

## Сталь в боротьбі зі стихійними лихами: захист від повеней

Конструкції для захисту від повені, мета котрих захистити країни Європи від руйнівних стихійних лих, вже декілька десятиріч є ознакою європейських річкових ландшафтів.



Гігантські заслінки зі сталі надійно перекривають швидкі води Темзи і Рейну, оберігаючи Старий Світ від звичних погодних катаклізмів і нових потрясінь, викликаних глобальним потеплінням.

На прикладі минулої зими мешканці країн Північної півкулі переконалися - зміни клімату вже призвели до слабо прогнозованих драматичних природних явищ. Рясні опади - дощі і снігопади, шторми, підвищення рівня моря, повені та паводки - уряд лише має підрахувати збитки, яких зазнала інфраструктура. За даними Європейського агентства з навколишнього середовища, кількість повеней на континенті буде збільшуватися, а їх інтенсивність - посилюватися. Зокрема, передбачається, що протягом XXI століття дощі взимку будуть рясніше, ніж раніше, мінімум на третину.

Це може стати каталізатором серйозних змін в Європі, де історично міста виникали саме в гірлах річок. Кліматологи і гідрологи очікують, що населені пункти, розташовані на річкових узбережжях, будуть потерпати від повеней в десять (!) разів частіше, ніж в попередні десятиліття.

Найбільш підготовленими до майбутніх катаклізмів будуть європейські міста, в історії котрих великі повені відбувалися неодноразово. Місцеві громади занадто добре усвідомлюють їхню небезпека і в своєму арсеналі мають перевірені часом методи захисту від повені. На річках зростають грандіозні сталеві інфраструктурні об'єкти, що дозволяють в критичні моменти знизити рівень води і уникнути серйозних руйнувань.

### Темза та її сталевий бар'єр

Одним із прикладів такого об'єкта зі сталі є захисна споруда на Темзі в столиці Великобританії Лондоні. За всю історію місто двічі зазнавало найбільш руйнівних повеней. Взимку 1928 року Темза в Сіті вийшла з берегів. До цього призвели рясні різдвяні снігопади, які стрімко змінилися відлигою і сильними зливами. В одному з історичних районів міста вода зруйнувала набережну, і хвиля пішла на будинки лондонської бідноти. Рівень води був вище нульової позначки на 5,5 метрів.

Майже до таких самих цифр піднялася вода і в 1953 році. Тодішня повінь стала лихом не лише для британців. Загалом постраждало 6 країн Північного моря, тисячі людей загинули. Збитки Великобританії склали майже 5 мільярдів фунтів стерлінгів. Значно більше - в 30-50 мільярдів - оцінили британські фахівці можливий збиток від нового стихійного лиха, адже в зоні ризику з часом оселився орієнтовно мільйон лондонців.

Тому в сімдесятих роках минулого століття в Лондоні розпочали реалізацію проекту "Бар'єр Темзи". Його будівництво обійшлося британським платникам податків в 1,6 мільярда фунтів стерлінгів. Які інженерні методи захисту від повені? Бар'єр являє собою ряд сталевих затворів, виготовлених з листової сталі завтовшки майже 4 сантиметри. Коли високого припливу немає, сталеві затвори лежать на дні та ніяк не перешкоджають ні течії Темзи, ні проходу суден. Коли небезпека повені зростає, затвори піднімаються і протягом декількох годин повністю перекривають річку (її ширина в місці, де розташований бар'єр, становить майже півкілометра). Повне закриття затворів забезпечує захист від нагінної хвилі висотою до 7 метрів. Через деякий час сталеві затвори відкривають - тепер вони мають пропускати обсяг води, як при звичайному припливі. Затвори дуже масивні - вага кожного з них перевищує 3 тисячі тонн, а

розміри - кілька десятків метрів.

