

відповідають п'ять стандартних пружин II класу 4 розряду №№ 205...209, для яких розрахункова сила дорівнює 95000 Н, або пружини №№ 210...213 з розрахунковою силою 100000 Н [4]. Необхідну кількість витків пружини обчислюємо з табличного значення жорсткості одного витка  $c_1$ :  $n = c / c_1$ . Елементарні розрахунки показують, що для варіанта 4 тільки дві пружини мають нормальну кількість витків:  $n = 4,4$  (для № 210) та  $n = 3,4$  (для № 206). Для інших пружин кількість витків є занадто великою або занадто малою, і їх довжина не задовольняє умові (5). Оскільки пружини виготовляються з цілою кількістю витків, дійсна жорсткість буде відрізнятися від розрахункової, що не забезпечить необхідного зрівноваження механізму. Скориставшись розробленою комп'ютерною програмою, задаємо цілу кількість витків і коректуємо значення  $b$ . Результати зводимо у табл. 2. Зауважимо, що для пружини № 210 можливі два варіанти.

Табл. 2

| № пружини | $z$ | $b$ , мм | $F$ , кН | $c$ , кН/мм | $d$ , мм | $D$ , мм | $n$ | $H_0$ , мм | $m$ , кг |
|-----------|-----|----------|----------|-------------|----------|----------|-----|------------|----------|
| 206       | 4   | 261      | 82,76    | 0,606       | 45       | 255      | 4   | 225        | 218,9    |
| 210       | 4   | 322      | 91,59    | 0,776       | 45       | 235      | 4   | 225        | 201,4    |
| 210       | 4   | 267      | 83,59    | 0,621       | 45       | 235      | 5   | 270        | 231,4    |

Остаточне рішення приймає інженер під час безпосереднього проектування.

Описана методика і комп'ютерна програма дає змогу підібрати як нестандартні, так і повністю стандартні пружини потрібного класу і розряду, які забезпечують необхідне зрівноваження головного механізму лісопилної рами.

## Література

1. Пасіка В.Р. Удосконалення головного механізму лісопилних рам / В.Р. Пасіка // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.4. – С. 114-117.
2. ГОСТ 1374-86. Пружини винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения. Классификация. Межгосударственный стандарт, ИПК Изд-во стандартов, переиздание с изменениями. – М., 1999. – 8 с.
3. ГОСТ 13769-86. Пружини винтовые цилиндрические сжатия I класса, разряда 4 из стали круглого сечения. Основные параметры витков. Межгосударственный стандарт, ИПК Изд-во стандартов, переиздание с изменениями. – М., 1999. – 12 с.
4. ГОСТ 13773-86. Пружини винтовые цилиндрические сжатия II класса, разряда 4 из стали круглого сечения. Основные параметры витков. Межгосударственный стандарт, ИПК Изд-во стандартов, переиздание с изменениями. – М., 1999. – 9 с.
5. ГОСТ 13765-86. Пружини винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения. Обозначения параметров, методика определения размеров. Межгосударственный стандарт, ИПК Изд-во стандартов, переиздание с изменениями. – М., 1999. – 12 с.

## Комаров С.М., Пасіка В.Р. Расчёт и конструирование пружин усовершенствованного главного механизма лесопильных рам

Показана принципиальная возможность обеспечить необходимую жёсткость пружин в усовершенствованном механизме лесопильных рам. Приведены алгоритм расчёта пружин растяжения и компьютерная программа для автоматизированного расчёта. Доказано, что необходимую жёсткость можно получить при использовании 2-х, 4-х, 6-ти и 8-ми пружин. Решение относительно выбора количества пружин и их жёсткости принимает непосредственно разработчик, исходя из конструктивных соображений.

