УДК 519.713

ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПРИЗЕМНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ВИКИДІВ СМІТТЄСПАЛЮВАЛЬНОГО ЗАВОДУ

В.А. Порєв, О.О. Костира

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», пр. Перемоги, 37, Київ, 01056, тел. 8-068-361-19-21

Разработано автоматизированное устройство для исследования загрязнения атмосферы составляющими дымовых газов завода мусоросжигания. Устройство может быть использовано для прогнозирования экологических ситуаций и управления технологическим процессом для избегания зон превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ.

It is developed an automated mean for research of atmosphere contamination by the constituents of smokes gases of factory for incineration of garbage. The mean can be used for prognostication of ecological situations and management by a technological process for avoidance of areas of exceeding maximum of possible concentrations of contaminating matters.

Сміттєспалювальні заводи (ССЗ), які на початку 80-х років сприймалися як альтернатива сміттєвим звалищам, виявилися одними із найшкідливіших джерел забруднення навколишнього середовища.

При спалюванні сміття утворюються високотоксичні викиди, що містять більш ніж 400 шкідливих хімічних сполук. Дослідження забруднення територій навколо ССЗ, що проводилися в 80-90-х роках в США, Японії та Європі, показали суттєві перевищення ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. В Японії, де ССЗ вважаються одними з найкращих, поблизу від заводів були виявлені зони з показниками смертності від ракових захворювань, які більш, ніж вдвоє перевищують середні показники по регіону [1].

Тому в кінці 80-х років розвинуті країни ввели нові, жорсткі нормативи щодо викидів сміттєспалювальних заводів. В 1989р. з'явилася Директива 89/429/ЕЄС «Про зменшення забруднення атмосферного повітря внаслідок експлуатації діючих установок для спалювання побутових відходів в якості пального» (Директива була змінена і доповнена більш жорсткими вимогами в 2001р.). Введення в силу більш жорстких стандартів ЄС і радикальних національних законів привело до закриття багатьох ССЗ і зменшення кількості планів і проектів їх будівництва [1].

Не дивлячись на дороге новітнє удосконалення ССЗ, вони до цього часу входять в число основних джерел забруднення навколишнього середовища. Регулярно відбуваються перевищення встановлених ГДК викидів забруднюючих речовин.

Дослідження процесу забруднення навколишнього середовища викидами сміттєспалювального заводу як у визначений момент часу, так і за повний період часу представляє собою значний інтерес при вирішенні різноманітних проблем, пов'язаних з еколого-гігієнічною безпекою. Тобто актуальним є створення такої інформаційної системи моніторингу, одним з компонентів якої були б дані, отримані в результаті імітаційного моделювання розповсюдження шкідливих речовин в атмосфері в результаті діяльності джерела викидів. На основі аналізу таких даних за достатній період часу можна встановити зони найбільшого екологічного ризику для людини. На основі результатів моделювання можна визначити доцільні зони для встановлення додаткових інструментальних засобів моніторингу (постів).

Відомі аналоги інформаційно-обчислювальних систем моніторингу для прогнозування розподілів шкідливих викидів розроблені в Україні, зокрема науково-дослідницькі програми „Монітор" та „Екосфера" зупинили свій розвиток і, зважаючи на останні зміни в екологічному законодавстві України, вони є юридично неправомірними.

Закордонні аналоги, такі як «Эра», «CALPUFF», «AUSTAL View», не мають ліцензійного розповсюдження на території на-

шої держави.

Розробкою інструментальних інформаційно-вимірювальних систем екологічного моніторингу димових газів ССЗ в Україні займається ЗАТ «Аналітприлад». Розроблені ними системи дають можливість вести безперервний моніторинг димових газів лише в трубі чи газоході заводу [2]. Для ефективного екологічного моніторингу цієї інформації недостатньо, так як для оцінки впливу забруднень на місцеве населення та прогнозування екологічних ситуацій необхідні дані про значення концентрацій викидів по всій прилеглій території ССЗ.

Тому для прийняття управлінських рішень в сфері охорони навколишнього середовища актуальним є створення інформаційно-обчислювальної системи моніторингу для прогнозування розподілу приземних концентрацій шкідливих викидів ССЗ з можливістю динамічного контролю.

