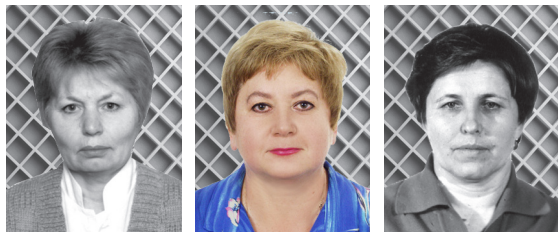


АНАЛІЗ СТАНУ І ПЕРСПЕКТИВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ



Т. К. Кваша,
О. П. Кочеткова,
Г. П. Задорожня, канд. вет. наук

Актуальність проблеми. Напівпровідникова промисловість – одна з найбільш прибуткових галузей оброблювальної промисловості з найвищими темпами середньорічного приросту продаж. З використанням її матеріалів відбувається розвиток електроніки, електротехніки, засобів зв'язку, енергетики, автомобілебудування. Нині на основі надпровідникових матеріалів виготовляється до 90 % пристроїв (підсилювачів, перетворювачів електричного струму, інтегральних схем тощо). Завдяки унікальним властивостям монокристалічного кремнію, необмеженим природним запасам початкової сировини, технологічності процесів вирощування і механічної переробки на пластини він залишається основним серед усіх напівпровідникових матеріалів, які застосовуються в приладобудуванні й електронній техніці.

Дані проведеного аналізу свідчать, що до переліку технічно актуальних напівпровідників, які належать до категорії промислової продукції, необхідно перш за все віднести кремній, германій.

Основними виробниками кремнію у світі є *США, Німеччина, Японія, Італія, Китай*. Гострий дефіцит чистого кремнію на світовому ринку і підвищення ринкової ціни на нього стимулюють країни до створення власного виробництва напівпровідників. Такі країни, як *Норвегія, Казахстан, Киргизія, Білорусь, Росія, Україна* тощо, розглядають проекти наукових досліджень щодо створення виробництв чистого кремнію шляхом введення в дію законсервованих підприємств і будівництва нових заводів.

Світовий від'ємний баланс виробництва кремнію для потреб сонячної енергетики, що склався після 2003 р., за прогнозними даними, зростатиме протягом найближчих 10–15 років.

Не менш важливе значення серед напівпровідникових матеріалів має германій (Ge). У середньорічній перспективі прогнозується зростання його виробництва. *Основні виробники германію: Бельгія, Канада, Китай, США, Німеччина, Франція, Конго (Заїр), Росія, Україна.* У 2003 р. сумарна частка Росії

і України на ринку пропозиції Ge становила 15 %.

Отже, попит і сучасний стан виробництва напівпровідникових матеріалів в Україні потребують розробки нових технологій отримання цих матеріалів.

Виклад основного матеріалу. *Потужності напівпровідникової промисловості України до 1990 р. становили 10 % від світових.* Наша країна у складі колишнього СРСР займала **перше місце** з виробництва всіх технічно актуальних напівпровідників (до 60 % загального обсягу випуску полікристалічного і монокристалічного кремнію; до 70% германію; 100% напівпровідникових з'єднань). Нині **значна частина промислових потужностей зруйнована або простоює.** У той же час в Україні є унікальні підприємства, зокрема ВАТ «Чисті метали» – єдине в СНД спеціалізоване підприємство, що працює за принципом замкнутого технологічного циклу: від сировини – до готових виробів з глибокою переробкою відходів напівпровідникового виробництва і утилізацією залишків.

Враховуючи важливість цього питання Постановою Кабінету Міністрів України від 28.10.09 № 1173 затверджено Державну цільову науково-технічну програму «Створення хіміко-металургійної галузі виробництва чистого кремнію протягом 2009–2012 років» для потреб вітчизняних підприємств – виробників високотехнологічних виробів, забезпечення розвитку наноелектроніки і нанофотоніки, випуску модулів сонячної енергетики і виробів електронної техніки, зменшення залежності від імпоротної сировини та створення потужного експортного потенціалу. Виконавцями Програми є Національна академія наук України, Міністерство промислової політики і Міністерство освіти і науки України. Фінансування її здійснюється за рахунок залучення інвестицій, коштів державного бюджету, власних коштів підприємств. Загальний обсяг фінансування, необхідний для виконання Програми, становить 2750 млн. грн.

