



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 87939

(13) C2

(51) МПК (2009)
E21F 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТАНОВОСТІ ВІЙМКОВИХ ДІЛЬНИЦЬ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

1

2

(21) а200806231

(22) 12.05.2008

(24) 25.08.2009

(46) 25.08.2009, Бюл.№ 16, 2009 р.

(72) ОКАЄЛОВ ВАСИЛЬ МИКОЛАЙОВИЧ, ПАВЛОВ ВАЛЕРІЙ ІВАНОВИЧ, ПІДЛИПЕНСЬКА ЛІДІЯ ЄВГЕНІВНА, ДОЛГОП'ЯТЕНКО СВІТЛАНА ІВАНІВНА, БУБУНЕЦЬ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ
(73) ДОНБАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) RU 2211334 C2, 27.08.2003

Подлипенская Л.Е., Хмелева А.В., Бубунец Ю.В., Долгопятенко С.И. Компьютерное моделирование динамических рядов метановыделения выемочного участка // Сборник научных трудов ДонГТУ.- 2008. – Вып.27

UA 25473 U, 10.08.2007

RU 2250376 C2, 20.04.2005

RU 2231649 C1, 27.06.2004

UA 31559 U, 10.04.2008

SU 836365, 07.06.1981

SU 1244349 A1, 15.07.1986

(57) 1. Спосіб прогнозування метановості виїмкових дільниць вугільних шахт, що включає моніторинг рудничної атмосфери аналогічних виїмкових дільниць, визначення прогнозних значень метановості на цих дільницях, їх порівняння з даними моніторингу у процесі відробки лав, визначення характеру динамічних змін метановості протягом всієї виїмкової дільниці та побудову вихідного динамічного ряду, який **відрізняється** тим, що характер динамічних змін метановості встановлюють шляхом розкладання вихідного динамічного ряду на трендові, тренд-циклічні, циклічні, нерегулярні компоненти з вираженою нестабільністю та виконують їх аналітичний опис у взаємозв'язку з факторами, які на них впливають.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що прогнозний характер змін метановості корегують у процесі роботи лави з урахуванням фактичних даних моніторингу рудничної атмосфери та значень різних факторів, які впливають на параметри виділених компонентів.

Винахід відноситься до гірничої промисловості і може бути використаний при прогнозі метановості підземних гірничих виробок та очисних вибоїв, на підставі якого здійснюється проектування вентиляції вугільних шахт та окремих виїмкових дільниць, вибір способів та засобів управління газовиділенням, визначення оптимальних за газовим фактором навантажень на очисний вибій, та рішення інших задач, пов'язаних із забезпеченням безпечних умов праці.

Відомий спосіб поточного прогнозу метановості, що включає збір даних про концентрацію метану і кількість повітря за даними аерогазового контролю у витікаючому струмені лави або видобувної дільниці, після чого проводять розрахунок фактичного метановиділення з лави або видобувної дільниці за час не менше 6 днів після періоду первинного осідання масиву покрівлі, на підставі одержаних даних будують динамічний ряд фактичного середньодобового метановиділення для конкретної лави і визначають прогнозну метано-

вість лави або видобувної дільниці способом експоненціального згладжування по формулі:

$$I_{t+1} = I_t + \alpha(I_t^{\Phi} + I_t), \text{ м}^3/\text{хв},$$

де I_t - прогнозне значення метановості на даний момент часу (береться останнє розрахункове прогнозне значення, одержане на попередньому кроці часу), вхідним показником для поточного оперативного прогнозування метановості є середнє арифметичне середньодобових значень метановості за останні 6 діб роботи дільниці, $\text{м}^3/\text{хв}$;

I_t^{Φ} - фактичне значення метановості за попередню добу, $\text{м}^3/\text{хв}$;

α - емпіричний коефіцієнт згладжування, що відображає інтегральний вплив практично всіх факторів, які важко враховуються: фізико-механічні властивості порід, літолого-потужна структура під- і надроблюваних масивів, нерівномірність осідань покрівлі і ступінь порушеності, причому коефіцієнт α вибирають оптимальним у кожному конкретному випадку на основі мінімізації

(13) C2

(11) 87939

(19) UA

помилки прогнозу [Патент України на корисну модель №25473, МПК Е 21 F 7/00 (2006), опубл. Бюл. №12, 2007р.].

