

Рекомендація E-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

IALA-MAMC
МІЖНАРОДНА АСОЦІАЦІЯ НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
МОРЕПЛАВСТВА І МАЯКОВИХ СЛУЖБ

E-200-4
РЕКОМЕНДАЦІЯ IALA-MAMC

ЩОДО

МОРСЬКИХ СИГНАЛЬНИХ ВОГНІВ

**Частина 4 – Визначення та обчислення
ефективної інтенсивності**

Видання 1

Грудень 2008 року



20ter, rue Schnapper, 78100
Saint Germain en Laye, France (Франція)
Тел.: +33 1 34 51 70 01 Факс: +33 1 34 51 82 05
Телекс: 695499 ialaism f
E-mail: iala-aism@easynet.fr Internet: <http://iala-aism.org>

Рекомендація E-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

Перегляди документа

Перегляди документа IALA зазначаються у таблиці до видання переглянутого документа.

Дата	Переглянута сторінка / розділ	Вимога щодо перегляду

Рекомендація щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення
ефективної інтенсивності
(Рекомендація E-200, частина 4)

РАДА,

НАГАДУЮЧИ про функцію Міжнародної асоціації навігаційного забезпечення мореплавства і маякових служб (IALA) у відношенні ефективності морських перевезень і захисту навколишнього середовища;

ВИЗНАЮЧИ, що для належного функціонування морських сигнальних вогнів існує потреба у визначенні експлуатаційних характеристик пробліскових вогнів;

ТАКОЖ ВИЗНАЮЧИ наявність декількох способів визначення експлуатаційних характеристик пробліскових вогнів, які перебувають на межі з візуальним сприйняттям;

ТАКОЖ ВИЗНАЮЧИ відсутність належних способів визначення експлуатаційних характеристик пробліскових вогнів на рівні очей спостерігача над порогом освітленості;

ЗАЗНАЧАЮЧИ, що з метою забезпечення якості сигнальних вогнів для мореплавців слід використовувати певні стандарти з визначення експлуатаційних характеристик пробліскових вогнів;

ЗВЕРТАЮЧИ УВАГУ на те, що цей документ застосовується лише до морських вогнів на засобах навігаційного обладнання, встановлених після дати публікації цього документу;

ЗВАЖАЮЧИ на пропозиції Комітету з інженерії, екології та збереження (EER), його експертів з вогнів та робочої групи IALABATT/IALALITE;

ЗАТВЕРДЖУЄ Рекомендацію щодо сигнальних вогнів на засобах навігаційного обладнання, яка міститься у додатках до цієї рекомендації; та

РЕКОМЕНДУЄ членам IALA та іншим відповідним установам, які надають послуги, пов'язані з морськими засобами навігаційного обладнання, затверджувати методи відповідно до цієї рекомендації для визначення й обчислення ефективної інтенсивності ритмічного вогню.

* * *

Зміст

ПЕРЕГЛЯДИ ДОКУМЕНТА	2
РЕКОМЕНДАЦІЯ ЩОДО МОРСЬКИХ СИГНАЛЬНИХ ВОГНІВ - ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЧИСЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ	3
ЗМІСТ	4
ДОДАТОК	6
1 ПЕРЕДМОВА	6
1.1 Застосування порогових моделей на надпорогових рівнях яскравості	6
1.2 Що не вважається ефективною інтенсивністю	6
1.3 Суб'єктивна інтенсивність	7
1.4 Приклад	7
1.5 Погляд вперед	7
2 ВСТУП	8
3 ТЕМА / ПРИЗНАЧЕННЯ	9
4 ВИЗНАЧЕННЯ	9
5 ОПИСАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ РИТМІЧНОГО ВОГНЮ	10
6 ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ	11
6.1 Метод I – Метод Шмідта-Клаузена (також відомий як “формфактор” метод)	12
6.2 Проблема повторюваних проблісків	13
6.3 Закон Тальбота-Плато для дуже швидко повторюваних проблісків	14
6.4 Метод II – Метод Алларда	15
6.5 Метод III – Метод Блонделя-Рея-Дугласа	16
6.6 Метод IV – Модифікований метод Алларда	17
7 ВИСНОВКИ	19
8 РЕЗЮМЕ	20
9 ПОСИЛАННЯ	21
ДОДАТОК 1	СИМВОЛИ 23
ДОДАТОК 2	ПОДАЛЬШЕ ПОЯСНЕННЯ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ АЛЛАРДА 24
Показчик рисунків	
Рисунок 1	Графік профілю пробліску та замикаючого прямокутника (Метод формфактора) 13
Рисунок 2	Профіль пробліску та значення $i(t)$, отримане з формули Алларда 16
Рисунок 3	Профіль пробліску, що відображає концепцію Блонделя-Рея у баченні Дугласа 17
Рисунок 4	Функція візуального імпульсу Алларда та модифікованого рівняння Алларда 18
Рисунок 5	Профіль пробліску з отриманим значенням згортки за використання модифікованого методу Алларда 19
Рисунок 6	Графік нанесення інтенсивності відносно часу $I(t)$ та візуальної функції імпульсу $q(t)$ 24
Рисунок 7	Гістограми профілю пробліску $I(t)$ та функцією візуальної реакції $q(t)$ 24
Рисунок 8	Згортка при $t = 0$ 25
Рисунок 9	Згортка при $t = 1$ 25

Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

Рисунок 10	Згортка при $t = 2$	26
Рисунок 11	Згортка при $t = 3$	
Рисунок 12	Згортка при $t = 9$, що показує згорнуте максимальне значення при $t = 7$	27
Рисунок 13	Безперервний графік профілю проблиску $t(t)$ та згортки	

ДОДАТОК

Рекомендація IALA E-200-4 Морські сигнальні вогні Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності

1 ПЕРЕДМОВА

Поняття ефективної інтенсивності часто розуміють невірно. Для розуміння цього поняття слід почати з ретельного перегляду його визначення:

Ефективна інтенсивність – це інтенсивність світіння постійного вогню з таким самим спектральним розподілом, як і у пробліскового вогню, і який мав би таку саму оптичну дальність видимості, що і проблісковий вогонь, за ідентичних умов спостереження.

Перше, що треба мати на увазі, це те, що два вогні з однаковою ефективною інтенсивністю матимуть таку саму оптичну дальність видимості. Друге, що слід зазначити, це те, що оптична дальність видимості вогню – це найбільша відстань, на якій можна розпізнати вогонь. Ефективна інтенсивність – це концепція, яка має значення лише у відношенні тих рівнів яскравості, які пов'язані з порогом розпізнавання. На порозі розпізнавання джерело світла ледве розрізняється, не можна розпізнати колір проблісків або їхню тривалість, і ймовірність розпізнавання є більшою за випадковість, але не в значній мірі високою.

1.1 Застосування порогових моделей на надпорогових рівнях яскравості

Поріг виявлення сигнального вогню на засобі навігаційного обладнання майже не представляє інтересу для мореплавців. Ймовірність розпізнавання не є в значній мірі високою, і якщо вогонь все ж таки розпізнається, то його колір і тривалість пробліску розгледіти неможливо.

З цих причин в 1933 році Міжнародною технічною конференцією маякових служб був затверджений «практичний поріг» в 0,2 мікролюкса. Насправді, це – практичне значення освітленості для спостереження вогнів на засобах навігаційного обладнання, які спостерігаються вночі на темному фоні. При порозі в 0,2 мікролюкса вогонь гарантовано розпізнається, проте колір і тривалість пробліску розпізнаванню не підлягають. Однак, поріг у 0,2 мікролюкса не є пороговим рівнем виявлення освітленості, він є рівнем, що перевищує поріг (надпорогом). Це спричиняє проблему: ефективна інтенсивність є пороговою концепцією, але з тієї причини, що 0,2 мікролюкса значно перевищують поріг, порогові моделі ефективної інтенсивності не слід застосовувати при 0,2 мікролюкса. Однак, саме таким чином робили не одне десятиріччя. Рішення даної проблеми обговорюється нижче.

1.2 Що не вважається ефективною інтенсивністю

Як вже згадувалося вище, згідно з визначенням, два вогні з однаковою ефективною інтенсивністю мають однакову оптичну дальність видимості на порозі розпізнавання.

Рекомендація E-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

Чимало користувачів помилково вважають, що два вогні з однаковою ефективною інтенсивністю будуть однаково яскравими. Ніщо у визначенні поняття «ефективна інтенсивність» не передбачає будь-якої однакової яскравості.

1.3 Суб'єктивна інтенсивність

На надпорогових рівнях (наприклад, 0,2 мікролюкса) ефективна інтенсивність не має значення. Але буде справедливим порівняти суб'єктивну яскравість двох вогнів на будь-якому надпороговому рівні. Нижче приводиться визначення суб'єктивної інтенсивності пробліскового вогню:

Суб'єктивна інтенсивність – це інтенсивність постійного (безперервного) вогню, що за яскравістю відповідає спектрально подібному пробліску вогню.

Лише незначну кількість досліджень присвячено суб'єктивним інтенсивностям деяких простих форм проблісків. Одне з досліджень свідчить, що суб'єктивна інтенсивність є функцією рівня освітленості вогню.

1.4 Приклад

Порівняймо два вогні: один з прямокутним сигналом і пробліском у 3 секунди і 100 кандел; другий – постійний вогонь 100 кандел. Всі наші ефективні моделі потребують 60 кандел для ефективної інтенсивності пробліскового вогню.