Метою даних досліджень є вдосконалення програмного модуля розрахунку приземних концентрацій викидів сміттєспалювального заводу шляхом розробки автоматизованого засобу для дослідження забруднення атмосфери складовими димових газів.

Вдосконалення програмного модуля розрахунку приземних концентрацій викидів сміттєспалювального заводу полягає в наступному.

За нормативну методику розрахунку приземних концентрацій викидів промислових об'єктів на території України прийнято ОНД-90, яка зводиться до послідовності аналітичних виразів, отриманих в результаті апроксимації експериментально отриманих даних [3]. Дана методика розрахунку найбільш підходить для поставлених задач, так як має оптимальне співвідношення обчислювальної потужності до результату обчислень і володіє достатньою точністю розрахунків. Важливим фактором є те, що це нормативна методика розрахунку, тому результати розробленого на її основі автоматизованого засобу будуть юридично достовірними.

Нормативний метод розрахунку дозволяє розраховувати концентрації шкідливих та будь-яких інших домішок в складі димових газів в двохметровому шарі на рівні землі, а також у вертикальному та горизонтальному перерізі димового факела на відстані не більше 100 км від джерела. Дана модель враховує: висоту труби; діаметр труби; витрати аналізованої речовини в атмосферу; температуру газів, що виходять з труби; повні витрати димових газів на перерізі труби; середню по перерізу труби швидкість газів; розсіюючі властивості атмосфери (кліматичний коефіцієнт); інтенсивність сепарації частинок (відношення швидкості осідання частинки до турбулентності, яка пропорційна швидкості вітру); метеорологічні дані (температуру навколишнього середовища, швидкість вітру).

На основі нормативного розрахунку ОНД-86 було розроблено алгоритм та автоматизований засіб для розрахунку розподілів концентрацій, обумовлених викидами ССЗ. Для вирішення поставленої задачі було використано програму MathCad, version 11a.

Умовно розроблений алгоритм можна поділити на чотири частини [4]. Перша частина – введення початкових даних, таких як: висота труби; діаметр труби; витрати аналізованої речовини в атмосферу; температура газів, що виходять з труби; повні витрати димових газів на перерізі труби; середня по перерізу труби швидкість газів; розсіюючі властивості атмосфери (кліматичний коефіцієнт); інтенсивність сепарації частинок (відношення швидкості осідання частинки до турбулентності, яка пропорційна швидкості вітру); метеорологічні дані (температуру навколишнього середовища, швидкість вітру); гранично-допустимої концентрації (ГДК) компонентів димового газу, що контролюються.

Для того, щоб автоматизований засіб, що розробляється, можна було використовувати на всій території України, передбачено вибір кліматичного коефіцієнту в залежності від географічного положення заводу.

Друга частина алгоритму – це безпосередньо розрахунок розподілів викидів ССЗ, згідно до нормативного розрахунку ОНД-86.

Третя частина алгоритму – підпрограма до основного програмного засобу, що дозволить шляхом порівняння отриманих даних зі значеннями ГДК, визначати зони перевищення ГДК.

Четверта частина алгоритму – вивід даних: числових значень концентрацій у будь-якій точці прилеглої території ССЗ по заданим координатам та графічних даних (двомірних та трьохмірних графіків розподілів концентрацій викидів ССЗ).

Розроблений автоматизований засіб для дослідження забруднення атмосфери складовими димових газів ССЗ дає можливість отримати наступні дані:

- числові значення концентрацій викидів в будь-якій точці в радіусі 100км від ССЗ;

- графіки розподілів концентрацій викидів вздовж осі факелу (рис. 1);
- графіки розподілів концентрацій викидів перпендикулярно до осі факелу (рис. 2.);
- 3-D графіки концентрацій викидів в координатах (x, y) у приземному шарі (рис. 3);
- площі забруднень викидами ССЗ (рис. 4);

графіки розподілів викидів на заданих висотах.

Для даного дослідження використані початкові дані ССЗ «Енергія» (м. Київ).