Недоліками відомого способу є:

1) Ігнорування характеру метановиділення у лавах аналогах та факторів які на нього впливають: геологічних, технологічних та геомеханічних, тому, що модель експоненціального згладжування дозволяє отримати тільки оцінку тенденції, яка склалася на момент останнього спостереження і не враховує трендові особливості процесу метановиділення у цілому.

2) Коефіцієнт α , який застосовується у формулі прогнозу метановості, не відображає у явному виді характер зміни геологічних, технологічних та геомеханічних умов роботи лав, що не дозволяє застосовувати даний спосіб для прогнозу метановості на стадії проектування нових лав.

3) Результати прогнозу визначаються ступенем прогнозуючого поліному, а у способі який пропонується, використовують поліном нульового ступеню, тому прогноз на дві та більш доби наперед залишається постійним, і внаслідок цього, прогнозистична здатність представленої моделі є крайньою і явно недостатньою для ефективного прогнозування метановості в умовах гірничого виробництва.

4) Відсутність трендових складових процесу метановиділення, призводить до «запізнення» прогнозу по відношенню до факту, тобто до великого проценту помилок першого роду, коли фактичне значення метановиділення значно перевищує прогнозне, що робить подібний прогноз неефективним у прогнозуванні небезпечних ситуацій, по перевищенню метановості у очисних вибоях.

Найбільш близьким по технічній суті є спосіб прогнозу багатогазовості виїмкових дільниць вугільних шахт, який включає визначення прогнозних значень їх відносної газонасиченості по геологорозвідувальним даним про стратиграфію родовища, газонасиченості вугільних пластів і вміщуючих порід та за результатами моніторингу рудничної атмосфери аналогічних виїмкових дільниць або при відпрацюванні частини діючої ділянки, проведення геологічної та/або геофізичної розвідки виїмкових дільниць, для яких складають прогноз, зі встановленням типу та параметрів тектонічних порушень які було виявлено та уточненням прогнозних значень відносної багатогазовості у зонах впливу тектонічних порушень, після чого визначають прогнозні значення відносної багатогазовості для аналогічних виїмкових дільниць, та порівнюють їх з даними моніторингу рудничної атмосфери цих же ділянок у процесі їх відробки, визначають характер динамічних змін багатогазовості виїмкової дільниці на всьому протязі, та на підставі цих змін визначають амплітуду і періодичність газгеомеханічних процесів на виїмковій дільниці, для якої складають прогноз [Патент Российской Федерации на изобретение №2211334, МПК Е21 F 7/00 (2001), опубл. Бюл. №24, 2003].

Недоліками відомого способу є:

1) Даний спосіб є справедливим для опису динамічних рядів з явно вираженою амплітудою та періодичністю. В цей же час, ряди зміни динаміки

метановості, що спостерігались, є нестационарними, з нечіткою періодичністю та амплітудою коливань.

2) Запропонований метод не передбачає аналітичного опису динамічного ряду метановості, в явному виді, у взаємозв'язку із факторами які на нього впливають, що не дозволяє реалізувати поточне коректування прогнозних даних під час роботи лави.

Технічною задачею винаходу є удосконалення способу прогнозу метановості виїмкових дільниць вугільних шахт, в якому за рахунок аналітичного описання структури динамічного ряду метановості, досягається можливість в явному виді врахувати зміну факторів, які впливають, та прогнозувати метановість на етапі проектування виїмкової дільниці і проводити поточне коректування прогнозних значень по мірі відробки діючої лав, що зменшує ймовірність помилки прогнозу та збільшує його ефективність.

Технічна задача досягається тим, що в спосіб прогнозу метановості виїмкових дільниць вугільних шахт, який включає моніторинг рудничної атмосфери аналогічних виїмкових дільниць, визначення прогнозних значень метановості на цих дільницях, їх порівняння з даними моніторингу у процесі відробки лав, визначення характеру динамічних змін метановості на всьому протязі виїмкової дільниці та побудову вихідного динамічного ряду, який відрізняється тим, що характер динамічних змін метановості встановлюють шляхом розкладання вихідного динамічного ряду на трендові, трендциклічні, циклічні, нерегулярні компоненти з вираженою нестабільністю та виконують їх аналітичний опис у взаємозв'язку з факторами які на них впливають, крім того прогнозний характер змін метановості коректують у процесі роботи лави з урахуванням фактичних даних моніторингу рудничної атмосфери та значень різних факторів, які впливають на параметри виділених компонент, що дозволяє прогнозувати метановість на етапі проектування виїмкової дільниці і проводити поточне коректування прогнозних значень по мірі відробки діючої лав, що зменшує ймовірність помилки прогнозу та збільшує його ефективність.