Уявімо ці 2 вогні поруч. Оскільки мореплавець постійно наближається до цих вогнів здалеку, ось що він побачить:

1. Спочатку відбудеться розпізнавання постійного вогню в 100 кандел.
2. Потім відбудеться розпізнавання (ефективного) пробліскового вогню в 60 кандел.
3. Оскільки мореплавець продовжує наближатись, він почне розрізняти колір вогнів, тривалість пробліску пробліскового вогню та постійний характер постійного вогню.
4. Згодом мореплавець досягне точки, в якій освітленість вогнів дорівнює 0,2 мікролюкса. Якщо припустити метеорологічну видимість в 10 морських миль, це відбудеться на відстані, що дорівнює «номінальній дальності дії», опублікованій у «Вогнях і знаках» (майже на увазі, що розпізнавання відбулося на більшій відстані). У цій точці колір і тривалість пробліску легко розпізнаються. Окрім цього, дані більш ранніх досліджень свідчать про те, що яскравість у 60 кандел (ефективного) пробліскового вогню сильно нагадує яскравість постійного вогню в 100 кандел.
5. З подальшим наближенням мореплавця до вогнів суб'єктивна яскравість пробліскового вогню перевищить яскравість постійного вогню. Проблісковий вогонь (з ефективною інтенсивністю 60 кандел) виглядатиме яскравішим за постійний вогонь у 100 кандел! Очевидно, що ефективна інтенсивність вогню не вказує на те, як він виглядатиме на надпорогових рівнях освітленості.

1.5 Погляд вперед

- Відомо, що справжній поріг точки виявлення майже не представляє практичного інтересу для мореплавців.
- З тієї причини, що ефективна інтенсивність представляє собою концепцію, яка має значення лише при справжньому порозі виявлення, і зважаючи на той факт, що поріг виявлення не представляє практичного інтересу, IALA розмірковує над остаточним скасуванням використання ефективної інтенсивності.

Рекомендація E-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

- IALA збереже пороговий рівень освітленості в 0,2 мікролюкса для практичного застосування (визнаючи при цьому, що він є практичним, а не справжнім порогом виявлення).
- На надпорогових рівнях освітленості метою IALA є розробка і використання моделей істинної інтенсивності для порівняння яскравості вогнів з різними характеристиками проблісків. Моделі істинної інтенсивності могли б замінити існуючі моделі ефективної інтенсивності.
- До тих пір, доки не будуть розроблені надійні моделі істинної ефективності, IALA продовжуватиме рекомендувати використання моделей ефективної інтенсивності при надпорогових значеннях освітленості. Навіть якщо використання моделей ефективної інтенсивності при надпорогових значеннях освітленості виявиться концептуально нестабільним, IALA підтримуватиме поточний стан справ (*status quo*) до тих пір, доки не будуть розроблені надійні моделі істинної ефективності.
- IALA нагадує користувачам, що в моделях ефективної інтенсивності недооцінюються характеристики (відносна яскравість) вогнів з проблісками малої тривалості порівняно з вогнями з довшими проблісками за умов практичного спостереження.

2 ВСТУП

Згідно з Частиною 3 «Вимірювання» Рекомендації IALA E-200-3 щодо морських сигнальних вогнів (E200-3) [19] рекомендований спосіб визначення інтенсивності променя – це пряме фотометричне вимірювання на прийнятній відстані вимірювання. У випадку з постійним вогнем результати вимірювання [19] можуть надати всю інформацію, що потребується для прогнозування характеристик. Однак, якщо джерело світла є проблісковим або таким, що затьмарюється, або у разі обертання проекційного апарату з гостроспрямованим променем, тоді для спостерігача, який перебуває у певному місцеположенні, наявна зміна інтенсивності світіння від негайної до моменту часу. Зазвичай така зміна відбувається від нуля або майже нуля через серію кінцевих величин, які знов повертаються до нуля. Таким чином існує «зовнішній вигляд вогню» з наближено визначеною тривалістю. Якщо загальна тривалість вогню однозначно менша за подальші тривалості затемнення, мова йде про «пробліск». Якщо загальна тривалість не перевищує 0,3 секунд, око людини реагує на сукупність досвіду зорових відчуттів (зоровий досвід) протягом пробліску; загальне враження як виражене у видимій кількості світла пробліску у разі його чіткої видимості, так і виражене в інтенсивності пробліску. Якщо виявляється, що пробліск видимий лише за умов, коли безперервний вогонь з інтенсивністю I_e також видимий лише на такій самій відстані і за таких самих атмосферних умов, йдеться про пробліск з ефективною інтенсивністю I_e . Саме цю ефективну інтенсивність слід використовувати при обчисленні оптичної дальності видимості вогню за будь-яких заданих атмосферних умов.

У разі неможливості виконання прямих вимірювань або якщо оптичний апарат лише проектується і ще не збудований, значення інтенсивності та тривалості пробліску можна обчислювати за допомогою методів, описаних в Частині 5 «Оцінювання характеристик оптичних апаратів» Рекомендації IALA E-200-5 щодо морських сигнальних вогнів (E200-5) [20]. Проте, слід пам'ятати, що невизначеності результатів таких обчислень є набагато більшими ніж ті, що одержують внаслідок прямих вимірювань.

3 ТЕМА / ПРИЗНАЧЕННЯ

До теми цього документу відносяться всі пробліскові морські сигнальні вогні на засобах навігаційного обладнання з тривалістю пробліску 5 або менше секунд. Вогні з тривалістю пробліску більше п'яти секунд можуть вважатися безперервними або постійними вогнями.

Призначенням цього документу є описання методів обчислення ефективної інтенсивності певного пробліску вогню при його спостереженні на нейтральному (ахроматичному) порозі освітленості. Суб'єктивна інтенсивність пробліскових вогнів, які спостерігаються у тих випадках, коли освітленість для спостерігача є більшою за нейтральний поріг (так званий «надпоріг»), не розглядається в цьому документі (див. Передмову).

За відсутності жодного прийнятного метода, який можна було б використати для рівнів освітленості, описаних у Чащині 2 «Розрахунок, визначення і позначення оптичної дальності видимості» Рекомендації IALA E-200-2 щодо морських сигнальних вогнів (E200-2) [18], ефективна інтенсивність, обчислена за допомогою методів, що описані в цьому документі, може використовуватись для визначення оптичної дальності видимості пробліскового сигнального вогню.

4 ВИЗНАЧЕННЯ

- | | |
|----------------------------------|---|
| Нейтральний (ахроматичний) поріг | – Рівень освітленості навпроти ока спостерігача, при якому джерело світла ледве розрізняється, не можна розпізнати колір проблісків або їхню тривалість, і ймовірність розпізнавання є більшою за випадковість, але не в значній мірі високою. |
| Освітленість для спостерігача | – Освітленість в люменах на квадратний метр (люкс) або в морських канделах, що виробляється вогнем і видима для очей спостерігача, який дивиться в напрямку вогню. |
| Постійний (безперервний) вогонь | – Джерело світла з постійною або послідовною інтенсивністю. |
| Проблісковий вогонь | – Вогонь з повторюваним ритмічним характером, час якого у ввімкненому стані протягом періоду характеру є меншим за час у відключеному стані. |
| Вогонь, що затьмарюється | – Вогонь з повторюваним ритмічним характером, час якого у ввімкненому стані протягом періоду характеру є більшим за час у відключеному стані. |
| Ефективна інтенсивність | – Інтенсивність світіння постійного (безперервного) вогню з таким самим відносним спектральним розподілом, як і у пробліскового вогню, і який мав би таку саму оптичну дальність видимості, що і проблісковий вогонь, за ідентичних умов спостереження. |
| Суб'єктивна інтенсивність | – Інтенсивність світіння постійного (безперервного) вогню, що за яскравістю відповідає спектрально подібному пробліску вогню. |

5 ОПИСАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ РИТМІЧНОГО ВОГНЮ

Відстань, на якій спостерігач може побачити пробліску вогню, можна описати за допомогою єдиного параметру, який називається «ефективною інтенсивністю» пробліску. Око не аналізує зміни світлового потоку в ході короткого пробліску, а реагує на загальне візуальне враження від пробліску вогню. Зокрема, коли можна розгледіти пробліск, то можливо виконати кількісне вимірювання ефективності його вогню шляхом його порівняння з постійним вогнем, який також видимий за таких самих умов на такій самій відстані і тим самим спостерігачем. За подібних спостережень отримують достатню узгодженість, що дозволяє оцінити ефективну інтенсивність пробліску як інтенсивність постійного вогню, який є його еквівалентом для виявлення порогу візуального сприйняття (нейтральний (ахроматичний) поріг). У цьому документі розглядаються методи оцінювання ефективної інтенсивності для різних форм проблісків (розподіл інтенсивності світіння з часом). Ефективна інтенсивність визначається еквівалентністю постійного і пробліскового вогнів на порогових рівнях; рівні над порогом не розглядаються. Якщо не передбачено інше, оцінювання проводиться для поодиноких проблісків, тобто, припускається, що інтервал між послідовними проблісками становить щонайменше декілька секунд.