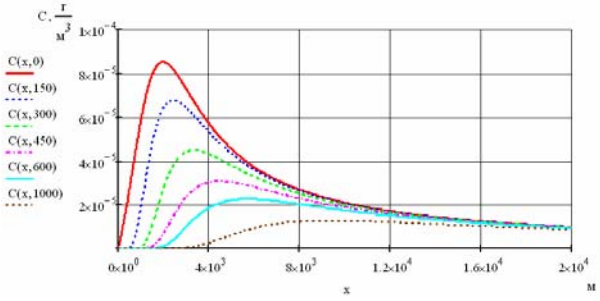


Рисунок 1 – Розподіл концентрацій викидів вздовж осі факелу

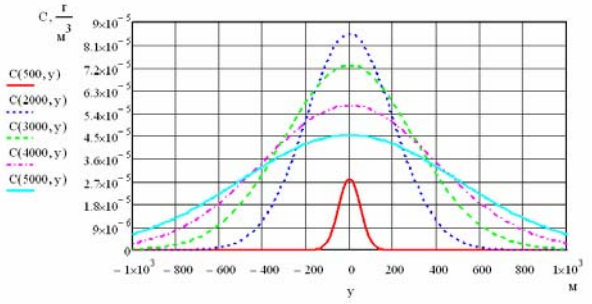


Рисунок 2 – Розподіл концентрацій викидів перпендикулярно до осі факелу

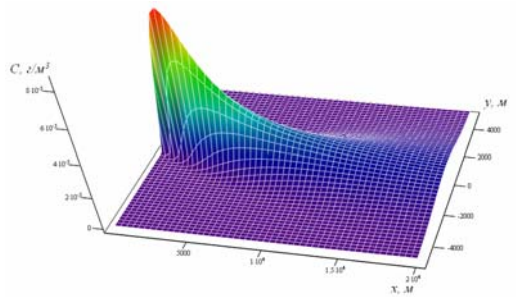


Рисунок 3 – Розподіл концентрацій викидів в приземному шарі атмосфери

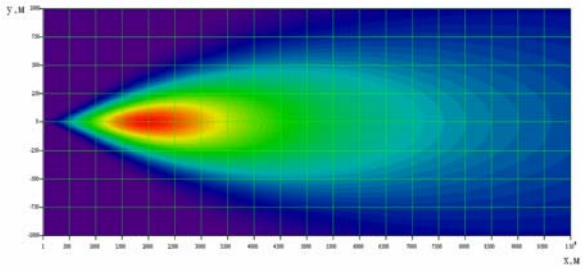


Рисунок 4 – Площа забруднення викидами ССЗ

Отримані числові значення концентрацій викидів ССЗ в будь-якій точці в радіусі 100 км від ССЗ дають змогу при необхідності перевіряти рівень забрудненості атмосфери в чітко визначеному місці, наприклад, на території школи, дитсадка, парку для відпочинку та інших людних місцях.

Графіки розподілів концентрацій викидів вздовж осі факелу (рис. 1) перпендикулярно до осі факелу (рис. 2) та 3-D графіки в координатах (*x*, *y*) в приземному шарі атмосфери (рис. 3) дають змогу наглядно оцінити ситуацію на прилеглій до заводу території та визначати вклад ССЗ в забруднення території.

Площа забруднення викидами ССЗ (рис.4) дозволяє визначити межі території забруднення та при накладанні їх на карту дозволяє встановити, які людні місця потрапили в зону забруднення.

Графіки розподілів викидів на заданих висотах дають змогу визначати рівень забруднення атмосфери на рівні вікон та балконів багатоповерхових будівель.

Найважливішою з точки зору екологічного моніторингу є інформація про зони перевищення ГДК викидів забруднюючих речовин. Тому крім визначення розподілів концентрацій викидів розроблений автоматизований засіб для розрахунку розподілів концентрацій повинен видавати інформацію про такі зони.

Для цього отримані розподіли приземних концентрацій викидів забруднюючих речовин порівнюються з відповідними ГДК (рис. 5). Всі точки, що лежать вище значення ГДК – це точки зони перевищення ГДК.

Після порівняння значень розподілів концентрацій з ГДК значення, що перевищують відповідне значення ГДК, формують новий розподіл – зону перевищення ГДК. Зона графічно може бути отримана в двох варіантах: трьохмірний розподіл концентрацій в зоні перевищення ГДК (рис. 6, *а*) та площа зони перевищення ГДК (рис. 6, *б*).