**Ключевые слова:** лесопильная рама, пружины растяжения.

## Komarov S.M., Pasika V.R. Calculation and design of springs of the gang-saws improved main mechanism

The principal possibility of design of springs of the gang-saws improved main mechanism with necessary rigidity is shown. Algorithm and an application for the extension springs design are discussed. The necessary rigidity of the springs could be achieved using 2, 4, 6 or 8 springs. An engineer makes a final decision about the springs number according to the design of a particular gang-saw.

**Keywords:** gang-saw, spring of tension.

УДК 535.343.2

Проф. З.П. Чорний, д-р фіз.-мат. наук; ст. викл. І.Б. Пірко;  
доц. В.М. Салапак, канд. фіз.-мат. наук;  
асист. М.В. Дячук – НЛТУ України, м. Львів

## КІНЕТИКА РАДІАЦІЙНОГО УТВОРЕННЯ ЦЕНТРІВ ЗАБАРВЛЕННЯ В ІОННИХ КРИСТАЛАХ. І. КРИСТАЛИ З ДОМІШКОВО-ВАКАНСІЙНИМИ ДИПОЛЯМИ. ГЕНЕРАЦІЯ $F_A$ -ЦЕНТРІВ

Запропоновано методику, в рамках якої можна провести розрахунки кінетики наростання концентрації центрів забарвлення в процесі опромінення іонних кристалів іонізуючою радіацією. Цю методику можна застосовувати для кристалів, що містять дефекти дипольного типу, а також електронейтральні та заряджені точкові структурні дефекти. Розраховано кінетику наростання  $F_A$ -центрів забарвлення в кристалах зі структурною флюориту.

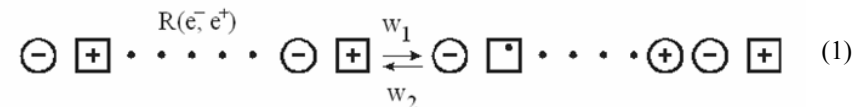
**Ключові слова:** кристали, центри забарвлення, радіація.

**Вступ.** Радіаційне забарвлення в іонних кристалах (за виключенням деяких лужно-галоїдних кристалів) виникає внаслідок локалізації створених радіацією вільних носіїв електричного заряду на дорадіаційних дефектах кристала. Радіаційна чутливість іонних кристалів залежить від структури кристала, типу точкових дефектів, їх електричного заряду та концентрації.

До кристалів, які досліджували в цій роботі, належать кристали флюоритів, легованих лужними металами або киснем. Радіаційні властивості флюоритів ґрунтовно досліджені як експериментально [1-5], так і теоретично [6-9].

У цій роботі вперше в літературі в одновимірній моделі іонного кристала розраховано кінетику наростання концентрації  $F_A$ -центрів забарвлення у процесі опромінення кристала іонізуючою радіацією.

**1. Механізм генерації центрів забарвлення.** Процес радіаційного забарвлення центрів забарвлення описується такою реакцією [4, 5]:



де:  $\ominus$  – негативно заряджений іон лужного металу ( $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ );  $\oplus$  – позитивно заряджена вакансія іона фтору;  $\ominus \oplus$  – домішково-вакансійний диполь (ДВД);  $\square$  –  $F$ -центр;  $\ominus \square$  –  $F_A$ -центр;  $\oplus$  – локалізована дірка;  $\oplus \ominus \oplus$

–  $V_{KD}$ -центр; • – крапками позначені іони основи кристала;  
 $\ominus \oplus \dots \ominus \oplus$  – фрагмент іонного ланцюга, довжина якого обмежена ДВД;  $R(e^-, e^+)$  – створена іонізуючою радіацією електронно-діркова пара;  $w_1$  – ймовірність утворення  $(F_A - V_{KD})$ -пари центрів забарвлення внаслідок розпаду електронно-діркової пари;  $w_2$  – ймовірність радіаційного руйнування (знебарвлення)  $(F_A - V_{KD})$ -пари центрів забарвлення.