Для забезпечення використання простих, універсальних і достатньо точних методів оцінювання для практичних потреб морських засобів навігаційного обладнання, інші умови спостереження обмежені до певних стандартних еталонних величин, які вибрані для відображення типових середніх умов морських спостережень за вогнями:

- 1 Молодий спостерігач з нормальним зором.
- 2 Вогонь видно фовеальним зором і на нейтральному (ахроматичному) порозі.
- 3 Паралактичний кут джерела світла на рівні ока спостерігача $\leq 1'$.
- 4 Колір вогню – білий.

Для спостережень вночі припускається, що рівень фонового освітлення не перевищує 10^{-2} кд/м². Для спостережень вдень рівень фонового освітлення залежить від добових і сезонних коливань та від погодних умов. Дані щодо впливу подібних коливань на поріг освітленості для потреб спостереження за постійними вогнями див. [18].

Незважаючи на відмінність порогових значень освітленості на рівні ока спостерігача між ахроматичним порогом і рівнями освітленості, описаними в [18], ефективна інтенсивність, обчислена з використанням методів, що описані в цьому документі, може застосовуватись для визначення оптичної дальності видимості вогню з використанням методів, які викладені у [18], а також для визначення номінальної дальності видимості вогню для публікації «Вогнів і знаків».

Приведені методи оцінювання використовують постійні часу візуальної системи, які позначаються літерою «С» у методі Шмідта-Клаузена і літерою «А» або «а» в усіх інших методах. (Слід зазначити, що в Методі І постійна часу позначається як «С/Ф», де «Ф» – «формфактор», менший за 1 для всіх не прямокутних проблісків, а постійна часу дорівнює «С» лише у випадку з прямокутними проблісками.) Ці постійні тісно пов'язані з більш знайомою постійною часу «а» виразу Блонделя-Рея для ефективної інтенсивності I_e проблісків прямокутної форми, а саме:

$$\frac{I_e}{I_o} = \frac{t}{a+t}$$

Рівняння 1

де:

I_o – інтенсивність проблиску на максимумі;

t – тривалість проблиску.

Взагалі, ці постійні часу залежать від кольору виставленого вогню, рівня фонового освітлення, навпроти якого спостерігається вогонь, та від стягуваного кута джерела світла відповідно до рівня ока спостерігача. *Згідно з вихідними умовами, зазначеними вище. Для спостережень вночі рекомендується, щоб значення C , A та « a » дорівнювали 0,2 секунди. Для обчислення ефективної інтенсивності для практичного морського застосування не вважається необхідним брати до уваги різницю значень постійної часу для різних кольорів вогнів. Для спостережень вдень і для всіх рівнів фонового освітлення величиною 100 кд/м² і більше рекомендується, щоб значення C , A та « a » дорівнювали 0,1 секунди.*

6 ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Визначення ефективної інтенсивності для будь-якого проблиску ґрунтується на знанні коливань моментальної інтенсивності світіння з часом. Зазвичай бажано визначати як форму цих коливань, так і масштабувати криву таким чином, щоб ординати становили значення інтенсивності світіння у кожний момент. Фотометричні вимірювання інтенсивності світіння та розподілу інтенсивності світіння з часом описані в [19], тут же обговорюються складнощі та обмеження, які їм властиві.

Класичну роботу з оцінювання ефективної інтенсивності було виконано Блонделем і Реєм у 1911 році. Формула, яка базувалася на їхніх експериментальних спостереженнях, обмежувалась у застосуванні проблисками прямокутної та напівпрямокутної форми. Вони визначили можливу формулу, яку можна було б застосовувати до проблисків не прямокутної форми. Згодом цю формулу було дорацьовано Дугласом і перетворено на Метод III, який описаний нижче.

Відомо, що результати, отримані з використанням різних методів поданих нижче, у деякій мірі відрізняються, але у більшості випадків, на практиці, це не впливає значною мірою на отриману оптичну дальність видимості світла. Відмінності можуть бути більш значними, якщо технічні умови вимагають, щоб світло забезпечувало вказану оптичну дальність видимості; значення сили світла, що розраховані у відповідності до цієї вимоги, можуть значною мірою відрізнятись в залежності від обраного методу розрахунку. *Рекомендується чітко зазначати метод, який застосовується.*

Метод I може також застосовуватись, коли дуже короткі проблиски вимірюються шляхом їх порівняння із стандартами інтегральної інтенсивності, використовуючи інтегровані за часом фотометри. Вимірювати повну форму проблиску не обов'язково, але необхідно

Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

знайти також миттєву інтенсивність протягом перебігу проблиску (так звану “пікову інтенсивність”, I_0).

Метод IV підходить для застосування на проблиску будь-якої форми та будь-якої тривалості, навіть якщо фотометр вимірювання недостатньо швидкий для належної реєстрації усіх показників швидкого перехідного режиму.

6.1 Метод I – Метод Шмідта-Клаузена (також відомий як “формфактор” метод)

Коливання миттєвої сили світла I за час t протягом проблиску описується за допомогою функції $I(t)$. Воно має максимальне значення I_0 , пікова інтенсивність проблиску. Інтегральна інтенсивність проблиску, а саме інтеграл миттєвої інтенсивності з урахуванням часу, затраченого на весь проблиск, виражається формулою

$$J = \int I dt$$

рівняння 2

У відповідності до метода Шмідта-Клаузена, ефективна інтенсивність I_e проблиску представлена наступним чином

$$I_e = \frac{J}{C + \frac{J}{I_0}}$$

рівняння 3

Де:

C – це візуальна константа часу із значенням 0,2 секунди для нічного спостереження та 0,1 секунди для денного спостереження.

Для довгих проблисків, тих що продуковані обертовими променями, можливо більш зручним буде виразити ефективну інтенсивність у наступній формі:

$$I_e = \frac{I_0 t}{\frac{C}{F} + t}$$

рівняння 4

Де:

t = загальна тривалість проблиску

F = формфактор Шмідта-Клаузена, що визначається за формулою:

$$F = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I(t) \cdot dt}{I_0 (t_2 - t_1)}$$

рівняння 5

Де:

t_1 = час початку проблиску

t_2 = час закінчення проблиску

Якщо графік намальований за формою проблиску, а прямокутник намальований, як замикаючий його у собі, таким чином, що прямокутник має довжину $t_2 - t_1$, а висота дорівнює інтенсивності проблиску, тоді формфактор – це співвідношення площі під графіком до площі прямокутника (Рисунок 2).

Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

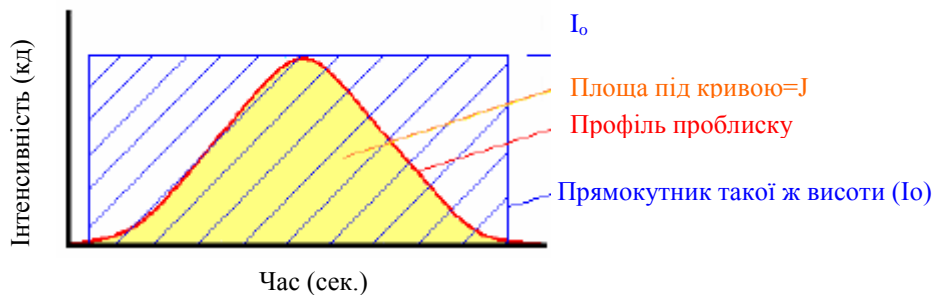


Рисунок 1 Графік профілю проблиску та замикаючого прямокутника (Метод формфактора)

Точний вибір граничних значень t_1 і t_2 не є важливим, за умови, що вони відповідають моментам нульової інтенсивності, що передують та йдуть після проблиску відповідно. Там де відсутні такі моменти, як у випадку з проблисками, продукованими обертовими променями, інтенсивність яких може ніколи не падати повністю до нуля, загалом достатньо буде обрати моменти, за яких миттєва інтенсивність має досить низьке значення (наприклад, 5% пікової сили світла проблиску). Вона дорівнює розрахунку ефективної інтенсивності проблиску, яка розглядається, як накладена на сталу силу світла, що дорівнює силі у обраних моментах t_1 і t_2 .

Для надто коротких проблисків, t стає зовсім малим порівняно з C/F і рівняння (1) має наступне вираження

$$I_e = \frac{J}{C}$$

рівняння 6

Якщо $C = 0,2$, це рівняння можна використовувати для проблисків, які коротші за 0,05 с. Для цього ефективна інтенсивність у п'ять разів більша за інтегральну інтенсивність (коли за одиницю виміру часу береться секунда).

6.2 Проблема повторюваних проблисків

Методи Шмідта-Клаузена та Блонделя-Рея можуть застосовуватись тільки для однократних проблисків. У 1957 році Дуглас [9] запропонував розширити метод Блонделя-Рея-Дугласа для розрахунку ефективної інтенсивності повторюваних проблисків, але його пропозиція не має розглядатись як загально прийнятна і її необхідно уникати. Швидко повторювані проблиски продукують інтенсивність вищу за ту, що має однократний проблиск такого ж виду [12].

