



**КОНОНЕНКО М.О.**, канд. техн. наук, зам. ген. директора,  
**МИРОШНІЧЕНКО В.М.**, канд. техн. наук, ген. директор НПО "Укрсовпроект"  
**ПОТАШНИК, С.І.**, канд. техн. наук, проф., Віце-президент НАК ЕКУ

## ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГЕС ТА ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ВІД ЛЬОДОУТВОРЕНЬ (КРИГОУТВОРЕНЬ)

(доповідь на VI Міжнародній конференції  
"Світові тенденції та перспективи розвитку гідроенергетики України"  
(14–15 березня 2013 р., Україна, м. Рівне)



**КОНОНЕНКО М.О.**



**МИРОШНІЧЕНКО В.М.**



**ПОТАШНИК, С.І.**

**В** природі кригу формує гідросередовище за низьких температур. Вода як унікальна життєзабезпечуюча речовина має властивості перебування в трьох станах — рідинному, твердому, газоподібному.

Як матеріальна субстанція вода є складовою практично усіх природних об'єктів і живих створінь, вона напуває, очищує, облагороджує землю і людину. Проте інколи вода стає грізною силою навіть стихійного характеру. Народна мудрість "крапля камінь точить" — свідчить про притаманні воді руйнівні можливості.

Вода є одним з головних агентів, що прямо або опосередковано одночасно спричиняють цілий комплекс несприятливих фізико-географічних, гідрологічних і гідрологічних процесів. Передусім це повені, підтоплення і засолення земель, селі, водна ерозія, суфозія, зсуви ґрунтів, ожеледі, зледеніння, кригоутворення.

Крім природних факторів, прояв водних стихій значно підсилює і загострює, а інколи і зумовлює техногенна діяльність людини. Інтенсивність дій і їх негативний вплив збільшується внаслідок розорювання земель, вирубування лісів, створення водосховищ, витратного водоспоживання, урбанізації, проведення штучного зрошення, тощо. Істотно ускладнюють водну ситуацію і гідродинамічні аварії на водних об'єктах, прориви гребель і захисних дамб на річках і водосховищах та руйнування і прорив насипів великих зрошувальних каналів.

Кожного року на планеті відбувається близько 10 тис. повеней, зсувів, ураганів, 10–12 аварій на великих водосховищних греблях. Близько 8% суші (1 млрд. Га) природного затоплення і заболочення. Періодичного затоплення зазнають території площею понад 300 млн. Га, на якій проживає не менше 1 млрд. чоловік. Загалом у світі 3/4 населених пунктів розташовано на берегах річок та морів, що можна віднести до категорії ризикових територій.

Водні стихії утворюють надзвичайні ситуації та форс-мажорні обставини, які спричиняють величезні матеріальні збитки, а інколи чисельні жертви. Водні стихії завжди перебувають у центрі уваги науковців з метою не тільки ліквідації негативних

наслідків стихій але і здійснення ефективних запобіжних заходів.

В даному дослідженні авторів цікавитиме вода у рідинному стані в умовах низьких температур, в умовах перетворення та виникнення криги на водосховищах та впливу крижаних утворень (крижаних полів) на гідротехнічні споруди (ГС) та гідроелектростанції (ГЕС) з метою унеможливлення аварійних ситуацій з негативними наслідками.

Гідроелектростанції, як правило, будуються на прісноводних ріках і потоках. Прісноводна крига, пористість якої визначає її щільність (від 0,85 до 0,92–0,94 г/см<sup>3</sup>) утворюється при низьких температурах починаючи з мінус чотирьох градусів по Цельсію. Через малу щільність крижини здіймаються над поверхнею води на 1/7 — 1/10 своєї товщи починає танути крига при температурі — 2,3 °С, теплоємність 2,09 кДж/(кг·К) при 0 °С, теплою плавління 324 кДж/кг.

В сучасних умовах розвитку гідроенергетики особливу важливість набувають проблеми надійності та безпеки функціонування як безпосередньо самих гідроелектростанцій та гідротехнічних споруд, розміщених, як правило, у безпосередній близькості від населених пунктів та великих міст, так і безпеки оточуючого середовища. Масштабні, штучно створені при цьому великі водосховища, моря, утворюють підвищений тиск значних водяних мас на греблі, дамби, збільшують усезростаюче гідронасичення оточуючих земель, що призводить до їх розущільнення з послідувачим виникненням загроз і небезпек на цій основі, утворюючи масштабні та резонансні загрози і небезпеки навіть національного рівня.

В зимовий, зимово-весняний періоди низьких температур, умовах водоїлля, утворюються особливі небезпеки ГЕС, ГАЕС, гідротехнічним спорудам через активне льодоутворення, льодове по-



криття акваторій, прилеглих водосховищ, з потужністю льодового пласта досягаючого 50–70 см, поля якого, приходячи у рух, здійснюють нерівномірний тиск на греблі (дамби) та гідротехнічні споруди, утворюючи або паралізуючи криговим полом роботу гідроелектростанцій (гідрогенераторів, гідротурбін) із небезпеками пошкоджень, утворюючи аварійні ситуації.