На Фіг.1 приведено графік метановості фактичний та відновлений, виїмкової дільниці-аналогу. На Фіг.2 показаний графік повільно мінливого тренду та квазіперіодичних компонент фактичного ряду метановості виїмкової дільниці-аналогу. На Фіг.3 приведені графіки компонент ряду метановості та ряду акустичної емісії. На Фіг.4 показані прогнозні графіки метановості. На Фіг.5 приведені графіки прогнозних та фактичних значень метановості.

Спосіб здійснюють таким чином.

На виїмковій дільниці-аналогу здійснюють збір даних про концентрацію метану і значення усіх факторів які впливають на метановиділення, за весь час відпрацювання виїмкової дільниці. Згідно зібраним даним будують динамічні ряди, спряжені по часу (t) та/або по відстані відходу лави від розрізної печі (L). Отримані динамічні ряди розкладають на прості компоненти: повільно мінливі тренди, циклічні, періодичні та квазіперіодичні

складові, а також на шумові компоненти. Потім встановлюють взаємозв'язки між параметрами компонент метановості та параметрами компонент факторів які впливають. Згідно отриманих характеристик компонент динаміки метановості, виїмкову ділянку розподіляють на характерні зони. На підставі встановлених залежностей для виділених характерних зон будують прогнозний графік метановості нової виїмкової ділянки на весь час її відпрацювання з урахуванням проектних значень впливових факторів.

Після проведення підготовчих виробок, що оконтурюють виїмковий стовп, з метою уточнення значень факторів, які впливають на динаміку метановиділення, за допомогою відповідних програм обробки маркшейдерських замів, зроблених по цим виробкам, будують гіпсометричний план залягання пласта, який дозволяє уточнювати місце зустрічі лави з геологічними порушеннями. Окрім цього здійснюють радіолокаційне зондування по встановленню напружено-деформованого стану масиву, на підставі якого уточнюють положення аномальних зон з ймовірним підвищенням метановиділенням на прогнозному графіку метановості виїмкової ділянки.

Одночасно з початком роботи лави проводять коректування прогнозних значень метановості з урахуванням змін динамічної поведінки факторів, які впливають. На підставі скоректованого прогнозного графіку метановості та за даними моніторингу рудничної атмосфери, який виконують під час відпрацювання даної ділянки, здійснюють поточний прогноз метановості на період упередження T .

Приклад використання способу.

Динамічний ряд метановості $I(t)$ виїмкової ділянки-аналога (Фіг.1, крива 1) розкладають на компоненти $I_k(t)$, $k=1, \dots, N$, наприклад за допомогою методу SSA (Singular Spectrum Analysis):

$$I(t) = \sum_{k=1}^N I_k(t).$$

Для подальшого аналізу залишають m значущих компонент. На графіку (Фіг.2) показані перші п'ять компонент розкладання динамічного ряду метановості, де крива 1 - повільно мінливий тренд, криві 2 - квазіперіодичні компоненти. На графіку (Фіг.1) приведені значення метановості, відновлені по першим десяти значущим компонентам - крива 2. Кожну з виділених компонент записують у виді:

$$I_k(t) = P_{N_k}(t) \cdot e^{\alpha_k t} \cdot \sin(\omega_k t + \varphi_k), \quad k = 1, 2, \dots, m,$$

де $P_{N_k}(t) = a_{k0} + a_{k1}t + \dots + a_{kN_k}t^{N_k}$ - поліном, який відображає тенденцію k -ої компоненти; $a_{k0}, a_{k1}, \dots, a_{kN_k}, \alpha_k, \omega_k, \varphi_k$ - параметри форми компоненти.