Програма передбачає виконання дослідних і проектних робіт з модернізації та відновлення виробничої

бази підприємств, що утворюють промислову базу, зокрема відкритих акціонерних товариств «Завод напівпровідників» (м. Запоріжжя), «Чисті метали» (м. Світловодськ, Кіровоградська обл.), хіміко-металургійної фабрики ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» (смт Донське, Донецька обл.).

У результаті проведеного нами аналізу *напрямів наукових досліджень в Україні виявлено такі розробки*: напівпровідникові лазери (для діагностики та тестування матеріалів і структур в наноелектроніці); нові технології отримання полікремнію, графену (зразок нового матеріалу сучасності — одноатомний

шар вуглецю, що являє собою двовимірну наносистему з унікальними властивостями); формування ефективних люмінесцентних кремнієвих нанокластерів, оптоелектронних компонентів і приладів для сфери охорони здоров'я; створення приладів для виявлення радіоактивних матеріалів; створення виробів ІЧ-мікрофотоелектроніки. Деякі із зазначених розробок мають забезпечити швидку віддачу у вигляді кінцевих наукоємних продуктів високого рівня з підвищеним попитом на ринку.

Аналіз досліджень за напрямом напівпровідникових матеріалів, технології виробництва і тенденцій їхнього розвитку проведено на базі захищених дисертаційних

Розподіл дисертаційних робіт за розділами Державного рубрикатора НТІ

Розділ	Роки										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 (9 міс.)	УСЬОГО
Фізика твердих тіл (напівпровідники)	35/5*	21/10	25/2	23/5	19/9	24/2	14/7	15/6	17/3	19/1	262
Електротехнічні матеріали (напівпровідникові матеріали)			1/-						1/-		2
Матеріали для електроніки і радіотехніки (напівпровідникові матеріали)	2/-	2/1	2/1	2/-	1/-	2/-	1/-	2/1		1/-	18
Технологія і обладнання для виробництва напівпровідникових приладів і приладів мікроелектроніки	1/-	2/1	4/1	4/-	2/-	1/1		1/-	2/-	2/-	22
Твердотільні прилади (дискретні напівпровідникові прилади)			2/-			1/-		1/-		1/-	5
Металургія напівпровідників			1/-	1/-	1/-		-/1		1/-		5
УСЬОГО	43	37	39	35	32	31	23	26	24	24	314

* У чисельнику наведено кількість кандидатських дисертацій; у знаменнику – докторських.

робіт (див. таблицю).

Усього проаналізовано 498 дисертаційних робіт. Найбільша частка дисертаційних робіт підготовлена за напрямом: **фізика твердих тіл (напівпровідники)** – 83,4% від загальної кількості за напрямом, з них 212 кандидатських і 50 докторських або відповідно 80,9 і 19,1 % (рис. 1). Друге місце належить напрямом **технологія і обладнання для виробництва напівпровідникових приладів і приладів мікроелектроніки**.

Під час дослідження встановлено, що розробка технологій проводилася лише за напрямом: **електротехнічні матеріали (напівпровідникові), матеріали**

для електроніки і радіотехніки (напівпровідникові) і металургія напівпровідників. Обсяг розробок за цими напрямом становить 7,8% проти 83,4 % за напрямом **фізика твердих тіл**. Найменшу кількість робіт (0,6%) захищено за напрямом **електротехнічні матеріали (напівпровідникові)**.

Аналіз дисертаційних робіт за напрямом напівпровідникові матеріали свідчить, що кількість захищених дисертацій за напрямом **фізика твердих тіл (напівпровідники)** в 2000–2005 рр. зменшувалась, а в 2006–2009 рр. мала стабільний характер (рис. 2). Кількість досліджень у сфері технічних і прикладних