Як видно з рівняння (1), утворення центрів забарвлення є результатом локалізації мобільних носіїв заряду на ДВД. У кристалах флюоритів дірки рухливі за температур  $T > 140$  К, а за нижчих температур автолокалізуються [1]. Таким чином, реакція (1) відбувається за умови, що кристали флюоритів опромінують радіацією за температур вище за 140 К. За більш низьких температур в опромінених кристалах виникають  $V_K$ -центри [1, 3], що ускладнює радіаційні процеси, які перебігають у кристалі.

В одновимірній моделі за методикою, описаною в роботах [7-9], проведені розрахунки радіаційних параметрів кристалів флюоритів. Результати розрахунків для кристалів з вмістом легуючих добавок 0,2 мол. % NaF і 0,025 мол. % NaF наведено в табл. 1.

Граничні концентрації центрів забарвлення розраховувались за формулою

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{w_1}{w_1 + w_2}, \quad (2)$$

а енергію  $E$ , яка витрачається, щоб створити в кристалі  $(F_A - V_{KD})$ -комплементарну пару центрів забарвлення:

$$E = 1,5 \frac{E_g}{w_1}, \quad (3)$$

де:  $C_1$  – концентрація центрів забарвлення на стадії насичення забарвлення;  $C_0$  – концентрація пар ДВД у кристалі до його опромінення;  $w_1$ ,  $w_2$  – ймовірності радіаційного утворення та руйнування центрів забарвлення;  $E_g$  – ширина забороненої зони кристала.

**Табл. 1. Радіаційні параметри одновимірного кристала типу  $\text{CaF}_2\text{-Na}$ , опроміненого за температури  $T > 140$  К**

| № | C, мол. % | l    | $w_1$ | $w_2$ | $C_1/C_0$ | E, eB |
|---|-----------|------|-------|-------|-----------|-------|
| 1 | 0,2       | 8 а  | 0,071 | 0,366 | 0,162     | 211   |
| 2 | 0,025     | 16 а | 0,045 | 0,330 | 0,120     | 333   |

$C$  – концентрація активатора,  $l$  – середня відстань між іонами активатора,  $a$  – параметр ґратки,  $w_1$  та  $w_2$  – ймовірності утворення та радіаційного руйнування центрів забарвлення,  $C_1$  – концентрація центрів забарвлення,  $C_0$  – початкова концентрація пар диполів,  $E$  – енергія утворення  $(F_A - V_{KD})$  пари центрів забарвлення.

**2. Кінетика утворення центрів забарвлення.** В одновимірному іонному кристалі із  $n_0$  пар ДВД концентрацію створених радіацією  $F_A$ -центрів позначено символом  $[F_A]$ , а концентрацію ДВД –  $[d]$ . До опромінення кристала (нульова доза опромінення)  $[F_A](0) = 0$ , а  $[d](0) = n_0$ . Опромінемо кристал дозою радіації  $E = n_0 \cdot h\nu$  (де  $h\nu = 1,5 E_g$ ).

Після опромінення кристал містить  $F_A$ -центри, концентрація яких дорівнює

$$[F_A](I) = n_0 w_1 \quad (4)$$

та домішково-вакансійні диполі:

$$[d](I) = n_0 \cdot (1 - w_1). \quad (5)$$

Наступна доза радіації ( $E = n_0 \cdot h\nu$ ) створить у кристалі нові  $F_A$ -центри:

$$\Delta_1[F_A](II) = w_1 \cdot [d](I) \quad (5)$$

і відповідно зруйнує  $F_A$ -центри:

$$\Delta_2[F_A](II) = w_2 \cdot [F_A](I). \quad (6)$$

Сумарне число  $F_A$ -центрів, які утворилися в кристалі після повторного ізодозного опромінення:

$$[F_A](I + II) = [F_A](I) + \Delta_1[F_A](II) - \Delta_2[F_A](II). \quad (7)$$

Після  $n$  ізодозних опромінь кристала сумарне число  $[F_A]$ -центрів у кристалі досягає величини:

$$[F_A](I + II + \dots n) = [F_A](I + II + \dots (n-1)) + \Delta_1[F_A](n) - \Delta_2[F_A](n), \quad (8)$$

а відповідно концентрація  $F_A$ -центрів у кристалі становить:

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{[F_A](I + II + \dots n)}{[d](0)}. \quad (9)$$

Результати розрахунків за формулою (8-9) наведені в табл. 2-3 і графічно зображені на рис. 1-4.