У “Рекомендаціях для ритмічних характеристик світла на засобах морського навігаційного обладнання”, травень 1979 року [17], IALA рекомендує максимальну частоту у 300 проблисків на хвилину для Ultra Quick Light (ультра швидкого світла). Як висновок, застосування характеристик з частотою, що перевищує 300 проблисків на хвилину, не рекомендується. Для частоти проблиску більшої за 60 проблисків на хвилину і меншої або рівної 300 проблискам на хвилину, ефективна інтенсивність, отримана за використання методу однократного проблиску (Шмідта-Клаузена, Блонделя-Рея або

Рекомендація E-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

Блонделя-Рея-Дугласа) спричинить неприйнятну недооцінку ефективної інтенсивності. Для швидко повторюваних проблісків (більше 60 проблісків/хвилину та менше або дорівнює 300 проблісків/хвилину), ефективна інтенсивність моделі пробліску має розраховуватись за допомогою модифікованого методу Алларда (Метод IV) з використанням не менше 10 проблісків.

Хоча визнано, що безперервне світло або світло з помітними проблісками може бути симульоване за допомогою дуже швидких повторюваних проблісків з частотою, що перевищує частоту злиття мигів. Для цього, інтервали темряви між проблісками не сприймаються і для моделювання ефекту дуже швидкого повторювання проблісків застосовується закон Тальбота-Плато (дивіться нижче).

6.3 Закон Тальбота-Плато для дуже швидко повторюваних проблісків

Ефект ланцюга ідентичних проблісків будь-якої форми, які повторюються з частотою, що перевищує частоту злиття мигів (~60Гц) є таким же, як ефект безперервного світла з інтенсивністю, що дорівнює середній інтенсивності світла з дуже швидко повторюваними проблісками. Це стосується тільки періоду дуже швидко повторюваних проблісків.

Протягом часу дуже швидко повторюваних проблісків інтегральна інтенсивність становить:

$$J = \int_{\text{Flash}} I \cdot dt$$

рівняння 7

Інтенсивність світла з таким же ефектом тоді становить:

$$I_{\text{average}} = J / T$$

рівняння 8

Де:

T відповідає періоду інтеграції у рівнянні 7.

Для нескінченної серії дуже швидко повторюваних проблісків, ефективна інтенсивність буде дорівнювати I_{average} . Якщо дуже швидко повторювані пробліски разом складають помітний пробліск, тоді ефективна інтенсивність світла розраховується у два етапи:

Етап 1: Застосуйте закон Тальбота-Плато, щоб знайти I_{average} протягом помітного пробліску

Етап 2: Застосуйте I_{average} і один з 4 методів у цій рекомендації для розрахунку ефективної інтенсивності

Для задовільної симуляції постійного світла можливо потрібно, щоб частота пробліску перевищувала 1200 проблісків на хвилину. Тривалість пробліску буде тоді дещо менше 0,05 секунди, і не має бути складнощів у безпосередньому вимірюванні J. Електрична інтегральна схема може використовуватись у поєднанні з вимірювальним фотометром для моделювання закону Тальбота-Плато у обладнанні. Дискретне інтегрування може також використовуватись у програмному забезпеченні, або у вимірюваннях у реальному часі, або ж у подальшій обробці виміряних результатів. Який би метод інтегрування не використовувався, особлива увага має приділятися калібруванню вимірювання.

6.4 Метод II – Метод Алларда

Цей метод виходить з коливання негайної сили світла I у якості функції часу t , описаної функції $I(t)$. Відповідна миттєва ефективна інтенсивність визначається функцією $i(t)$.

Згідно з теорією Алларда ці функції пов'язуються у диференціальному рівнянні

$$\frac{di}{dt} = \frac{I(t) - i(t)}{A} \quad \text{рівняння 9}$$

Де:

A - це часова константа для візуальної реакції.

У цьому разі, A асоціюється з часом, необхідним для ока, щоб зреагувати на світловий сигнал збудження, та є мірою так званої "інерції бачення".

Для практичних розрахунків за вихідних умов нічного спостереження, значення A має бути 0,2 секунди.

Рішення рівняння 9 отримують значення $i(t)$ у кожен момент протягом та після ходу проблиску (див. Рисунок 2). Якщо передбачається, що візуальне враження є пропорційним до світлового стимулу, і зокрема припущення робиться на те, що око спостерігача залишається в одному положенні для адаптації під час коливань інтенсивності проблиску, тоді рівняння 9 створює співвідношення миттєвої інтенсивності $I(t)$ протягом проблиску до сили світла $i(t)$ фіксованого світла, результатом чого буде візуальна реакція, така як i у ока на той момент. Припущення константи адаптації є доцільним за умов спостереження, у яких світлові сигнали є видимими для спостерігача на порогових рівнях.

Ефективна інтенсивність I_e – це максимальне значення $i(t)$ протягом тривалості проблиску.

Явне рішення рівняння 9 можна отримати в інтегральній формі. Звідси можна побачити, що для проблисків дуже короткої тривалості, ефективна інтенсивність стає:

$$I_e = \frac{J}{A} \quad \text{рівняння 10}$$

Де:

J = інтегральна інтенсивність.

Якщо візуальна константа A береться з таким же значенням як C у методі I, то можливо побачити, що для дуже коротких проблисків, ці два методи дають однакові значення ефективної інтенсивності.

Загалом, більш зручно отримати рішення рівняння 9 безпосередньо за допомогою комп'ютера, ніж використовувати рішення в явному вигляді. Рівняння є таким же як і для електричної схеми, що складається з конденсатора, зарядженого через реостат від джерела напруги, перемінної за часом.

Явне рішення рівняння 9 має наступний вигляд:

$$i(t) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{I(u)}{A} e^{-\left(\frac{t-u}{A}\right)} du$$

рівняння 11

Де:

t_1 - це час, до якого ніяке світло не випромінюється.

Для обертових оптичних систем та інших пристроїв, які продукують проблиски, що не падають до нульових значень сили світла, початковий час t_1 має братися на рівні сили світла не більшої ніж на 5% від пікової сили світла проблиску.

Для застосування рівняння Алларда до результатів вимірювання, може бути використана будь-яка стандартна комп'ютерна програма для рішення лінійних диференціальних рівнянь першого порядку. Для цієї цілі достатньо застосування звичайних диференціальних методів. Ефективна інтенсивність I_e – це максимальне значення рішення $i(t)$.

Метод Алларда може повністю застосовуватись на серії прямокутних проблисків. Для швидко повторюваних імпульсів вони близько співпадають з законом Тальбота. Хоча, для довших проблисків, результати отримані за використання методу Алларда не співпадають з тими, що отримані за допомогою методів Шмідта-Клаузена, Блонделя-Рея та Блонделя-Рея Дугласа.

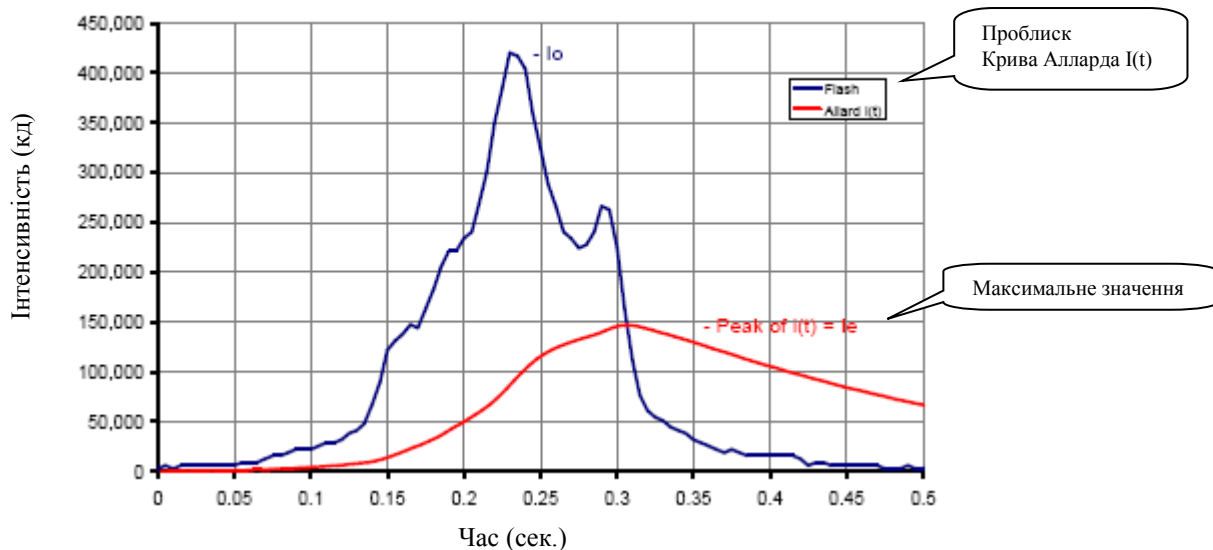


Рисунок 2 Профіль проблиску та значення $i(t)$, отримане з формули Алларда

6.5 Метод III – Метод Блонделя-Рея-Дугласа

Блондель та Рей зазначали, що для непрямокутних форм проблисків, можливе розширення їх простого закону буде мати наступну форму

$$I_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I(t).dt}{a + t_2 - t_1}$$

рівняння 12

Де:

$I(t)$ описує коливання миттєвої сили світла I за час t ;
 a – це візуальна часова константа Блонделя-Рея;

t_1 та t_2 – це початковий та кінцевий моменти часу, визначення яких залишилось нечітким.