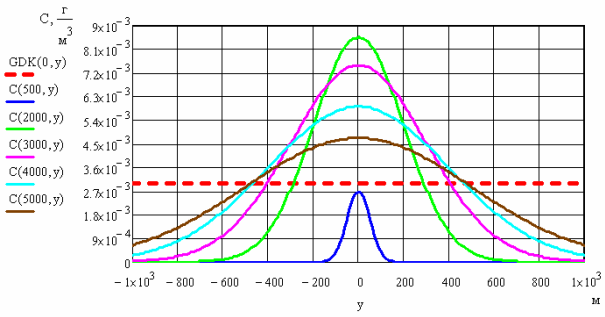
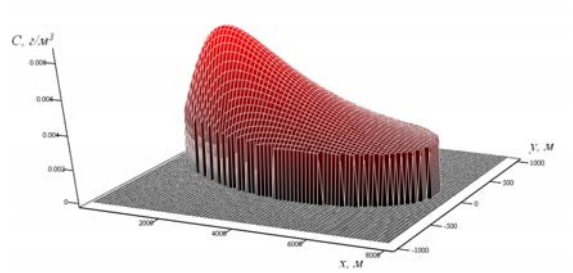
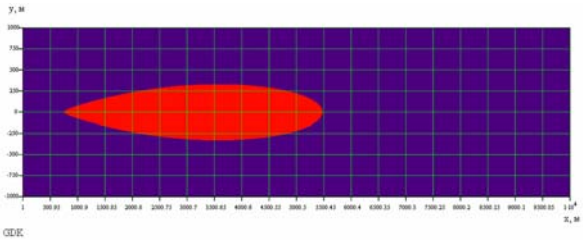


Рисунок 5 – Визначення зони перевищення гранично допустимої концентрації



а)



б)

а) - трьохмірний розподіл концентрацій в зоні перевищення ГДК; б) - площа зони перевищення ГДК

Рисунок 6 – Зона перевищення гранично допустимої концентрації

При моніторингу шкідливих викидів в атмосферу обов'язковому контролю підлягають такі гази, як монооксид азоту NO та діоксид азоту NO_2 [5].

Розрахунок приземних концентрацій викидів сміттєспалювального заводу за нормативною методикою ОНД-86 дає змогу побудувати розподіли цих газів, але без урахування трансформації оксидів азоту після виходу з труби ССЗ. На справді ж значна частина оксидів азоту, що утворилися в процесі згорання в вигляді монооксиду азоту, після виходу із димової труби доокислюються в діоксид азоту. Враховуючи те, що ці гази мають різні ГДК (ГДК NO = 0,4 мг/м^3 ; ГДК NO_2 = 0,085 мг/м^3, тобто діоксид азоту в 4,7 разів токсичніший за оксид азоту), тому побудова розподілів приземних концентрацій без урахування трансформації призводить до отримання недостовірної інформації.

Розроблений автоматизований засіб для розрахунку розподілів концентрацій, обумовлених викидами ССЗ, дає змогу врахувати трансформацію монооксиду азоту NO в діоксид азоту NO_2.

Концентрація NO_2 з урахуванням трансформації матиме наступний вигляд [6]:

$$C_{NO_2}{}^{*} = C_{NO_2} + 0{,}8C_{NO}\,\frac{\mu_{NO_2}}{\mu_{NO}}, \qquad (1)$$

де $C_{NO_2}{}^{*}$ - концентрація NO_2 з урахуванням трансформації, г/м^3; C_{NO_2} - виміряне значення NO_2 в трубі заводу, г/м^3; C_{NO} – виміряне значення NO в трубі заводу, г/м^3; μ - молекулярна маса забруднюючої речовини.