Існуючі методи та технології боротьби з небезпеками та протистояннями, які спричиняються льодоставом і льодоходом, такі як криголамні, вибухові, фізико-хімічні, лазерні, термічні, антифризові, гідроабразивні, тощо не в змозі забезпечити реально бажаний успіх та продовжують носити більш теоретичний, науково-дослідницький характер, не спроможний перетворити навіть виникаючий ефект в площину ефективного практичного використання.

Льодові утворення (льодостави) на перший погляд справляють враження нерушливості. Але з моменту утворення та нарощування потужностей льодового панцирного покриття поступово здійснюється тиск льодоставу на будь-яку споруду в напрямку як течії водного потоку, а також їх берегів. В північних широтах зимового періоду на ріках та водосховищах кригоутворення може сягати метрової товщі з тривалістю понад кількох місяців. На гірських річках процес перетворення льодоставу у льодохід, ломки льодоставу під різким збільшенням водяного потоку та спучуванням льодової поверхні річки супроводжуються такою гучною канонадою, немов би одночасно вибухають сотні вибухових пристроїв розкидаючи крижані брили уздовж русла річки. В рівнинних умовах такого не відбувається. Повеневі води примушують крижану поверхню здійматися і, так би мовити, "дихати".

Льодокольні технології механо-фізичної ломки крижаних покриттів рівнинних рік та водосховищ з використанням рухливих плавзасобів можуть бути орієнтовані на три основних класи:

- 1) з товщинами льодоутворень (потужність криги) до 20 см;
- 2) з товщинами криги до 35–40 см;
- 3) з товщинами криги перевищуючими 40–50 см.

Експертні оцінки свідчать, що для льодокольності 1-го класу льодоутворень достатньо використовувати спеціально підготовлені існуючі річні плавзасоби (буксири, важкі катери тощо).

Для 2-го класу необхідно створення предметно орієнтованих льодокольних засобів підвищеної ваги, міцності та потужності.

Для 3-го класу протидії з льодоутворенням підвищеної потужності в умовах рівнинних рік та водосховищ перетворюються у практично не вирішувани.

Особливу небезпеку на водосховищах та

відкритих водяних просторах, морях набувають тороси як нагромадження вспученої криги через зтискування льодових полів, досягаючих висоти в декілька разів перевищуючи базову товщу криги. В відкритих морських та океанських просторах досягаючих 10–20 метрової висоти.

Найбільш практично наближений льодокольний (криголамний) метод також далекий від ефективного вирішення завдання навіть дрібної ломки суцільного масиву крижаного покриття. В процесі нерегульованої криголамної ломки льоду, співрозмірної з шириною льодокольного плавзасобу (спецзасобу), що не перевищує 2–2,5 ширини судна, утворюються хаотичні ізломи крижин різної конфігурації. Вільно відколені та плаваючі крижини при цьому повторно розколоті на необхідно менші розміри вже неможливо через їх рухливість.

З позиції багаторічного досвіду системно-аналітичної роботи, науково-технічних досліджень, розробок і напрацювань, активних роздумів у сфері безпеки гідротехнічних споруд, в особливості у період зимово-весняного кригоутворення ідея саме механічного дрібнення льодових панцирних покриттів, товстим крижаним шаром покриваючим ріки та водосховища, залишається найбільш практично безпечною, приналежною та перспективною.

Чим більше відбувається процес творчого занурення в умови оцінок моделі "витрати – результат" в пошуках переважної і переконливої ефективності у досягненні мети, тим більше відчутно виявляються переваги саме механічних методів і технічних засобів.

Заслужує також на увагу аналіз вибухових технологій боротьби із загрозами і небезпеками активних льодоутворень.

На перший погляд здається, що кращого та ефективнішого не може бути. Чим потужніше вибух, тим більш значний ефект руйнувань крижаного пласту. Але у дійсності усе не так.

В процесі вибуху утворюються хаотичні крижини від дрібних до великих розмірів. Цей процес не контролюєміий і не керуєміий.

Крижини великих розмірів не ліквідують загрози для безпечної роботи гідроагрегатів.

Але при цьому утворюються нові небезпеки:

- будь-який вибух в районі акваторії верхнього б'єфу греблі ГЕС утворює чітко спрямовану вибухову хвилю, викликає струси, створює штучну сейсмічність з провокацією руйнувань з обтяжуючими наслідками. Тому утворення додаткових ризиків і загроз, пов'язаних з вибуховим напрямком, повністю непридатне;

- під час вибуху в його ареалі вбиваються усі живі організми, руйнується іхтіофауна. Так зване в народі "глушіння риби", в результаті якого поверхня води вкривається шаром мертвої риби від



мальків до крупних екземплярів, що також має стати забороняючим фактором.