Дуглас [9] припускав, що граничні значення t_1 та t_2 необхідно обирати таким чином, щоб максимально збільшити отриману ефективну інтенсивність. Він показав, що цей максимум досягається, коли $I(t_1) = I(t_2) = I_e$. Для однократного проблиску, рівняння (6) може мати наступний вигляд

$$a I_e = \int_{t_1}^{t_2} [I(t) - I_e]. dt$$

рівняння 13

Де:

t_1 та t_2 беруться як і ті моменти, у яких миттєва інтенсивність піднімається над та падає нижче ефективної інтенсивності I_e , відповідно.

Якщо t_1 і t_2 – це функції I_e , а в рівнянні 13, I_e – це функція t_1 і t_2 , то для визначення I_e зазвичай мають використовуватись ітераційні методи рішення. На рисунку 3 показано графічне вираження рівняння 13 за його застосування до певної форми проблиску. Затінена колонка має ширину a , а I_e має бути визначена, щоб дві затінені області мали однакову площу. Це можна зробити підбираючи послідовність значень I_e і визначаючи площі, рахуючи квадрати або використовуючи планіметр. Можливо також запрограмувати обчислювальну машину для отримання необхідних інтегральних значень та підбору пробного значення I_e поки не буде досягнута рівність рівняння 13.

Розширення методу, згідно з пропозицією Дугласа, для охоплення груп проблисків не розглядається як загально значиме, і тому має уникатися.

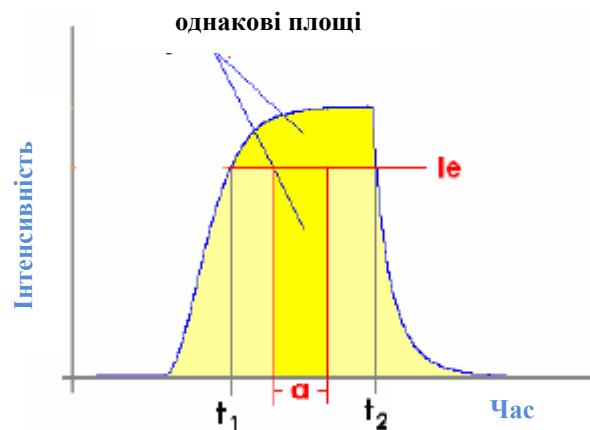


Рисунок 3 Профіль проблиску, що відображає концепцію Блонделя-Рея у баченні Дугласа

6.6 Метод IV – Модифікований метод Алларда

Враховавши недоліки методів описаних вище, Міжнародна комісія з освітленості (CIE) вирішила розробити покращену модель ефективної інтенсивності, засновану на наступних критеріях:

- Формула має узгоджуватись з методом Блонделя-Рея (та методом формфактора) для прямокутних проблисків.
- Формула має узгоджуватись з опублікованими даними для серії проблисків.
- Формула не повинна очевидно обманюватись проблисками з будь-якою потенційною складною формою.
- Формула має враховувати прості методики вимірювання.

Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

е. Формула має узгоджуватись з опублікованими даними візуального спостереження для непрямокутних форм проблiskів, що вивчаються.

Технічний комітет СІЕ, СІЕ-ТС2-49, вивчив роботу, проведену за багато десятків років та відмітив роботу Луїзова та Буланової, яка була представлена на міжнародній конференції у Вашингтоні, у 1960 році. У ній містилася рекомендація змінити вихідне рівняння Алларда таким чином, щоб воно узгоджувалося з формулою Блонделя-Рея для прямокутних проблiskів. Комітет СІЕ-ТС2-49 надав подальше підтвердження правильності методу, використовуючи дані, що спочатку були зібрані Шмідтом-Клаузенем. Зрештою, була вивчена робота, проведена Мандлером і Текером у 1986 році щодо повторюваних проблiskів, і за допомогою модифікованого рівняння Алларда була отримана добра кореляція з їх результатами.

У модифікованому методі Алларда, за умови що $I(t)$ –це негайна сила світла проблisku, ефективна інтенсивність визначається піком наступної згортки:

$$i(t) = I(t) \otimes q(t)$$

рівняння 14

Де:

$$q(t) = a/(a+t)^2$$

$a = 0,2$ для використання у нічний час.

Проблisk починається при $t = 0$. Ефективна інтенсивність I_e дається у якості пікового значення $i(t)$, таким чином

$$I_e = \max_{t_0 \leq t \leq t_1} \{i(t)\}$$

рівняння 15

Значення $q(t)$, $a/(a+t)^2$, показані на Рисунку 4 – це функція візуальної імпульсної реакції з модифікованого рівняння Алларда, нанесена на графік разом з вихідною функцією Алларда $\frac{t}{e^a}$.

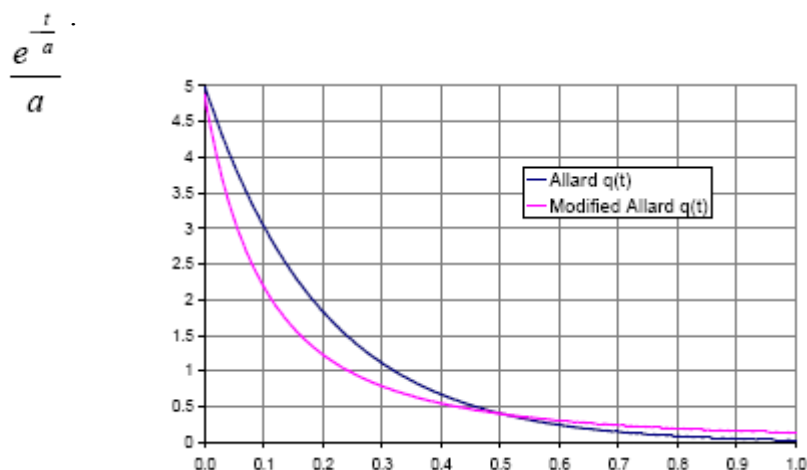


Рисунок 4 Функція візуального імпульсу Алларда та модифікованого рівняння Алларда

Згортка може бути отримана за допомогою підрахунку суми-добутків двох функцій, $I(t)$ та функція $q(t)$, а зворотна функція $q(t)$ рухається ближче відносно $I(t)$. Цей метод підходить для сукупності дискретних даних, отриманих за допомогою цифрованих вимірювань по даним проблisku з часовим розв'язанням та приводить до дискретного рівняння:

$$i(t_j) = \sum_{k=0}^N I(t_k) \cdot q(t_j - t_k)$$

Де:

$I(t)$ дискретизовано на $t_0, t_1, t_2, \dots, t_N$ на всю тривалість пробліску.

Функція комп'ютерної електронної таблиці 'SUMPRODUCT' (сума-добуток) може використовуватись для згортки $I(t)$ та переключення $q(t)$ функцій, для того щоб визначити ефективну інтенсивність виміряного профілю пробліску. Дискретні часові кроки мають бути однаковими для обох функцій.

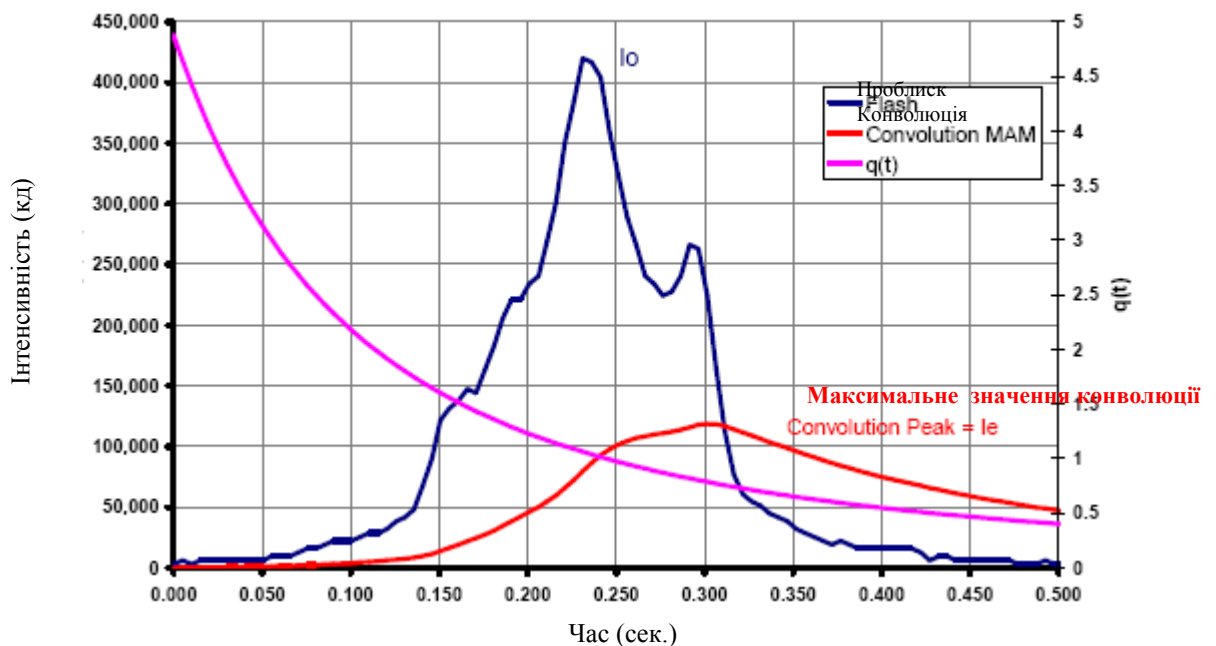


Рисунок 5 Профіль пробліску з отриманим значенням згортки за використання модифікованого методу Алларда

Значення ефективної інтенсивності – це максимальне значення згортки, таке що:

$$I_e = \max_{t_0 \leq t_j \leq t_N} \{i(t_j)\}$$

Переваги модифікованого методу Алларда:

- f. Він математично відповідає рівнянню Блонделя-Рея (та формфактора) для прямокутних імпульсів;
- g. Він підходить для серії імпульсів, з підтвердженням візуальними експериментальними даними [12], та обчислювальним аналізом;
- h. Немає відомих форм імпульсів будь-якої тривалості, для яких метод продукує аномальні результати;
- i. Метод може бути реалізований за допомогою аналогової схеми одиничного показання, без необхідності реєстрації та підрахунку форми коливання за допомогою комп'ютера.