**Табл. 2. Кінетика наростання  $(F_A - V_{KD})$ -комплементарних пар центрів забарвлення в одновимірному кристалі типу  $\text{CaF}_2\text{-Na}$  ( $C = 0,2$  мол. % NaF), опромінених рентгенівськими променями за температури  $T > 140$  К**

| № | Доза радіації (eB) | $\Delta_1[F_A]$ | $\Delta_2[F_A]$ | Сумарна доза радіації (eB) | $[F_A]$ |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---------|
| 1 | 15                 | 0,071           | 0               | 15                         | 0,071   |
| 2 | 15                 | 0,066           | 0,026           | 30                         | 0,111   |
| 3 | 15                 | 0,063           | 0,040           | 45                         | 0,134   |
| 4 | 15                 | 0,061           | 0,049           | 60                         | 0,156   |
| 5 | 15                 | 0,060           | 0,057           | 75                         | 0,156   |
| 6 | 15                 | 0,060           | 0,058           | 90                         | 0,158   |
| 7 | 15                 | 0,059           | 0,059           | 105                        | 0,160   |

$\Delta_1[F_A]$  – концентрація  $F_A$ -центрів забарвлення, які утворилися після опромінення дозою радіації  $E = h\nu$ ;  $\Delta_2[F_A]$  – концентрація  $F_A$ -центрів забарвлення, які зруйновані після опромінення зразка дозою радіації  $E = h\nu$ ;  $[F_A]$  – сумарна концентрація  $F_A$ -центрів забарвлення після їх опромінення  $n$ -дозами радіації ( $E = n \cdot n_0 \cdot h\nu$ ), де  $n = 1, 2, 3$ .

**Табл. 3. Кінетика утворення  $(F_A - V_{KD})$ -комплементарних пар центрів забарвлення в одновимірному кристалі типу  $\text{CaF}_2\text{-Na}$  ( $C = 0,025$  мол. % NaF), опромінених рентгенівськими променями за температури  $T > 140$  К**

| № | Доза радіації (eB) | $\Delta_1[F_A]$ | $\Delta_2[F_A]$ | Сумарна доза радіації (eB) | $[F_A]$ |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---------|
| 1 | 15                 | 0,045           | 0               | 15                         | 0,045   |
| 2 | 15                 | 0,043           | 0,015           | 30                         | 0,073   |
| 3 | 15                 | 0,041           | 0,024           | 45                         | 0,091   |

|    |    |       |       |     |       |
|----|----|-------|-------|-----|-------|
| 4  | 15 | 0,040 | 0,030 | 60  | 0,102 |
| 5  | 15 | 0,040 | 0,034 | 75  | 0,108 |
| 6  | 15 | 0,040 | 0,036 | 90  | 0,112 |
| 7  | 15 | 0,040 | 0,037 | 105 | 0,115 |
| 8  | 15 | 0,040 | 0,038 | 120 | 0,117 |
| 9  | 15 | 0,040 | 0,039 | 135 | 0,118 |
| 10 | 15 | 0,040 | 0,039 | 150 | 0,119 |
| 11 | 15 | 0,040 | 0,040 | 165 | 0,120 |