Концентрація монооксиду азоту NO з урахуванням трансформації є такою [6]:

$$C_{NO}{}^{*} = 0{,}2C_{NO}\,. \qquad (2)$$

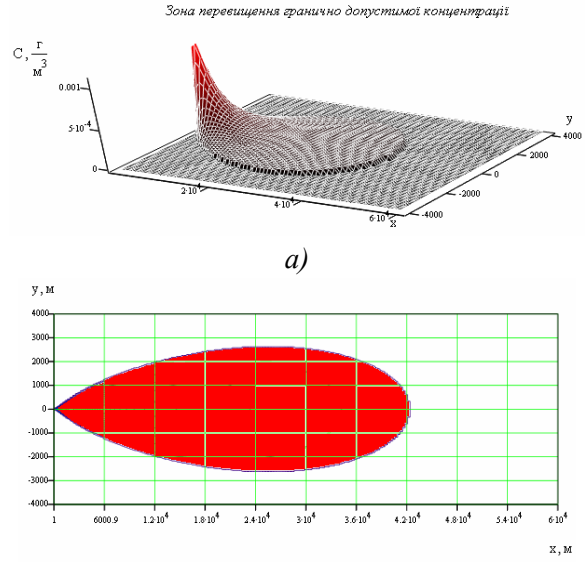
Таким чином автоматизований засіб для розрахунку приземних концентрацій викидів ССЗ буде будувати розподіли монооксиду азоту NO та діоксиду азоту NO_2 по прилеглій території з урахуванням трансформації оксидів азоту після виходу з труби ССЗ.

На рис. 7 – рис. 10 представлені розподіли приземних концентрацій NO та NO_2 без урахування трансформації та з урахуванням.

Як бачимо з рис. 7 – 10, розрахунки для монооксиду азоту NO без урахування трансформації дають значно завищені результати, а для діоксиду азоту NO_2 значно занижені.

Оцінка похибки визначення розподілів концентрацій викидів ССЗ розробленим програмним засобом показала, що відхилення фактично виміряного значення концентрацій від розрахункового не перевищує 13 %.

Трьохмірний розподіл концентрацій в зоні перевищення ГДК дає змогу оцінити ситуацію на даній території, визначити зону максимального забруднення. Побудова площі зони перевищення ГДК дає змогу оцінити кількісно територію зони перевищення ГДК та чітко визначити її географічне положення відносно джерела забруднення.

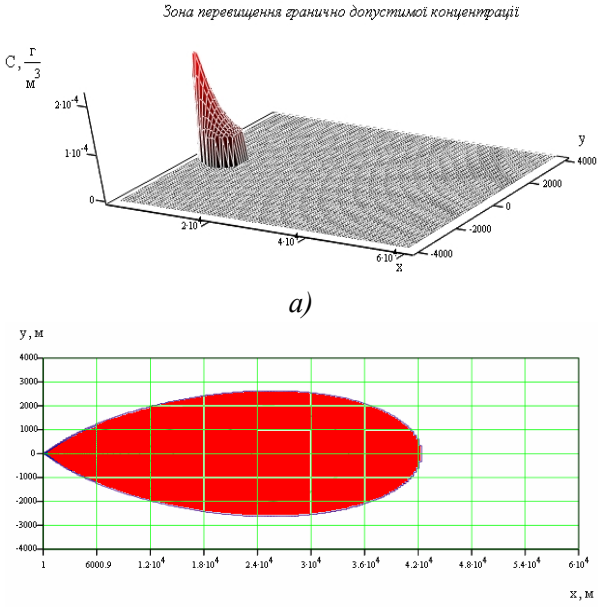


а)

б)

а) – розподіл концентрацій в зоні перевищення ГДК; б) – площа зони перевищення ГДК

Рисунок 7 – Розподіл приземних концентрацій монооксиду азоту NO в зоні перевищення ГДК без урахування трансформації

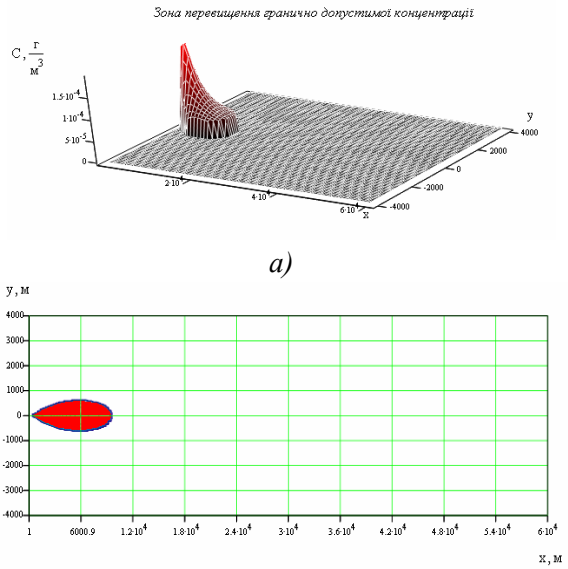


а)