Фактори, які визначають динамічне змінення метановості або їх компоненти записують у вигляді:

$$F_j(t) = R_{N_j}(t) \cdot e^{\alpha_j t} \cdot \sin(\omega_j t + \varphi_j),$$

де $R_{N_j}(t) = b_{j0} + b_{j1}t + \dots + b_{jN_j}t^{N_j}$; $b_{j0}, b_{j1}, \dots, b_{jN_j}, \alpha_j, \omega_j, \varphi_j$ - параметри форми.

Встановлюють статистичні взаємозв'язки між параметрами компонент метановості та параметрами компонент факторів які впливають, у виді:

$$a_{ki} = f(b_{ji}).$$

На графіку (Фіг.3) для прикладу приведені зіставлявані компоненти для ряду метановості - крива 1 та акустичної емісії - крива 2. По прогнозним значенням $F_j^{\text{прог}}(t)$ факторів, які впливають,

для ділянки, що проектують, на підставі встановлених статистичних закономірностей розраховують прогнозні значення компонент метановості:

$$I^{\text{прог}}(t) = \sum_k I_k^{\text{прог}}(t).$$

На графіку (Фіг.4) показані приклади, відповідно прогнозного ряду метановості - крива 1 та прогноз метановості - крива 2, згідно [Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. - Киев: Основа 1994 - С.311].

Одночасно з початком роботи лави проводять коректування прогнозних значень метановості з урахуванням змін динамічної поведінки факторів, які впливають. На підставі скоректованого прогнозного графіку метановості та за даними моніторингу рудничної атмосфери, який виконують під час відпрацювання даної ділянки, здійснюють поточний прогноз метановості на період упередження T в вигляді інтервалу:

$$\bar{I}_t - \Delta_T \leq I_t \leq \bar{I}_t + \Delta_T,$$

де Δ_T - ширина надійного інтервалу, яка визначається періодом упередження T та статистичними параметрами динамічних рядів;

\bar{I}_t - середнє значення метановості в прогнозний момент часу t , який визначається за формулою:

$$\bar{I}_t = \lambda_1(t) \cdot I_t^{\text{прог}} + \lambda_2(t) \cdot f(I_{t-1}, I_{t-2}, \dots, I_{t-n}),$$

де $I_t^{\text{прог}}$ - значення метановості по прогнозному графіку в момент часу t ;

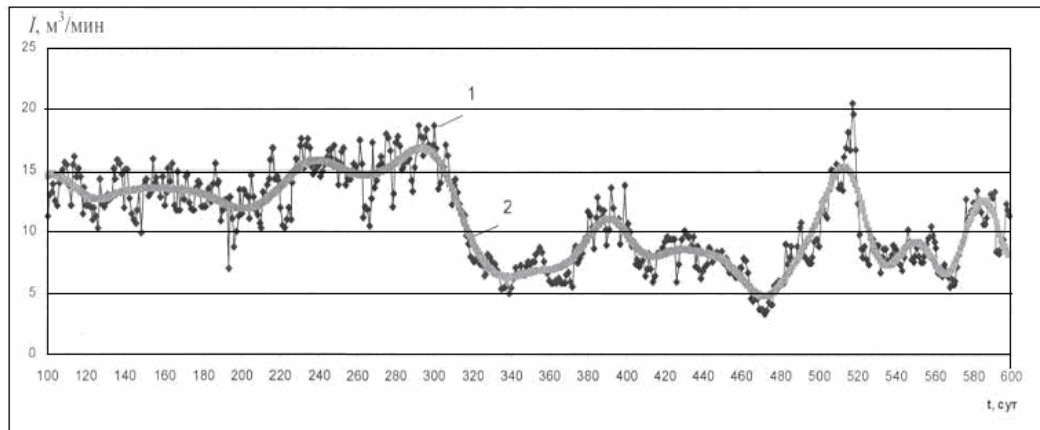
$I_{t-1}, I_{t-2}, \dots, I_{t-n}$ - фактичні значення метановості на даній ділянці за попередні n моментів часу;

$\lambda_1(t), \lambda_2(t)$ - вагомні функції, які виконують роль регуляторів у процесі прогнозування на підставі трендових значень ($\lambda_1(t)$, отриманих по лаві-аналогу та попередніх фактичних даних ($\lambda_2(t)$). Значення вагомних функцій знаходять з урахуванням компонент розкладання метановості, які характеризують аномальні зони та ділянки стаціонарності динамічного ряду. На (Фіг.5) приведений прогнозний графік метановості, отриманий по ділянці-аналогу - крива 1, поточний прогноз метановості у виді 95% надійного інтервалу - крива 2 та фактичні значення метановості - крива 3.