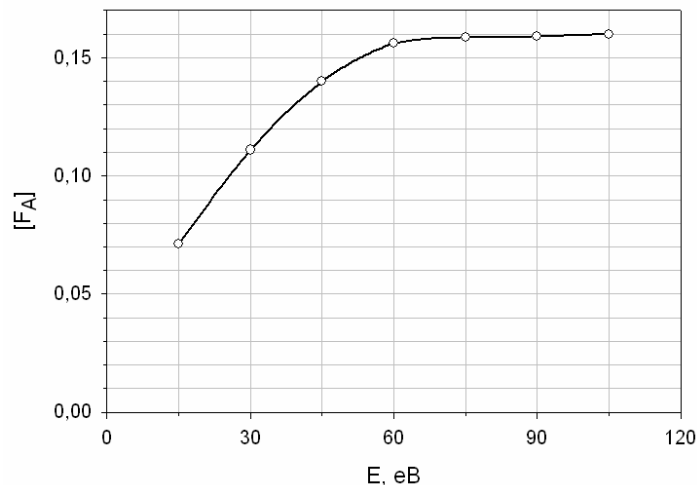


Рис. 1. Кінетика наростання концентрації  $F_A$ -центрів забарвлення залежно від дози іонізуючої радіації, яка поглинута фрагментом іонного ланцюга типу ДВД...ДВД (температура опромінення зразків  $T > 140$  К, концентрація активатора  $C = 0,2$  мол. % NaF)

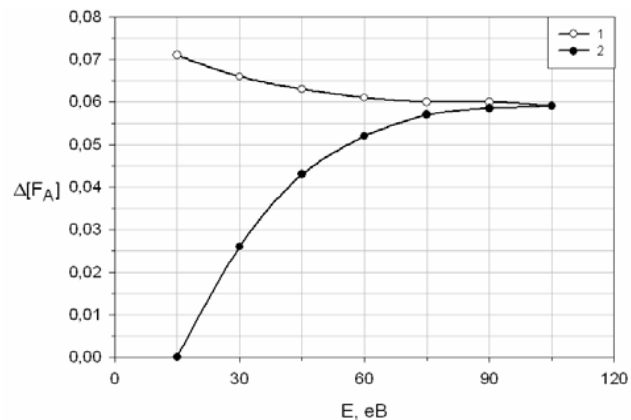


Рис. 2. Залежність ефективності утворення  $F_A$ -центрів забарвлення (ДВД  $\rightarrow F_A$ -перетворень) (крива 1) та їх радіаційного руйнування ( $F_A \rightarrow$  ДВД-перетворень) (крива 2) від дози іонізуючої радіації  $E$  (температура опромінення зразків  $T > 140$  К, концентрація активатора  $C = 0,2$  мол. % NaF)

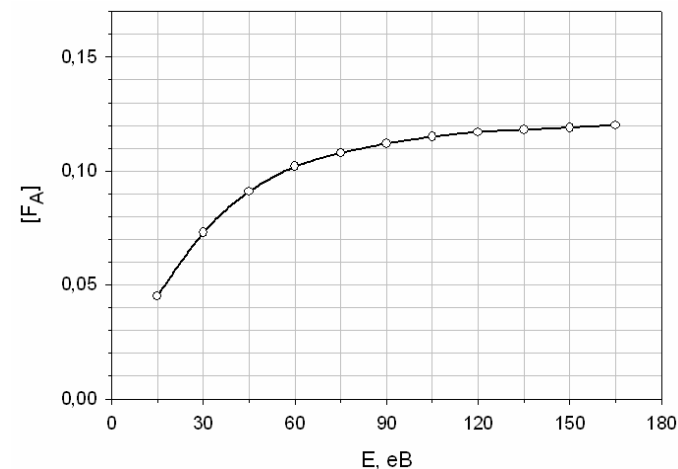


Рис. 3. Кінетика наростання концентрації  $F_A$ -центрів забарвлення залежно від дози іонізуючої радіації, яка поглинута фрагментом іонного ланцюга типу ДВД...ДВД (температура опромінення зразків  $T > 140$  К, концентрація активатора  $C = 0,025$  мол. % NaF)

