

М. В. Дратований<sup>1</sup>  
 В. Б. Мокін<sup>1</sup>  
 К. І. Солоденко<sup>2</sup>  
 А. В. Горпиніч<sup>2</sup>  
 І. О. Ющук<sup>1</sup>  
 А. О. Гевеленко<sup>1</sup>

## Створення системи підтримки прийняття рішень з боротьби з небезпечними для господарства метеорологічними явищами (градом) з використанням БПЛА

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет,  
 дослідницька група «Вінаеро», Вінниця

### Анотація

Запропоновано концепцію системи підтримки прийняття рішень з боротьби з небезпечними для господарства метеорологічними явищами (градом) з використанням безпілотних літальних апаратів.

**Ключові слова:** система підтримки прийняття рішень, небезпечне метеорологічне явище, град, БПЛА.

### Abstract

The concept of the decision support system to combat with dangerous for economy a meteorological phenomena (hail) using unmanned aircraft.

**Keywords:** decision support system, dangerous meteorological phenomena, hail, UAV.

### Постановка задачі

Небезпечні метеорологічні явища, в першу чергу град, наносять велику шкоду доквіллю та аграрному господарству, а саме: зламують виноградні лози і гілки фруктових дерев (а іноді й самі невеликі дерева), збивають з них плоди, знищують посіви зернових, зламують стеблини соняшника і кукурудзи, вибивають тютюнові і баштанові плантації. Особливо град небезпечний таким посівним культурам, як жито, пшениця, ячмінь, а також томатним культурам. Нерідко від ударів градин гине домашня птиця та дрібна, а інколи й велика, рогата худоба. Також, град може наносити збитки не тільки в аграрних господарствах, а в інших місцях. В зв'язку з глобальною зміною клімату, на території України збільшилась кількість гроз, що в свою чергу викликає загрозу виникнення граду (рис.1) [1, 2].

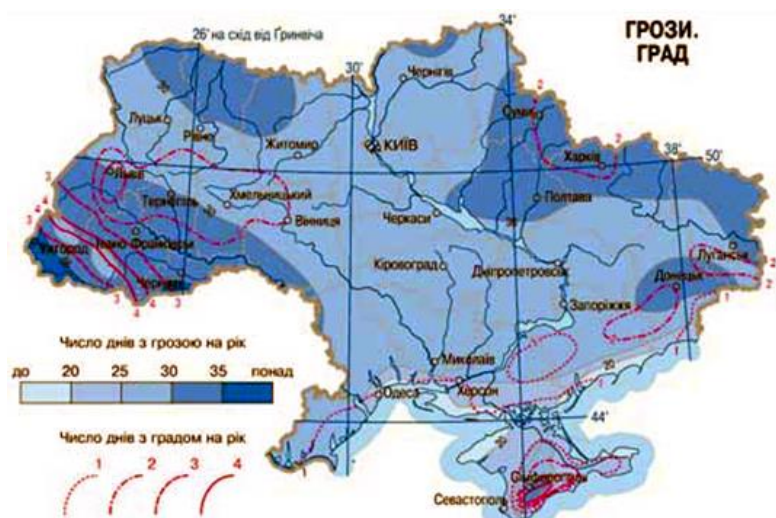


Рис. 1. Карта гроз в Україні

Єдиною відомою в Україні системою захисту є антиградові сітки. Антиградова сітка представляє собою плетену, тканинну сіть, яка натягується на стовпцях поверх урожаю [3].

Недоліками такої системи захисту є такі:

1. Кожен раз перед загрозою граду сітку потрібно натягувати заново.
2. Розмір граду буває різним, тому сітка не завжди може захистити, оскільки градинки можуть пролітати в дірки.
3. На полі потрібно розставляти стовпці для розтяжок.

Серйозним промисловим рішенням, у т.ч. за кордоном, є використання вантажних літаків, таких як: Іл-18, Ан-12 і Ан-26, що мають необхідне оснащення [3]. Хмари розганяють за допомогою розпорошення спеціального реагенту. Недоліками такої системи захисту від граду є такі:

1. Велика витратність на утримання, ремонт і заправку літаків.
2. Необхідність в професійному пілоті.
3. Потрібні ангари для літаків.

У зв'язку з небезпекою виникнення граду актуальною задачею є розробка системи підтримки прийняття рішень (СППР) з боротьби з небезпечними метеорологічними явищами (градом) з використанням БПЛА, причому система повинна бути дешевшою за відомі, у т.ч. закордонні, промислові рішення та продуктивніша, ніж прості аналоги з використанням сітки та інших захисних засобів. Це і є метою даного дослідження.

### Розв'язання задачі

Для створення такої системи необхідно розробити 2 підсистеми:

1. Система раннього попередження про надзвичайні метеорологічні явища (град).
2. Система захисту (ліквідації) граду за допомогою БПЛА.

Розробка системи раннього попередження про надзвичайні метеорологічні явища (град) складається з системи збирання метеорологічних даних, системи прогнозування надзвичайних метеорологічних явищ та системи візуалізації даних прогнозування надзвичайних метеорологічних явищ. Функціональна схема системи раннього попередження про град зображена на рис.2.