І залізобетонним опорам, і сталевим затворам інженери доклали зусиль надати обтічні форми - це потрібно для нівелювання тиску води і сили вітру. Влада Лондона спочатку розраховували, що Бар'єр Темзи прослужить п'ятдесят років, тобто приблизно до 2030 року. Але виняткова міцність сталевих конструкцій привела до продовження розрахункового терміну експлуатації ще на 40 років.

## Сталева Дельта в Нідерландах



Реалізація ще одного масштабного проекту "Дельта", в межах якого забезпечили захист від повеней в дельті Рейну, тривала майже п'ятдесят років. Проект включили до списку «Сім чудес сучасності», складеного ASCE (American Society of Civil Engineers). Це завдяки сукупним розмірам і кількості споруд - майже 16,5 тисячі кілометрів дамб та три сотні будівель дозволяють називати "Дельту" однією з найбільших інженерних споруд на планеті.

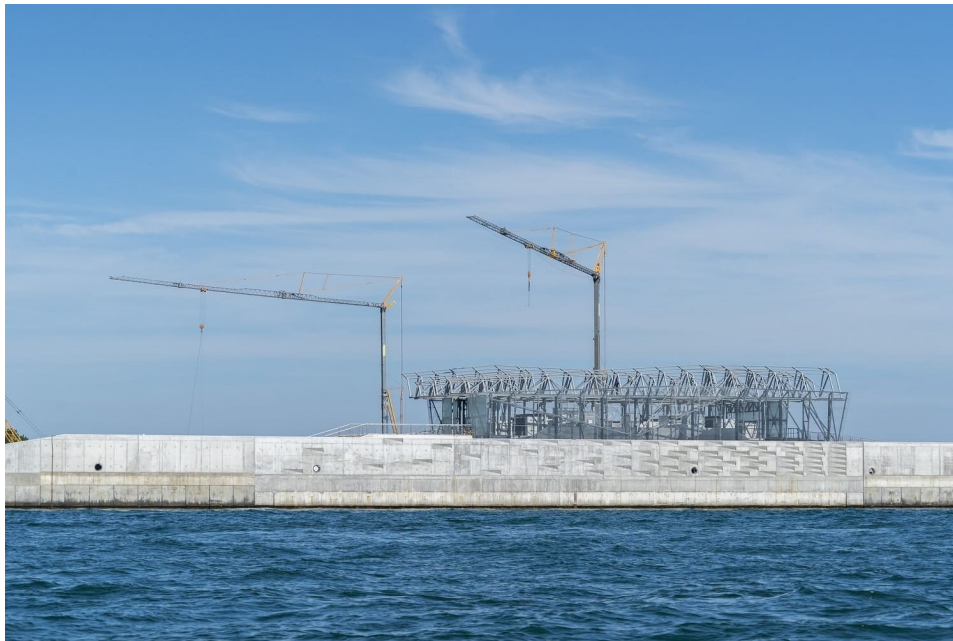
Та ж сама повінь 1953 року, що охопила країни Північного моря, поклала початок будівництва "Дельти". В процесі реалізації проекту в початкові плани внесли безліч змін, що враховують думку природоохоронних організацій, рибалок, судноплавних компаній та інших структур, життєдіяльність яких тісно пов'язана зі станом річки Рейн. Зараз проект включає в себе 15 об'єктів. Останній з них здали в експлуатацію в 1997 році. Через підйом рівня моря, спричиненого змінами клімату, очікується продовження будівництва - дамби для захисту від повені будуть добудовувати завдовжки і завширшки.

Спочатку передбачалося, що найбільший, найдорожчий і найскладніший з усіх проектів «Дельти», Остерсхелдекерінг, перегородить річку Східна Шельда, повністю відділивши її від моря. Втрутилися рибалки довколишніх сіл. Вони займалися вирощуванням морепродуктів на місцевих морських фермах з кінця XIX століття. Опріснення Східної Шельди завдало б непоправної шкоди і екосистемі, і бізнесу рибалок. В результаті уряд вирішив звести чотирикілометровий бар'єр, бюджет якого склав 2,5 мільярди євро. Будівництво тривало 10 років.