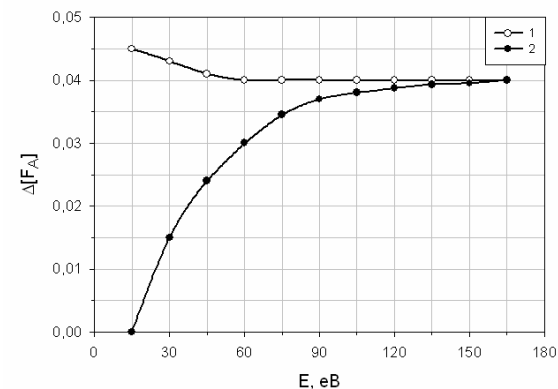


Рис. 4. Залежність ефективності утворення  $F_A$ -центрів забарвлення (ДВД  $\rightarrow F_A$ -перетворень) (крива 1) та їх радіаційного руйнування ( $F_A \rightarrow$  ДВД-перетворень) (крива 2) від дози іонізуючої радіації  $E$  (температура опромінення зразків  $T > 140$  К, концентрація активатора  $C = 0,025$  мол. % NaF)

### Висновки:

1. Розроблено методику, яка дає змогу провести розрахунки кінетики наростання концентрації центрів забарвлення у процесі опромінення кристала іонізуючою радіацією.
2. Величини граничних концентрацій центрів забарвлення, отримані методом послідовних наближень (рівняння 9) і аналітичним методом (рівняння 2), збігаються.
3. Запропонований у цій роботі метод розрахунку кінетики наростання центрів забарвлення можна застосувати не тільки для кристалів, що містять де-

фекти дипольного типу, а й до кристалів з електронейтральними або зарядженими точковими дефектами.

### Література

1. Hayes W. Crystals with fluorite structure / W. Hayes. Oxford : Clarendon Press, 1974. – 448 p.
2. Martin P. Paramagnetic colour centres in  $\text{SrF}_2\text{-Na}$  / P. Martin, A. Hamaidia, S. Margerie // J. Phys. C : Sol. State Phys. – 1985. V. 18, № 32. – P. 5947-5961.
3. Chornij Z.P. Reorientation of  $\text{M}_\text{A}^+$ -centers in  $\text{CaF}_2\text{-Me}^+$  crystals / Z.P. Chornij. // Phys. Stat. Sol. – 2001. – V. 223. – P. 757-765.
4.  $\text{F}_\text{D}$ -центри в кристалах флюоритів, легованих лужними металами / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.Р. Панасюк // Журнал фізичних досліджень. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 1602-1-1602-8.
5. Chorniy Z.P. Crystals  $\text{SrCl}_2\text{-K}$  radiation sensitivity / Z.P. Chorniy, I.B. Pirko, V.M. Salapak // Functional materials. – 2011. – Vol. 18. – № 2. – P. 206-210.
6. Центри забарвлення в кристалах  $\text{CaF}_2\text{-Na}$  і  $\text{CaF}_2\text{-Li}$ . I. Результати експериментальних досліджень / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Фізика і хімія твердого тіла. – 2012. – Т. 13. – № 4. – С. 879-882.
7. Механізм генерації центрів забарвлення в легованих кристалах флюоритів. Одномірна модель / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : УкрДЛТУ. – 2005. – Вип. 15.1. – С. 298-307.
8. Генерація центрів забарвлення в легованих кристалах флюоритів. Одномірна модель / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : УкрДЛТУ. – 2005. – Вип. 15.1. – С. 170-174.
9. Моделювання радіаційних властивостей іонних кристалів / З.П. Чорний, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.1. – С. 220-226.