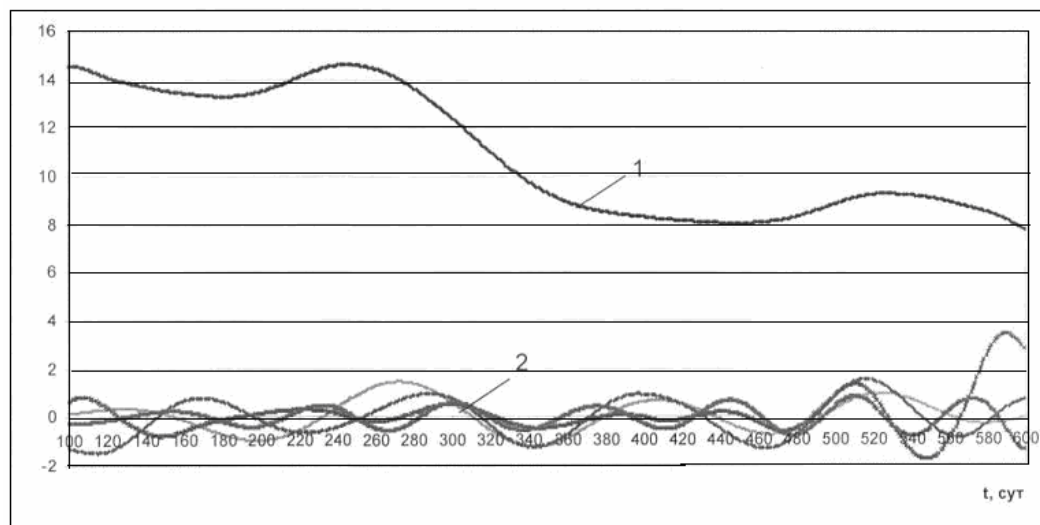
Запропонований спосіб дозволяє прогнозувати динаміку метановості, не тільки у випадках виїмкових ділянок-аналогів, а також й для випадків значної зміни прогнозних значень факторів, що визначають метановість. При цьому спосіб дає змогу отримати прогноз, як на етапі проектування виїмкової ділянки, так і проводити поточне коректування прогнозних значень по мірі відробки діючої лави. Використання способу дозволяє оперативно

та ефективно проводити заходи, націлені на зниження концентрації метану у рудничній атмосфері, та оптимізувати технологічні процеси відробки

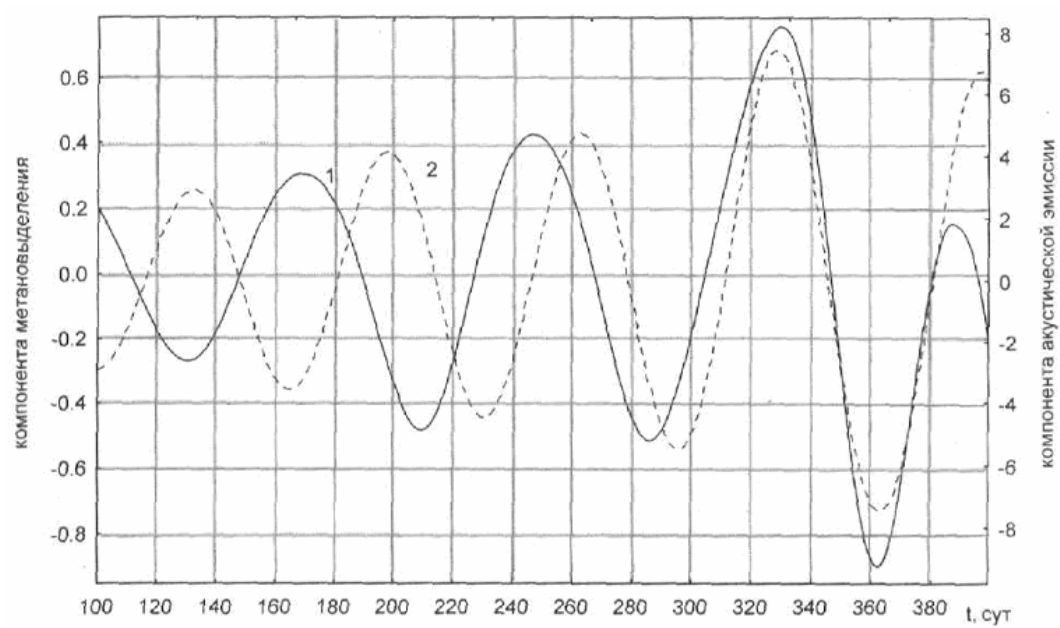
лави по видобутку вугілля з урахуванням вимог безпечного ведення робіт.