Інженерні споруди від повені Остерсхелдекерінга містять 65 бетонних колон заввишки до 40 метрів. До них кріпляться масивні шлюзові механізми - 62 стулки важких сталевих воріт, кожна завширшки 42 метри. З 1986 року сталеві "двері" зачинялися 27 разів від хвиль висотою понад 3 метри, востаннє в лютому минулого року. Завдяки відмінним експлуатаційним характеристиками сталі очікується, що Остерсхелдекерінг прослужить ще мінімум 200 років.

Ще одна частина "Дельти", бар'єр Маслант є, за своєю суттю, колосальними воротами, які називають однією з найбільших рухомих інженерних споруд в світі. Основні складові частини цього механізму - стулки воріт і ферми - виконані зі сталі. Довжина стулок становить 210 метрів, ферм - 237 метрів. Це не тільки дуже довгі деталі, але ще і дуже важкі. Для порівняння беруть Ейфелеву вежу - її висота 300 метрів. Довжина кожної стулки воріт Масланта менше приблизно на 100 метрів, але водночас її вага вдвічі більша. Рухаються ворота за допомогою сталевих шарнірів. Це величезні кулі діаметром в 10 метрів, а вагою майже в 700 тонн.

Цікаво, що прийняття рішення про необхідність задіяти Маслант в Нідерландах повністю делегували штучного інтелекту - комп'ютер аналізує погодні умови, прогнозує висоту хвилі і видає команду закрити гігантські сталеві ворота. З моменту введення в експлуатацію бар'єр працював через різке погіршення погодних умов всього один раз, в 2007 році. Взагалі, спочатку прогнозувалося, що ворота Маслант потрібно закривати не частіше ніж один раз на 10 років. Зараз, через стрімкі глобальні зміни клімату, вважається, що бар'єр буде спрацьовувати раз на 5 років.



Історія захисту Венеції від підтоплення налічує вже 5 століть. У 1966 році, коли вода піднялася на 1,94 метра вище ніж звичайні значення, під водою опинилося 80% території культурно-історичного центру, без домівок лишилися тисячі венеціанців.

Італійський проект MOSE (Modulo Sperimentale Elettromeccanico, Експериментальний електромеханічний модуль) побудували в 2014 році, щоб захистити від повеней Венеціанську лагуну. За допомогою 78 яскраво-жовтих мобільних шлюзів «Мойсей» (акронім MOSE за написанням співпадає з італійським варіантом імені цього біблійного персонажа) захищає Венецію і прилеглі міста від паводків, спричиненими надмірними припливами Адріатики.

Під час проектування модуля італійська влада особливо наголошувала, що майбутня система шлюзів повинна бути порівняно недорогою і дуже довговічною. Тому при зведенні MOSE використали 150 000 тон сталевих шпунтових паль і труб завдовжки до 50,3 метрів. Сталь застосували і для виготовлення ступок воріт завширшки до 30 метрів і завтовшки 5 метрів. Також невід'ємною частиною споруди є 254 сталевих кільця, за допомогою яких «ворота Мойсея» починають рухатися.

Передбачається, що MOSE буде захищати Венеціанську лагуну найближче сторіччя. Восени минулого року сталеві механізми модуля з честю витримали приплив заввишки 130 см. Вперше під час такого погодного катаклізму до улюбленої туристами площі Сан-Марко у Венеції вода підібратися так і не змогла.

Застосування сталі в різних захисних спорудах від повені дуже широко поширилося. Сталеві ворота, ферми, шарнірні механізми, палі, кільця і інші елементи використовувалися під час будівництва таких конструкцій в XX столітті, нинішньому столітті і будуть використовуватися в майбутньому. Унікальні властивості сталі забезпечують водонепроникність і надійність споруд, збереження інфраструктури, житла і життя городян.