**Чорний З.П., Пірко І.Б., Салапак В.М., Дячук Н.В. Кинетика радиационного образования центров окраски в ионных кристаллах. I. Кристаллы с примесно-вакансионными диполями. Генерация FA-центров**

Предложена методика, в рамках которой можно провести расчеты кинетики нарастания концентрации центров окраски в процессе облучения ионных кристаллов ионизирующей радиацией. Данную методику можно применить для кристаллов, содержащих дефекты дипольного типа, а также электронейтральные и заряженные точечные структурные дефекты. Рассчитана кинетика нарастания  $\text{F}_\text{A}$ -центров окраски в кристаллах со структурой флюорита.

**Ключевые слова:** кристаллы, центры окраски, радиация.

**Chornij Z.P., Pirko I.B., Salapak V.M., Djachuk N.V. Kinetics of formation of radiation color centers in ionic crystals. I crystals with impurity-vacancy dipoles. Generation FA-centers**

The technique, in which you can make calculations kinetics increase the concentration of color centers during irradiation of ionic crystals to ionizing radiation. This technique can be applied to crystals containing defects such as dipole and electroneutral and charged point structural defects. Calculated kinetics of growth of  $\text{F}_\text{A}$ -color centers in crystals with fluorite structure.

**Keywords:** crystals, color centers, radiation.

## 4. ЕКОНОМІКА, ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ В ГАЛУЗЯХ

УДК 351.72

Проф. Г.І. Башняний<sup>1</sup>, д-р екон. наук;

доц. Ю.І. Турянський<sup>2</sup>, канд. екон. наук; доц. О.І. Дунас<sup>3</sup>, канд. юрид. наук

### ДО ПИТАННЯ НЕГАТИВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РИНКОВОЇ САМОРЕГУЛЯЦІЇ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуто вплив таких факторів, як масштаби саморегуляції і тривалість ринкового періоду на ефективність ринкової саморегуляції економічних систем. Досліджено зони неефективного розвитку, а також зроблено висновок про те, що вийти із цієї зони можна тільки шляхом розгортання системи державної регуляції і звуження масштабів ринкової саморегуляції.

**Ключові слова:** централізація, державне регулювання, економічні системи, ринок, саморегуляція.

**Постановка проблеми.** У сучасній ліберальній (ліберально-консервативній) економічній літературі панує думка, що ринкова саморегуляція економіки лише ефективна, а згорання системи державного регулювання і розширення системи ринкової саморегуляції тільки позитивно впливає на розвиток економіки. Ця точка зору однобічна, а в деяких випадках і неточна, що не дає точної уяви про результативність ринкової саморегуляції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед вітчизняних і російських учених, які досліджували механізми державного впливу на динаміку структурних зрушень, можна виділити роботи В. Базиловича О. Беляєва, О. Білорусова, В. Будкіна, А. Гальчинського, В. Гейця, А. Поручника, В. Савчука, А. Філіпенка, В. Черняка, А. Чухна та інших.

**Мета роботи** – дослідити ефективність ринкової саморегуляції економічних систем.

**Виклад основного матеріалу.** Щоб отримати точнішу уяву про результативність ринкової саморегуляції, потрібно зіставити обидві криві – криву ринково-регуляційних економічних вигод (ЕВ) і криву ринково-регуляційних економічних втрат (ІС), тобто помістити їх в одну систему координат, відкладаючи на осі ординат як економічні вигоди, так і економічні втрати від ринкової саморегуляції. Внаслідок такого "накладання" обох вказаних вище графіків ми отримаємо таку графічну картину, яка точніше ілюструє результативність розвитку процесу ринкової саморегуляції (рис. 1-3) [3, с. 654].

Ці графіки ілюструють, що до точки "А" економічна ефективність ринкової саморегуляції є від'ємною (негативною). Назвемо її умовно MR-неефективністю (або від'ємною економічною ефективністю ринкової саморегуляції).

<sup>1</sup> Львівська КА;

<sup>2</sup> НУ державної податкової служби України;

<sup>3</sup> Львівський НУ ім. Івана Франка