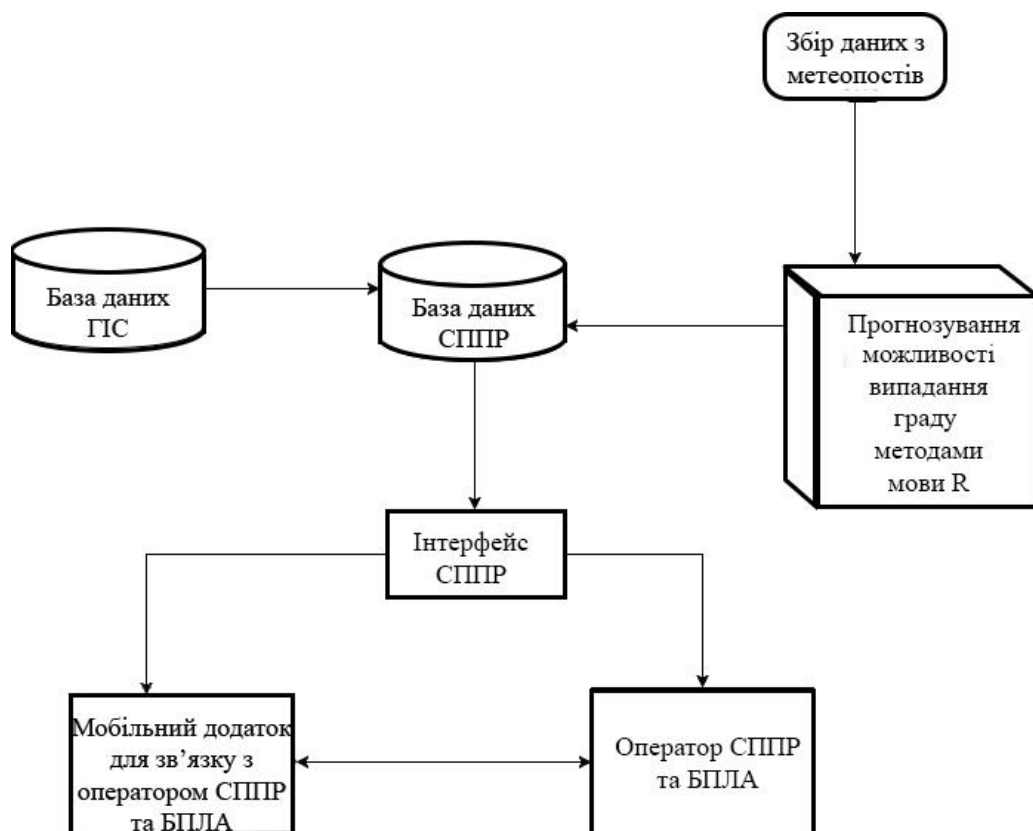


Рис. 2. Функціональна схема системи раннього попередження про град

Оптимальним є, якщо така система створена і обслуговується на державному рівні фахівцями Гідрометцентру.

На локальному рівні можливе доповнення та уточнення глобальних та національних даних і метеорологічних прогнозів з використанням мобільних метеостанцій, встановлених у регіоні. А для обробки даних можна використовувати мову програмування R (зокрема, спеціальні бібліотеки для прогнозування та обробки метеорологічних даних *weatherData*, *gwunderground* та ін.) [4]. Візуалізацію результатів прогнозування метеорологічних даних оптимально здійснювати з використанням ГІС (рис. 3). Вихідними даними системи підтримки прийняття рішень є повідомлення на пристрій користувача з вірогідністю випадання граду та карта поширення грозової хмари.

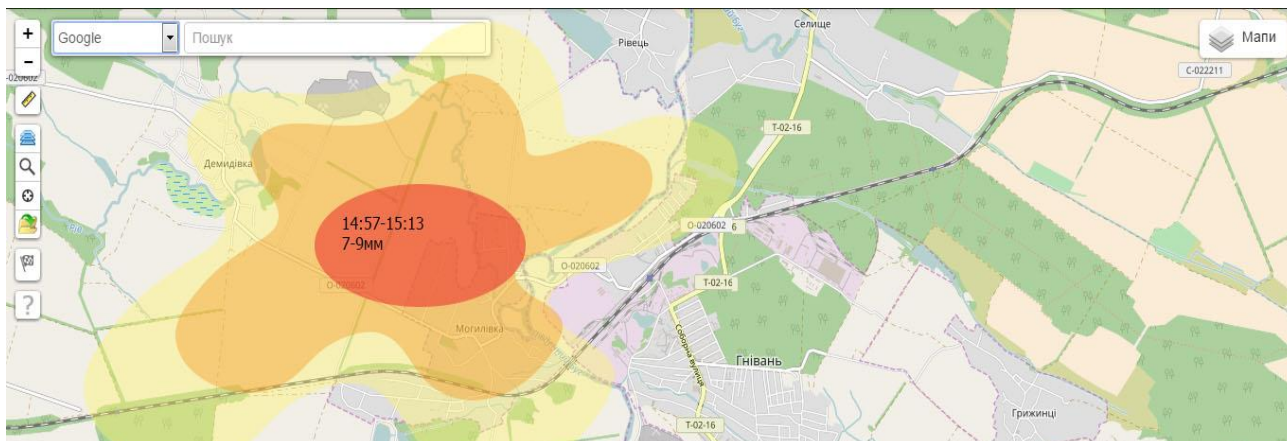


Рис. 3. Приклад візуалізації результатів прогнозування надзвичайних метеорологічних явищ.