Таким чином, на поточний момент часу, єдиного, практично обґрунтованого, принадливого та ефективного методу і технічних засобів дрібнення (диспергування), льодових покриттів та масивів поверхонь водосховищ в акваторіях ГЕС не існує.

Багаторічний досвід науково-дослідної, проектно-конструкторської та експертної діяльності в сфері машино- та приладобудування, робототехніки та систем управління надали можливість авторському колективу вперше запропонувати ефективну конструктивну розробку спеціалізованого інноваційного роботизованого комплексу ефективного дрібнення льодоставу (ІРК ЕДЛ), що поєднує в собі кригорізальні та льододробильні технології, електромеханічні системи автоматичного роторно-шнекового захоплення та втягування (поглинання) пласту дроблення в середовище окрихчення з автоматичним "включенням-виключенням" у разі захоплення або відсутності захоплювального матеріалу.

ІРК ЕДЛ пропонується як винахід, призначається для практичного використання в акваторії гідроелектростанцій (ГЕС), в зимово-весняні, поєднані періоди потужного льодоставу та льодоходу, екстремальних погодних умов для забезпечення безпеки функціонування гідроелектроагрегатів, гідротехнічних споруд через ефективне диспергування монолітних товщ льодових утворень та перетворення їх у кашеподібну (дрібнодисперсну) водо-льодяну суміш в реальному часі.

Предметом заявки на патентування винаходу є ІРК ЕДЛ з точки зору узагальненої структури та розкриття сутності принципів роботи та функціонування.

Структура ІРК ЕДЛ підрозділяється на дві визначально функціональних базових складових: льодорізальний та льододисперсний (кригоподрібноючий, окрихчуючий) сегменти.

Льодорізальний сегмент (ЛРС) — автономно функціонуючий мобільний, самохідний агрегат, який в режимі регуляторності пропилює криговий пласт (льодове покриття), що насувається на греблю (дамбу), ГЕС, з відпилюванням в автоматичному режимі крижин відповідного (заданого) формату, співрозмірних з габаритами отвору входження криговодяної суміші до гідрогенераторів, гідротурбін. Полем функціонування ЛРС є площа льодового покриття прилеглого до ГЕС, до 300 м від гідротехнічної споруди (греблі). ЛРС — технологічний блок, що автономно пересувається поверхнею льодового покриття з платформою на двох сигароподібних плавбалонах, на якій змон-

товано спеціальний пристрій зі стрічковими пилами вертикальної дії. Такий пристрій може бути облаштовано не тільки на окремії компактній, плавучій платформі, але й у вигляді навісного обладнання на передній частині легкого плавзасобу (катера або буксира) штовхаючого або таранного типу.

Керування траєкторією пересування (пропилювання льодової поверхні) дистанційно здійснюється з місця комплексного управління ІРК ЕДЛ за допомогою маніпуляційного "джойстика" або запрограмованого контролера.

Електроживлення здійснюється герметизованим з превентивним натягуванням кабелю, або за допомогою компактного дизельелектрогенератора, облаштованого на робочому місці платформи (палуби) ЛРС.

Відпиляні крижини існуючим природним водотоком спрямовуються до зливу у отвір до гідротурбін, наштовхуючись (наражаючись) на льододисперсний сегмент (ЛДС).

Льододисперсний сегмент — стаціонарна конструкція захоплюючого, втягуючо-поглинаючого типу крижаного пласта, що диспергує його (подрібнює, окрихчує) до стану кашеподібної водо-льодяної суміші, яка однорідним, дрібнодисперсним, безпечним потоком надходить до гідроагрегатів (гідрогенераторів). Робочим компонентом диспергації є два напівзанурених спеціальні ротори циліндричного формату горизонтальної спрямованості один над одним у вертикальній площині та які обертаються назустріч один одному з боку насування (надходження) льодової брили. Елементи ЛДС — органи подрібнення (диспергації, окрихчення) спеціальної (різної) конфігурації розташовані за спеціальною схемою на поверхнях роторів. Управління ЛДС здійснюється в автоматичному режимі з включенням в момент надходження та натискування крижин на ротори ЛДС (на основі принципу адекватності впливів та дій).

Аналогів у світі не виявлено.

Сфера переважного практичного використання — ріки та водосховища гребельних ГЕС та гідроакumuлюючих електростанцій в зимово-весняний періоди активного льодоутворення, особливо північних широт.

Одночасно винахід набуває особливого значення у сфері безпечного природокористування через запобігання загрози іхтіофауни від виникнення та утворюваних задух (блокування життєво необхідного повітря для живих водних організмів) в зимово-весняні періоди активного льодоставу.