б)

а) – розподіл концентрацій в зоні перевищення ГДК; б) – площа зони перевищення ГДК

Рисунок 8 – Розподіл приземних концентрацій монооксиду азоту NO в зоні перевищення ГДК з урахуванням трансформації

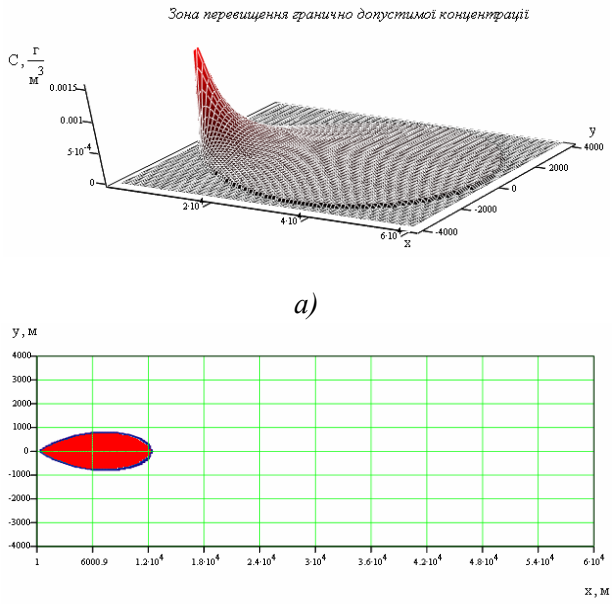


а)

б)

а) – розподіл концентрацій в зоні перевищення ГДК; б) – площа зони перевищення ГДК

Рисунок 9 – Розподіл приземних концентрацій діоксиду азоту NO2 в зоні перевищення ГДК без урахування трансформації



а)

б)

а) – розподіл концентрацій в зоні перевищення ГДК; б) – площа зони перевищення ГДК

Рисунок 10 – Графіки розподілу приземних концентрацій діоксиду азоту NO2 в зоні перевищення ГДК з урахуванням трансформації

Така інформація дасть змогу вчасно реагувати на екологічно несприятливі ситуації. При прогнозуванні появи зони перевищення ГДК або безпосередній її появі можна уникнути цього явища шляхом керування технологічним процесом спалювання твердих побутових відходів (оптимізацією процесів горіння) або ж зменшенням об'ємів спалювання.

Результати, які отримані за допомогою розробленого інформаційно-обчислювального модуля, можуть бути використані для дослідження приземних концентрацій викидів ССЗ в умовах різних режимів роботи заводу, різних метеоумовах, для прогнозування екологічних ситуацій та відповідного управління технологічним процесом ССЗ для уникнення зон перевищення ГДК, для прийняття управлінських рішень в сфері охорони навколишнього середовища.

Література

1. Королева А. Мусоросжигательные заводы – это несовременно. // Доклады экозащиты//http://www.ecodefense.ru/download/report_msz.pdf.

2. Дашковський О.А., Міхеєва І.Л., Приміський В.П. Екоінформаційні, багатопараметрові газоаналітичні прилади і системи екологічного моніторингу довкілля//http://www.ukranalyt.com.ua/index4_1.ht.

3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-90. – Л.: „Гидрометеоиздат", 1987. – 93 с.

4. Костира О.О. Вдосконалення методів та засобів моніторингу димових газів сміттєспалювального заводу/VII Науково-технічна конференція "Приладобудування 2008: стан і перспективи", Збірник тез доповідей. Київ – 2007.– С.67.

5. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню» (від29.11.2001, № 1598).

6. ВРД 39-1.13-038-2001 - Отраслевая методика нормирования выбросов оксидов азота с учетом трансформации в атмосфер.

7. Порєв В.А., Костира О.О., Харагоргієв С.М. Система моніторингу димових газів сміттєспалювального заводу /V1 Науково-технічна конференція "Приладобудування 2007: стан і перспективи" Збірник тез доповідей. К. – 2007. – С. 173.