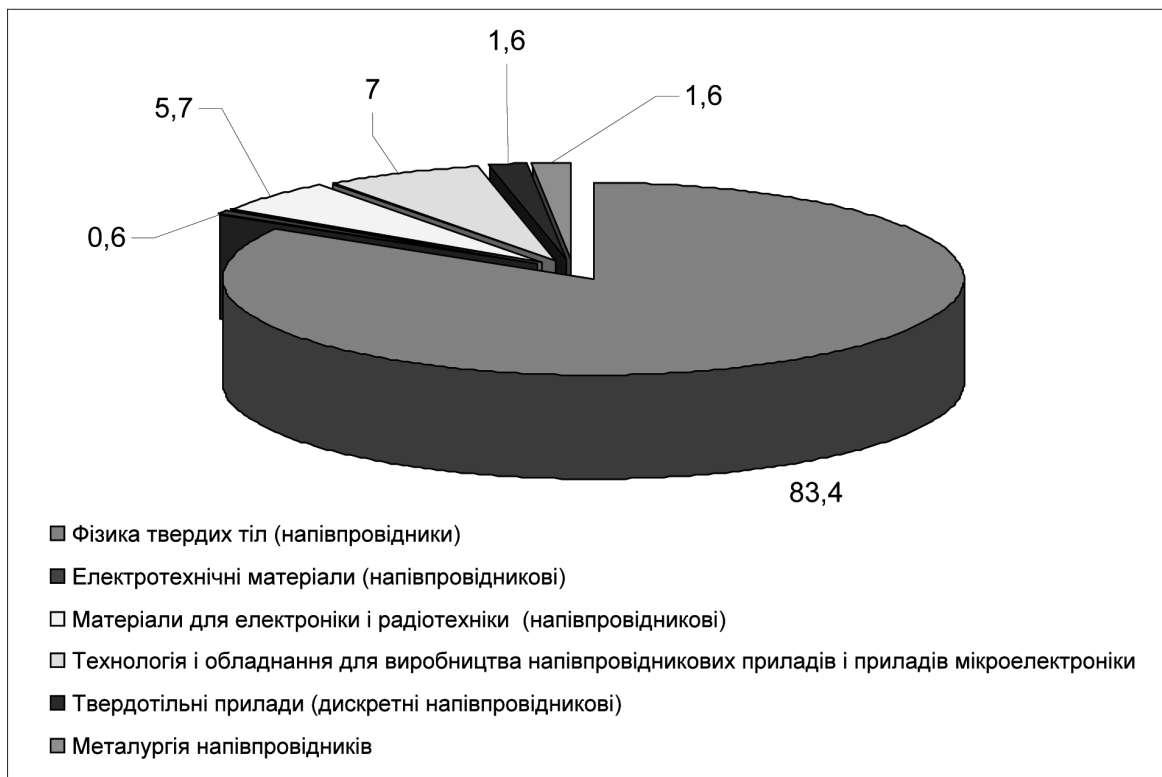


Рис. 1. Розподіл дисертаційних робіт за напрямом, %

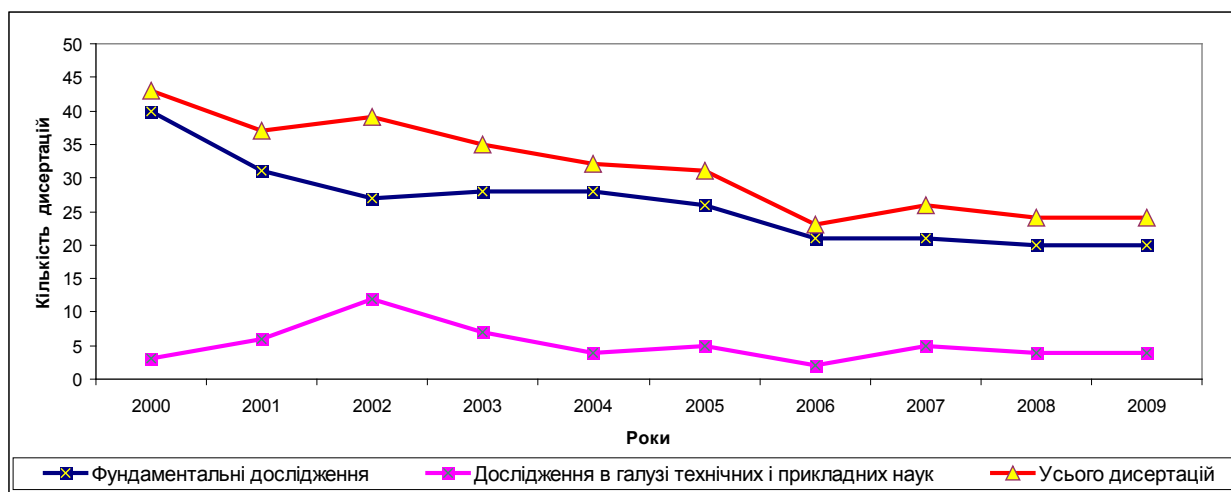


Рис. 2. Динаміка захищених дисертаційних робіт за напрямом

наук у 2000–2009 рр. мала стабільний характер, але була значно меншою, ніж у напрямі фізика твердих тіл.

У період 2000–2009 рр. (9 міс.) дисертаційні роботи були виконані в 64 науково-дослідних установах. За напрямом фізика твердого тіла (напівпровідники) дослідження проводилися в 50 установах. На рис. 3 наведені дані щодо науково-дослідних установ, в яких виконано найбільше дев'ять дисертаційних робіт за вказаний період. Лідерами за кількістю захищених дисертаційних робіт є **Інститут фізики напівпро-**