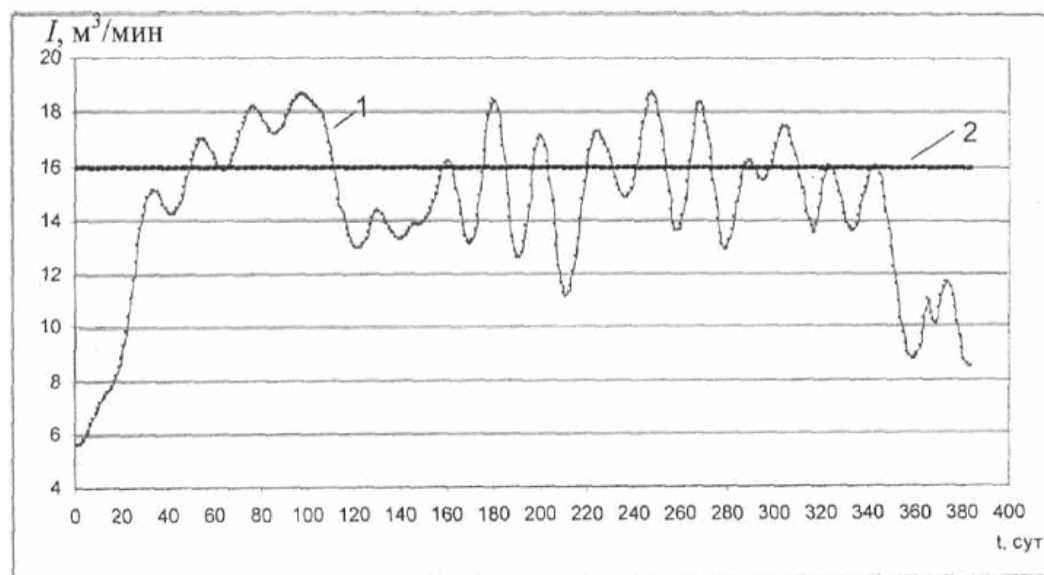
Фіг. 1



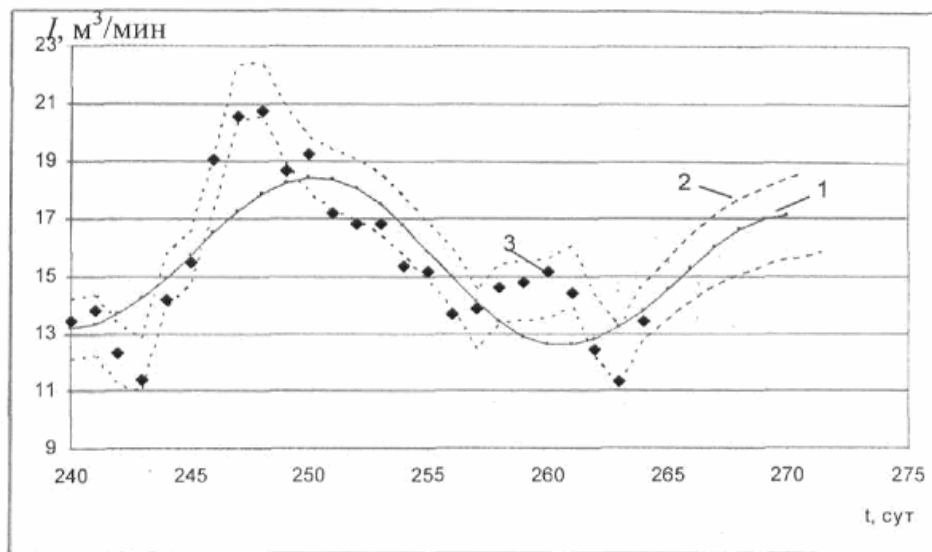
Фіг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5