Для вирішення другої частини задачі, а саме — розробки системи захисту (ліквідації) граду за допомогою БПЛА, оптимально використати відому технологію розгону грозових хмар з використанням хімічних реагентів. Ця технологія полягає в розпорошенні спеціального реагенту, на ядра якого концентрується волога, що знаходиться в атмосфері. Після цього опади сягають критичної маси і випадають на землю. Робиться це на ділянках, що передують території поля. Таким чином, град проходить раніше. Операції з розгону хмар здійснюються з використанням спеціальної техніки. Автори пропонують для розгону хмар використовувати безпілотні літальні апарати (БПЛА) (рис. 4) [5]. Звичайно, необхідно провести ряд випробувань таких БПЛА. Враховуючи складні метеорологічні умови, більш доцільним є використання не гвинтової, а турбореактивної тяги. Потрібно відпрацювати оптимальну траєкторію по заходу на об'єкт та ін.



Рис. 4. Український БПЛА R-100 для розпилення реагенту для розгону хмар

Зазвичай, хмари розганяються за допомогою йодистого срібла, сухого льоду, кристалів рідкого азоту та інших речовин [6]. Вибір компонента залежить від виду хмар. Оскільки град випадає з купчасто-дощових хмар, то для їх розгону використовується рідкий азот.

Така СППР може застосовуватись не тільки в аграрному регіоні, а й в інших місцях (міста, села), де важливим є недопущення загрози здоров'ю людей та нанесення великих збитків господарству.

### Висновки

Запропоновано концепцію системи підтримки прийняття рішень з боротьби з небезпечними для господарства метеорологічними явищами (градом) з використанням безпілотних літальних апаратів. Вона передбачає технологію аналізу та прогнозування виникнення граду, а також систему контролю (ліквідації) надзвичайного метеорологічного явища (граду) в конкретному аграрному регіоні.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боцула М.П. Моделювання глобального потепління за даними Гідрометеоцентру / М.П. Боцула, М.В. Дратований // Матеріали науково-практичної конференції з підведення підсумків II туру всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт з напрямку „Гідрометеорологія” 21-23 березня 2016 р. – К., 2016. С. 40-43
2. Булава Л.М. Фізична географія Україна, 8 клас: Підручник для загальноосвіт.навч.закл.— Х.: АН ГРО плюс, 2008. — 224 с.: іл.
3. Терещенко М.М. Захист від граду, дощу і птахів / М.М. Терещенко, О.В. Мельник // Новини садівництва.– 2013.– №2.– С. 15-17.
4. Мокін В. Б. Технологія системного аналізу та прогнозування температури повітря методами мови R для прогнозування зміни екологічних і техногенних ризиків / В. Б. Мокін, М. В. Дратований, М. П. Боцула // XV Міжнародна науково-практична конференція: Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: 3-6 жовтня 2016 р. – К., 2016. – С. 101-105.
5. Офіційний сайт компанії «Юавіа» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://uavia.com.ua>
6. Волеваха М. М. Погода на замовлення. – К.: Наукова думка, 1964. – 48 с.

*Дратований Михайло Володимирович* — аспірант кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу Вінницького національного технічного університету, Вінниця

*Мокін Віталій Борисович* — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: [vbmokin@gmail.com](mailto:vbmokin@gmail.com)

*Солоденко Костянтин Ілліч* — дослідницька група "Вінаеро", авіоніка, механіка

*Горпиніч Антон Вікторович* — дослідницька група "Вінаеро", електроніка, програмування

*Гевеленко Артем Олександрович* — студент групи СА-16б, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: [artem.gevelenko@mail.ru](mailto:artem.gevelenko@mail.ru)

*Ющук Ігор Олегович* — студент групи СА-16б, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: [grovexd94@gmail.com](mailto:grovexd94@gmail.com)

*Dratovany V. Mikhaylo* — Post-graduate student at the Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

*Mokin B. Vitalii* — Prof., Dr Hab. (Eng.), Head of the Department of Systems Analysis, Computer Monitoring and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [vbmokin@gmail.com](mailto:vbmokin@gmail.com)

*Solodenko I. Kostyantyn* - research group "Vinaero", avionics, mechanics

*Horpynich V. Anton* - research group "Vinaero", electronics, programming

*Hevelenko O. Artem* - student SA-16b, of Department of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [artem.gevelenko@mail.ru](mailto:artem.gevelenko@mail.ru)

*Yushchuk O. Ihor* - student SA-16b, of Department of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [grovexd94@gmail.com](mailto:grovexd94@gmail.com)