відників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України (56 робіт) і Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича (43 роботи).

Дисертаційні дослідження за напрямом технічні і прикладні науки проводилися в 22 науково-дослідних установах. На рис. 4 наведені дані про науково-дослідні установи, в яких виконано більш як три дисертаційні роботи за 2000–2009 рр. (9 міс.)

Аналіз досліджень, здійснених науково-дослідними установами, показав, що в Україні проблемами напів-

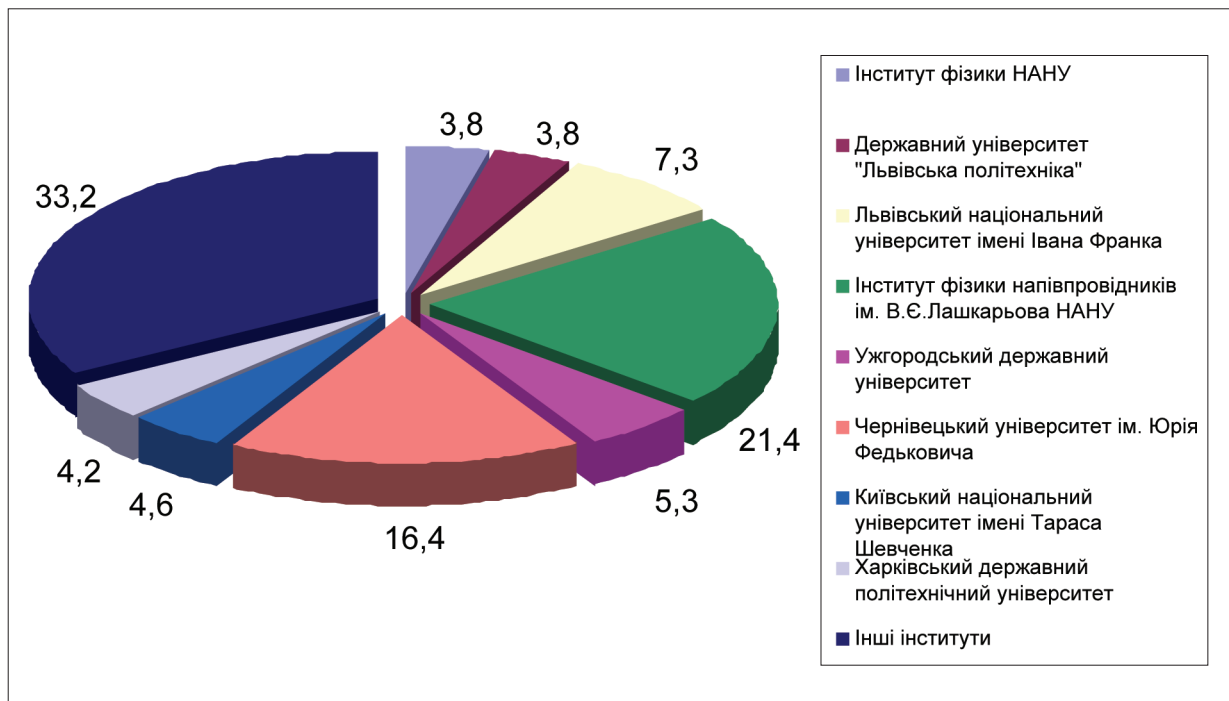


Рис. 3. Розподіл захищених дисертаційних робіт за напрямом фізика твердого тіла (напівпровідники), %

