random functions. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1981. (In Russ.).
- Allan D.W. Statistics of atomic frequency standards. *Proceedings of the IEEE*, 1966, Vol. 54, (2), pp. 221.
- Barnes J.A. Atomic timekeeping and statistics of precision signal generators. *Proceedings of the IEEE*, 1966, Vol. 54, (2).
- Barnes J.A. & Allan D.W. A Statistical model of Flicker noise. *Proceedings of the IEEE*, 1966, Vol. 54, (2).
- Zakharov V.N., Kubrin S.S., Tailakov O.V. & Sobolev V.V. Use of Allan variation in processing of measured values of parameters of mine atmosphere and

parameters of methane-air mixture of coal mine degassing system. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 39-44. (In Russ.) DOI: [10.18796/0041-5790-2021-7-39-44](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-39-44).

10. IEEE Std 1554-2005 IEEE recommended practice for inertial sensor test equipment, instrumentation, data acquisition, and analysis.

11. Allan D.U. Allan's variations: the history of creation, advantages and disadvantages, main areas of application. XXII St. Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems. St. Petersburg: SSC RF JSC «Concern «Central Research Institute «Electropribor», 2015. (In Russ.).

12. Brownley K.A. Statistical theory and methodology in Science and technology. Nauka Publ., 1977. (In Russ.).

13. Linnik Yu.V. The method of least squares and the basics of the theory of processing observations. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1962. (In Russ.).

14. Allan D.U. Variations of Allan: the history of creation, advantages and disadvantages, main areas of application. *Giroskopiya and navigatsiya*, 2015, (4). (In Russ.).

15. Mitri & Hani S. Special issue on advances in mine safety science & engineering. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2017, (27), pp. 589-590.

16. Hani S., Mitri & Beisheng Nie. Special issue on recent advances in mine safety. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2019, (29), pp. 527.

17. S. Li, Y.A. Sari & M. Kumral. New approaches to cognitive work analysis through latent variable modeling in mining operations. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2019, (29), pp. 549-556.

18. Kopylov K.N., Zakorshmenyi I.M., Kubrin S.S. & Korchak A.V. Risk management during underground coal production. *Ugol'*, 2016, (7). pp. 39-43. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2016-7-39-43](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2016-7-39-43).

19. Kopylov K.N., Reshetnyak S.N. & Kubrin S.S. Simulation modeling of the power supply system of the coal mine excavation site. *Gornyj Informatsionno-analitiheakij byulleten*, 2016, (12), pp. 40-50. (In Russ.).

20. Kopylov K.N., Kubrin S.S., Zakorshmenyi I.M. & Reshetnyak S.N. Experimental studies of the parameters of the coal mine cleaning combine at different feed rates. *Gornyj Informatsionno-analitiheakij byulleten*, 2017, Special Issue 29, pp. 43-55. (In Russ.).

21. Kopylov K.N., Kubrin S.S., Blokhin D.I. The simulation of the excavation sites of coal mines. Mining goes digital. Proceeding in Earth and geosciences. Proceeding of the 39-th International symposium application of computers and operation research in the mineral industry (APCOM 2019). Wroclaw, Poland, June 2019, (3), pp. 473-480.

## For citation

Kubrin S.S., Tailakov O.V., Sobolev V.V. & Zakharov V.N. The use of the Allan variation in the processing of the measured parameters of the methane-air mixture during the degassing of excavation sites. *Ugol'*, 2022, (12), pp. 60-66. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2022-12-60-66](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-12-60-66).

## Paper info

Received September 29, 2022

Reviewed October 15, 2022

Accepted November 25, 2022