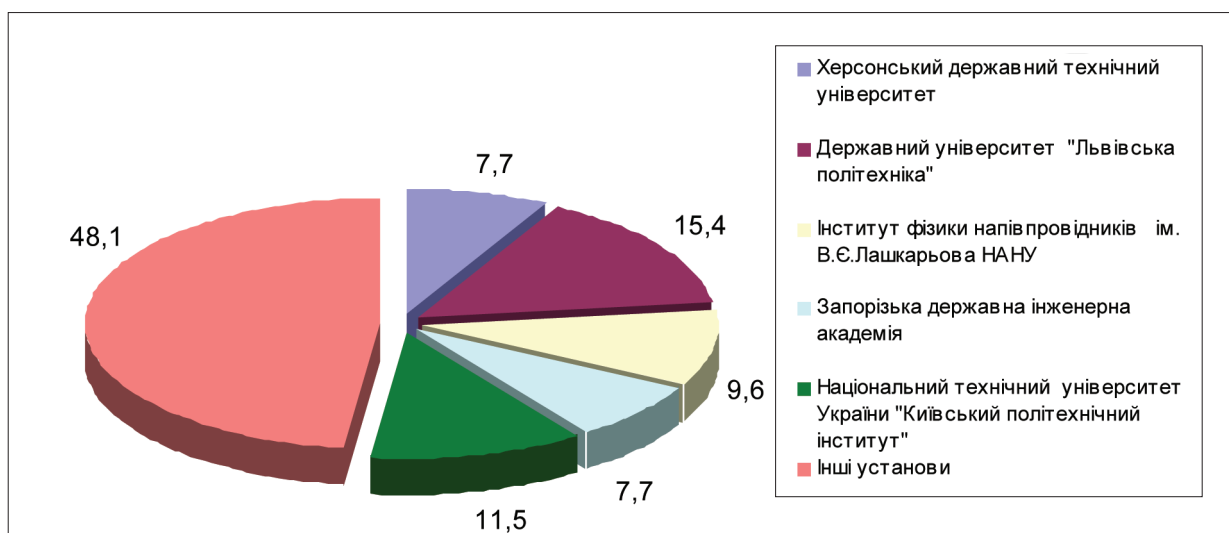


Рис. 4. Розподіл дисертаційних досліджень у технічних і прикладних науках, %

провідникових матеріалів безпосередньо займаються 58 наукових установ, з них 26 – спеціалізовані науково-дослідні установи.

Так, в Інституті теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова проводяться дослідження щодо високої провідності нового вуглецевого матеріалу – графену.

На основі нових акустоелектронних ефектів, виявлених у напівпровідникових наноструктурах, ученими Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАНУ та Нотінгемського університету (Велико-

британія) створено акустичний лазер в терагерцовому діапазоні частот. Використання приладу відкриває принципово нові можливості для модуляції світла, генерації терагерцового електромагнітного випромінювання, діагностики та тестування матеріалів і структур у наноелектроніці.

Однією з причин уповільнення науково-технічного прогресу в технологіях отримання і застосування напівпровідникових матеріалів є відсутність ефективного механізму взаємодії між академічною і галузевою

науками. **Перша завжди випереджає у сфері фундаментальних досліджень**, але не може швидко втілювати їх у практичні результати, оскільки не має достатньої технологічної бази. Друга орієнтована на розробку і впровадження технологій отримання напівпровідникових матеріалів і виробництво напівпровідникових приладів. Але часто вони створюються без належного врахування досягнень вітчизняної фундаментальної науки.

Висновки

Аналіз наукових досліджень щодо розвитку напівпровідникових матеріалів як в Україні, так і за кордоном свідчить, що **українські розробки за рівнем досліджень є конкурентоспроможними і відповідають світовому рівню**. До наукових результатів світового рівня належать такі: технологія формування ефективних люмінесцентних кремнієвих нанокластерів; теорія високопольового електронного транспорту для напівпровідникових гетероструктур.

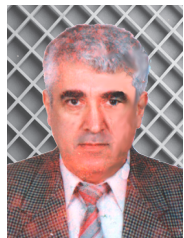
Державні науково-технічні програми України містять положення, які сприяють (у тому числі фінансово) розвитку окремих фрагментів мікроелектроніки, зокрема її основи – кремнієвої технології.

Проте існує низка проблем, що стримують розвиток напівпровідникових матеріалів, а саме:

- в Україні відсутня цілісна програма відновлення і розвитку мікроелектроніки;
- проведення фундаментальних і прикладних досліджень, а також розвиток технічного потенціалу напівпровідникової сфери в Україні стримуються через відсутність ефективного механізму взаємодії між академічною та галузевою науками, а також належної державної підтримки, перш за все, фінансової.

УДК 330.1

МІРА РЕАЛІЗАЦІЇ ЕКОНОМІЧНОГО ПРОГНОЗУ



О. Л. Вугальтер

Прогнозування відзначається різноманіттям методів виконання. Зазвичай методи прогнозування класифікують за способом їхнього створення. Нижче розглянемо можливість порівняння методів прогнозування за метою – якістю прогнозу.

Приділяючи багато уваги статистичній обробці прогнозованої похибки (перспективна і ретроспективна оцінка статистичної похибки), часто ігнорують

ЛІТЕРАТУРА

1. Левінзон, Д. І. Состояние и перспективы производства полупроводниковых материалов в Украине / Д.И. Левинзон, Ю. В. Трубицын // Нові технології. – 2008. – № 1 (19). – С. 78.
2. Иванов, В. М. Современные тенденции развития промышленности поликристаллического полупроводникового кремния / В. М. Иванов, Ю. В. Трубицын // Нові технології. – 2009. – № 1 (23). – С. 30–35.
3. Наумов, А. В. Обзор мирового рынка германия / А. В. Наумов // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2004. – №3. – С. 7–14.
4. Залозний, А. Н. Карбід кремнію. Перспективи застосування карбиду кремнію в електроніці / А. Н. Залозний, І. В. Касьянов // Матеріали III Міжнар. наук. студент. конф. «Науковий потенціал студентства в ХХ столітті». Том 1. Природні і точні науки. Технічні і прикладні науки. Ставрополь: Севкавгту, 2009. 278 с. Північно-кавказький державний технічний університет. <http://www.ncstu.ru>
5. Лебедев, А., SiC-електроніка: прошлое, настоящее, будущее / А. Лебедев, С. Сбруев // Электроника. Наука, технология, бизнес. – 2006. – №5. – С. 28–41.
6. Наумов, А. В. Обзор мирового рынка арсенида галлия / А. В. Наумов // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2005. – №2. С. 20–25.
7. Викулов, И. GaN-технология. Новый этап развития СВЧ-микросхем / И. Викулов, Н. Кичаева // Электроника. Наука, технология, бизнес. – 2007. – №4. – С. 80–85.
8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pressreleasepoint.com/world-semiconductor-council-wsc-joint-statement-may-2009>
9. Макушин М. Десятая конференция WSC. Свободу полупроводникам / М. Макушин // Электроника. Наука, технология, бизнес. – 2006. – №4. – С. 84–87.
10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=8713>
11. Постанова Кабінету Міністрів України Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми «Створення хіміко-металургійної галузі виробництва чистого кремнію протягом 2009–2012 років» від 28 жовтня 2009 р. № 1173.

питання визначення поняття похибки як такої [6]. За уявної простоти питання в дійсності важко зрозуміти, що з чим порівнювати і як це робити. Супровідною проблемою є зіставність показника точності прогнозу для різнохарактерних (різномісних і різночасових) прогнозів. У цьому сенсі економічна наука не створила систему оцінювання якості прогнозування – співставлення прогнозних значень з реальністю [1].

Отже, **мета статті** – запропонувати методи ретроспективного визначення поняття і міри реалізації прогнозу.

Оцінювання якості кількісного прогнозу з урахуванням похибки виміру

Зупинимось на календарному одномоментному прогнозі (елемент класифікаційної матриці A100)