7 ВИСНОВКИ

- Ефективна інтенсивність не є ідеальним методом для визначення ефективності пробліскового сигнального вогню на засобах навігаційного обладнання, але, за

Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

відсутності будь-яких інших підходящих методів, він може використовуватись для розрахунку оптичної відстані видимості такого світла, поки не будуть застосовуватись удосконалені методи;

- Модифікований метод Алларда (див. пункт 6.6) – це метод, рекомендований для визначення ефективної інтенсивності сигнального вогню на морських засобах навігаційного обладнання **будь-якого** профілю пробліску або профілів багаторазового пробліску за будь-якої частоти повторення;

- Методи Шмідта-Клаузена та Блонделя-Рея-Дугласа (див. пункти 6.1 та 6.5) можуть використовуватись для визначення ефективної інтенсивності **однократного пробліску** сигнального вогню на морських засобах навігаційного обладнання, за умови, що профіль пробліску є прямокутним, нео-прямокутним, трапецеїдальним або гауссіанським. Вони не повинні використовуватись, якщо профіль пробліску змінюється швидко, а також не використовуються для повторюваних проблісків, які миготять з частотою більшою, ніж 60 проблісків на хвилину;

- Метод Блонделя-Рея (див. пункт 6.5) може використовуватись для визначення ефективної інтенсивності **однократного пробліску** сигнальних вогнів на морських засобах навігаційного обладнання, **за умови**, що профіль пробліску є прямокутним. Він не повинен використовуватись для повторюваних проблісків, які миготять з частотою більшою, ніж 60 проблісків на хвилину;

- Якщо світло миготить постійно з частотою більшою за частоту злиття мигів (~60Гц), то, для моделювання дуже швидко повторюваних проблісків, необхідно застосовувати закон Тальбота-Плато;

- Якщо, і якщо тільки, можливо виміряти коливання миттєвої інтенсивності у часі, оцінка ефективної інтенсивності може розраховуватись за формулою Блонделя-Рея, $I_e = \frac{I_0 \times t}{a + t}$, використовуючи значення I_0 та t , розраховані за методами, визначеними у [20].

8 РЕЗЮМЕ

За відсутності відповідного методу підрахунку візуальної ефективності сигнальних вогнів на морських засобах навігаційного обладнання, національні члени та інші відповідні органи, що надають послуги із морських засобів навігаційного обладнання, можуть використовувати **ефективну інтенсивність** ритмічного світла для розрахунку ефективності наступним чином:

1 Для ритмічного світла будь-якого профілю пробліску та будь-якої частоти повторення пробліску, ефективна інтенсивність пробліску або проблісків має розраховуватись з використанням методу модифікованого рівняння Алларда.

2 Для **однократного пробліску** ритмічного світла, що має трапецеїдальний, нео-прямокутний або гауссіанський профіль пробліску, та у якому пробліски випромінюються з частотою до 60 проблісків на хвилину, ефективна інтенсивність може розраховуватись з використанням методу Блонделя-Рея-Дугласа або Шмідта-Клаузена.

3 Для **однократного пробліску** ритмічного світла, що має прямокутний профіль, та у якому пробліски випромінюються з будь-якою частотою до 60 проблісків на хвилину, ефективна інтенсивність може розраховуватись з використанням методу Блонделя-Рея.

4 Там де характер ритмічного світла включає різні пробліски або прояви світла, у якості ефективної інтенсивності має братися найменше із значень, отриманих з різних проблісків.

5 Якщо, та якщо тільки, можливо виміряти коливання миттєвої інтенсивності у часі, ефективна інтенсивність може розраховуватись за формулою Блонделя-Рея:

Рекомендація E-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

$$I_e = \frac{I_0 \times t}{a + t}$$

Де:

I_0 = це пікова миттєва інтенсивність протягом проблиску, розрахованого у відповідності до способу, описаного в [20]

t – це тривалість проблиску, розрахованого у відповідності до способу, описаного в [20]

$a = 0,2$ для діапазону у нічний час і $0,1$ – для діапазону денного часу

6 Для повторюваних проблисків з частотою вищою за частоту злиття мигів (~60Гц), що мають симулювати безперервне світло, ефект дуже швидко повторюваних проблисків має моделюватись за використання закону Гальбота.

7 Метод ефективної інтенсивності, що застосовується, має чітко зазначатися.

8 [18] може використовуватись для визначення оптичної дальності видимості отриманих під час розрахунків значень інтенсивності.

Там де інтенсивність була розрахована, а не отримана у результаті вимірювань, значення інтенсивності не повинно публікуватись, але повинно застосовуватись до Таблиці 1 із [18]. Найбільш заокруглене значення “номінального діапазону”, що відповідає введеному значенню інтенсивності, має публікуватись у якості номінального діапазону світла для нічного часу. Якщо номінальний діапазон для денного світла також потрібен, то таким же шляхом може використовуватись Таблиця 2 з [18].

9 ПОСИЛАННЯ

- [1] International Association of Lighthouse Authorities (I.A.L.A.), ‘Recommendation for the notation of luminous intensity and range of lights’, 16th November 1966.
- [2] International Association of Lighthouse Authorities (I.A.L.A.), ‘Recommendation for a definition of the nominal daytime range of maritime signal lights intended for the guidance of shipping by day’, April 1974.
- [3] IALA, Recommendations on the determination of the luminous intensity of a marine aid-to-navigation light, (1977).
- [4] Y. Ohno and D. Couzin, Modified Allard Method for Effective Intensity of Flashing Lights, Proc., CIE Symposium’02, Veszprem, Hungary, CIE x025:2003, 23-28 (2003).
- [5] Blondel A., ‘Théorie photométrique des projecteurs’, *L’Industrie Electrique*, no 46, 25 novembre 1893, pp. 517-520 et no 47, 10 décembre 1893, pp. 541-546.
- [6] International Commission on Illumination (C.I.E.), “International Lighting Vocabulary”, Publication No. 17 (E.1.1.), 3rd edition 1970.
- [7] Douglas C. A., ‘Photometer for measurement of effective intensity of condenser – discharge lights’, *Illuminating Engineering*, N. Y., Vol. LIII, No.4, April 1958, pp. 205-208.
- [8] Blondel A. et Rey J., ‘Sur la perception des lumières brèves à la limite de leur portée’ *Journal de Physique*, juillet et août 1911. Comptes rendus de l’Académie des Sciences, Paris, vol. CLIII, 3 juillet 1911, p. 54.
- [9] Douglas C. A., ‘Computation of the effective intensity of flashing lights’. *Illuminating Engineering*, N. Y., Vol. LII, No. 12, December 1957, pp. 641-646.
- [10] Allard E., ‘Mémoire sur l’intensité et la portée des phares’, 62-73, Imprimerie Nationale, Paris (1876).
- [11] IALA, Recommendations for the calculation of effective intensity of a rhythmic light, IALA Bulletin, 1981/2, 27 (1981).

Рекомендація E-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

- [12] M. B. Mandler and J. R. Thacker, A Method of Calculating The Effective Intensity of Multiple-Flick Flashtube Signals, U.S. Coast Guard Publication CG-D-13-86 (1986).
- [13] H.J. Schmidt-Clausen, The influence of the angular size, adaptation luminance, pulse shape, and light colour on the Blondel-Rey constant a , The Perception and Application of Flashing Lights, Proc., Intn. Symposium held at Imperial College, London, April 1971, Adam Hilger Ltd, London (1971).
- [14] CIE Technical Report CIE TC2-49 Draft 4.1, 'Measurement of Effective Intensity of Flashing Lights', July 22, 2008.
- [15] A.V. Luizov & K.N. Bulanova, 'Vision inertia as applied to the observation of navigation lights', Washington D.C., 1960.
- [16] A.K. Toulmin-Smith & H.N. Green, 'The fixed light equivalent of flashing lights'. Illuminating Engineer, December 1933.
- [17] International Association of Lighthouse Authorities (I.A.L.A.), 'Recommendations for the rhythmic characters of lights on aids to marine navigation', May 1979.
- [18] IALA Recommendation E-200-2 on Marine Signal Lights Part 2 - Calculation, Definition and Notation of Luminous Range (E200-2).
- [19] IALA Recommendation E-200-3 on Marine Signal Lights Part 3 – Measurement (E200-3).
- [20] IALA Recommendation E-200-5 on Marine Signal Lights Part 5 - Estimation of the Performance of Optical Apparatus (E200-5).

Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

ДОДАТОК 1 СИМВОЛИ

<i>Символ</i>	<i>Значення</i>	<i>Одиниця</i>
A	Часова константа у формулі Алларда для ефективної інтенсивності	с
a	Часова константа у формулі Блонделя-Рея для ефективної інтенсивності	с
C	Часова константа у методі формфактору для ефективної інтенсивності	C
E	Освітленість для ока спостерігача	лк
i	Миттєва інтенсивність	кд
I	Сила світла	кд
I ₀	Максимальне значення сили світла променя або проблиску	кд
I _e	Ефективна інтенсивність проблиску	кд
J	Інтегральна інтенсивність проблиску	кд.с
t	Тривалість проблиску	с

ДОДАТОК 2 ПОДАЛЬШЕ ПОЯСНЕННЯ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ АЛЛАРДА

Як уже згадувалося у пункті 6.6, модифікований метод Алларда для розрахунку ефективної інтенсивності досягається за допомогою математичної згортки. Цей процес може бути описаний краще за врахування дискретних даних, отриманих від вимірювання коливань інтенсивності за час з цифровим записуючим пристроєм. Далі показано профіль типового пробліску з обертового маяка, а разом з ним і візуальну функцію імпульсу.

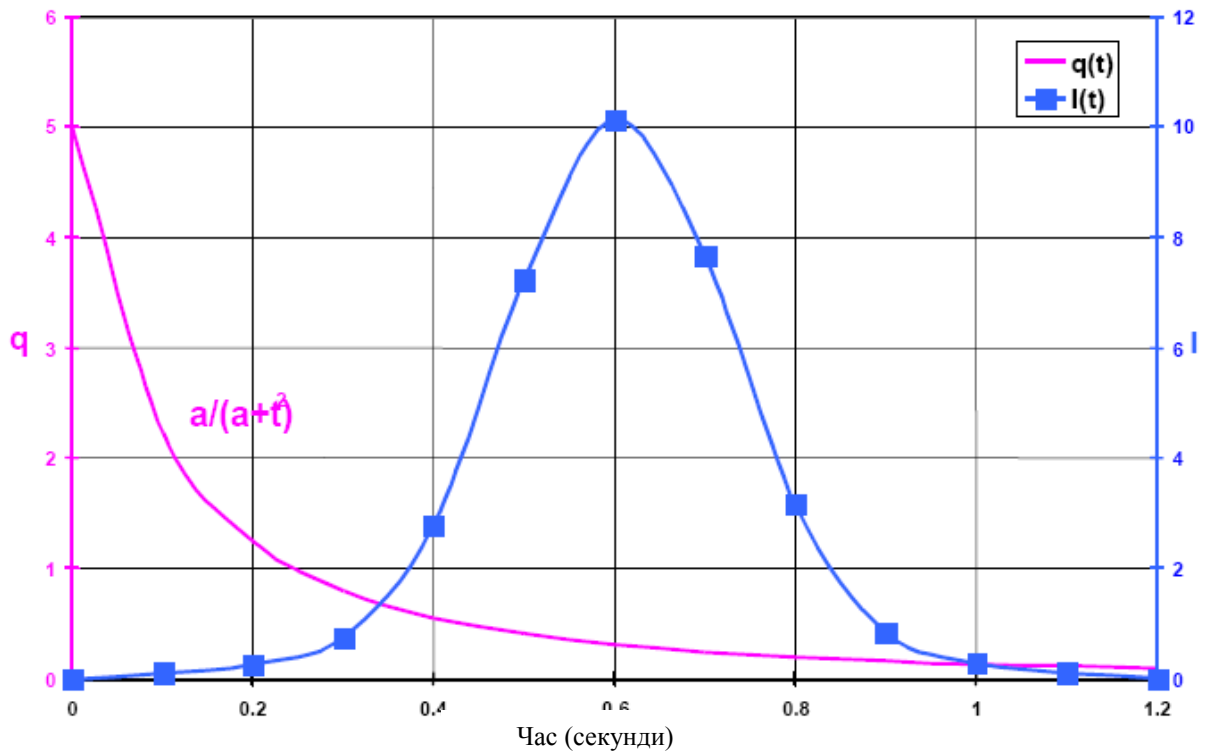
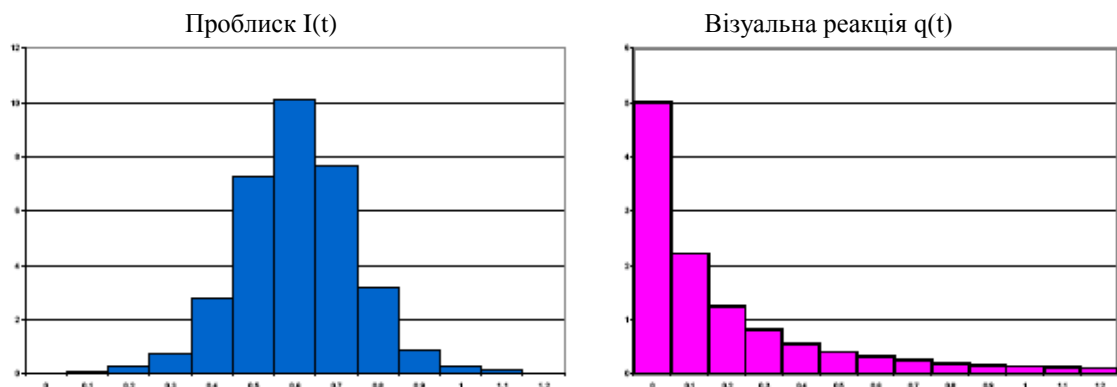


Рисунок 6 Графік нанесення інтенсивності відносно часу $I(t)$ та візуальної функції імпульсу $q(t)$.

Квадрати, відмічені на графіку нанесення значень – це моменти у часі, коли миттєва інтенсивність реєструвалась у цифровому форматі. І профіль пробліску, і візуальна функція мають бути чітко відображені на гістограмі, як дискретні величини.



Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
 Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
 Грудень 2008 року

Рисунок 7 Гістограми профілю пробліску $I(t)$ та функцією візуальної реакції $q(t)$

Згортка досягається переміщенням зворотної функції візуальної реакції окрім профілю пробліску, з урахуванням суми-добутку на кожному кроці:

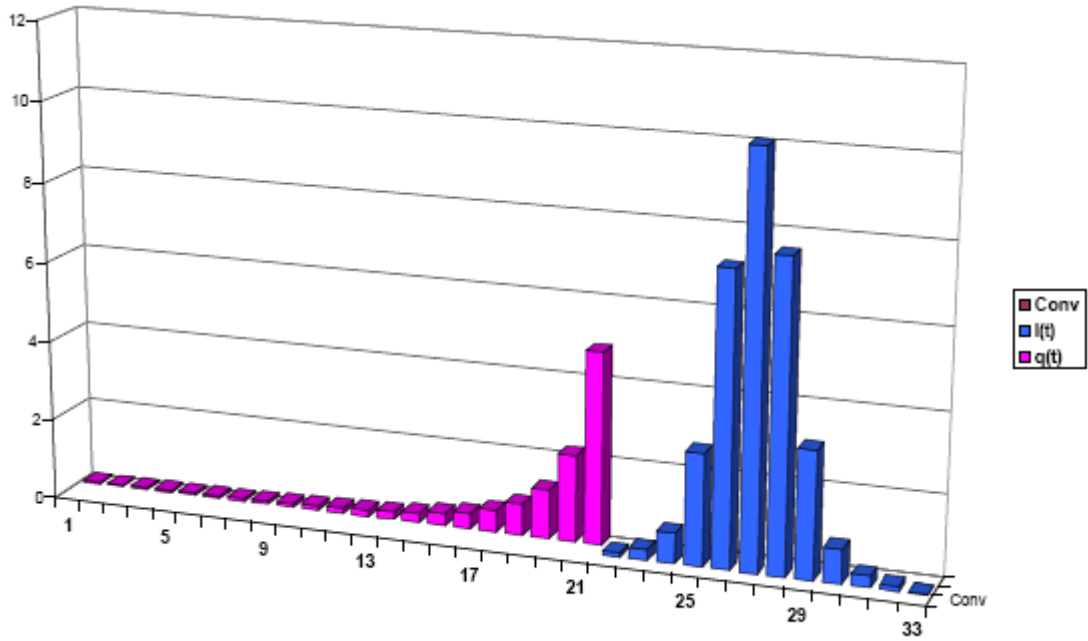


Рисунок 8 Згортка при $t = 0$

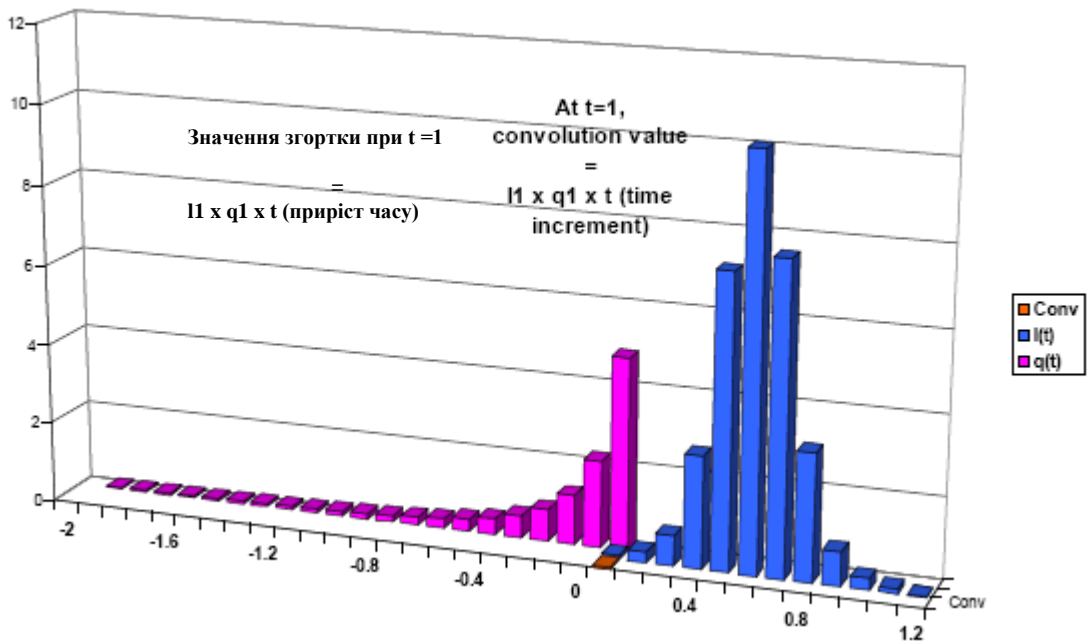


Рисунок 9 Згортка, при $t = 1$

На першому етапі, значення $q1$ візуальної функції реакції, множиться на значення $I1$ у профілі пробліску. Це значення отримується множенням відрізка часу у секундах для того, щоб знайти згорнуту величину, що дорівнює $t= 1$

Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
 Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
 Грудень 2008 року

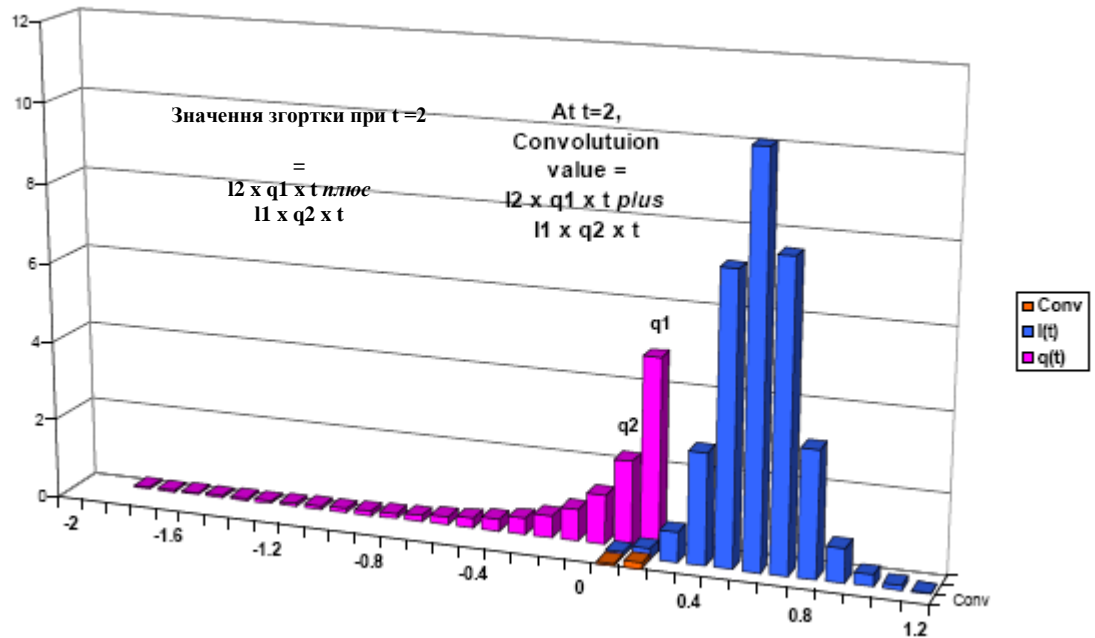


Рисунок 10 Згортка при $t=2$

Якщо $t=2$, значення множиться на значення 12, тоді на значення $q2$, а потім значення $q2$ множиться на 11. Обидва добутки потім додаються та множаться на часовий відрізок. Результат – це згорнуте значення для $t=2$.

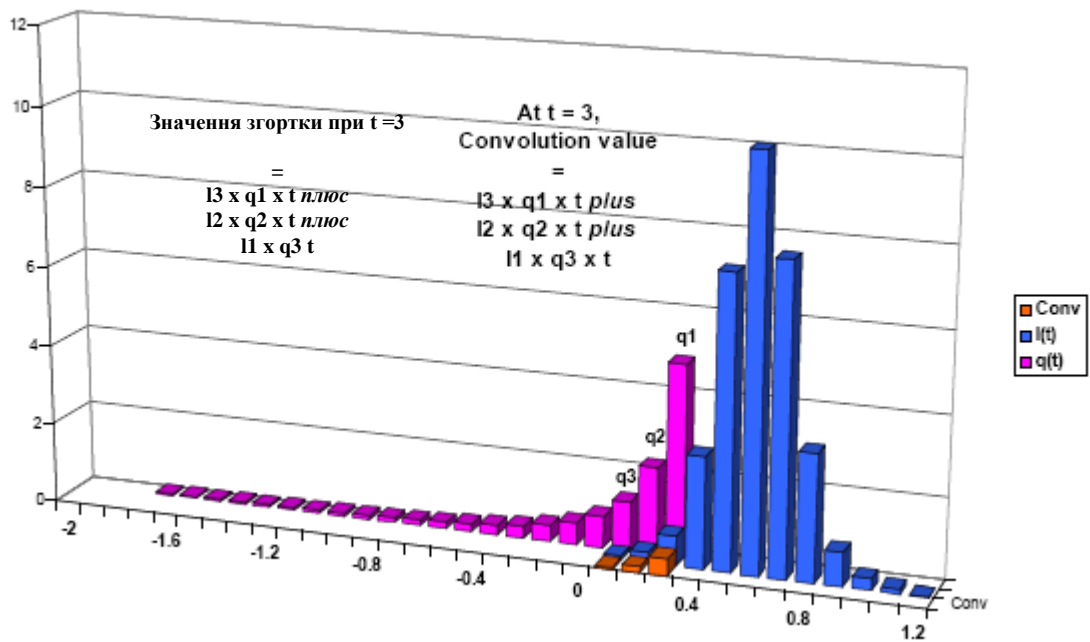


Рисунок 11 Згортка при $t=3$

Рекомендація Е-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

Якщо $t=3$ то значення q_1 множиться на значення 13, значення q_2 множиться на 12, а значення q_3 множиться на 11. Ці три добутки тоді додаються і множаться на часовий відрізок для отримання кінцевого згорнутого результату значення для $t = 3$.

Так як цей процес проходить по етапам (0-9), то можливо побачити, що з'являється графік згортки:

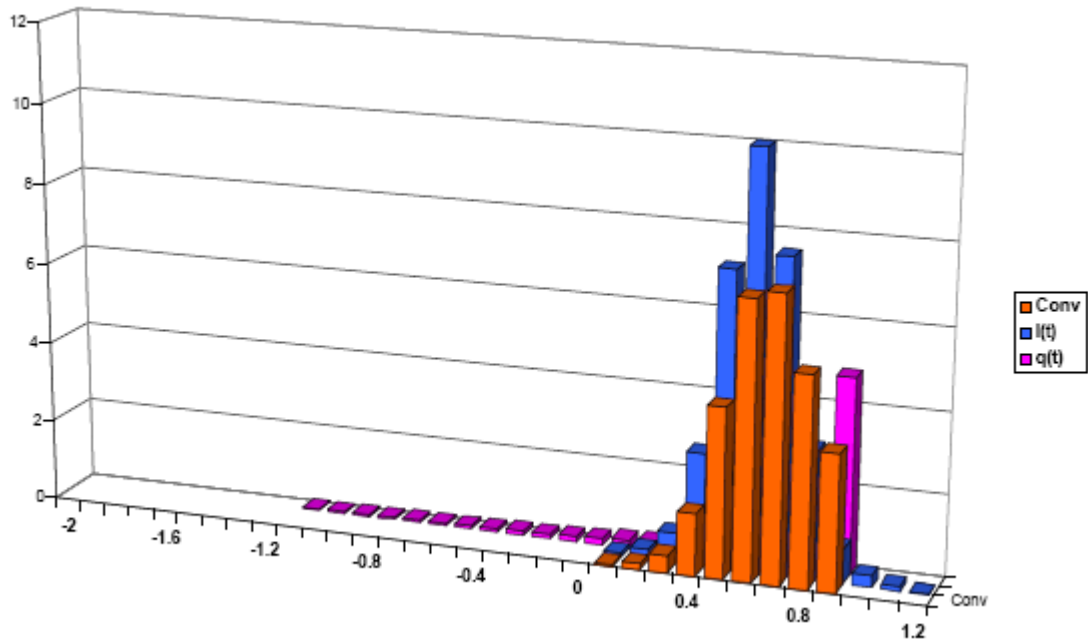


Рисунок 12 Згортка при $t=9$, що показує згорнуте максимальне значення при $t = 7$. Хоча й дуже наближено, гістограми відображають процес згортки у довільному форматі. Якщо повернутись до постійного формату, то пікове значення згортки можливо взяти у якості значення ефективної інтенсивності.

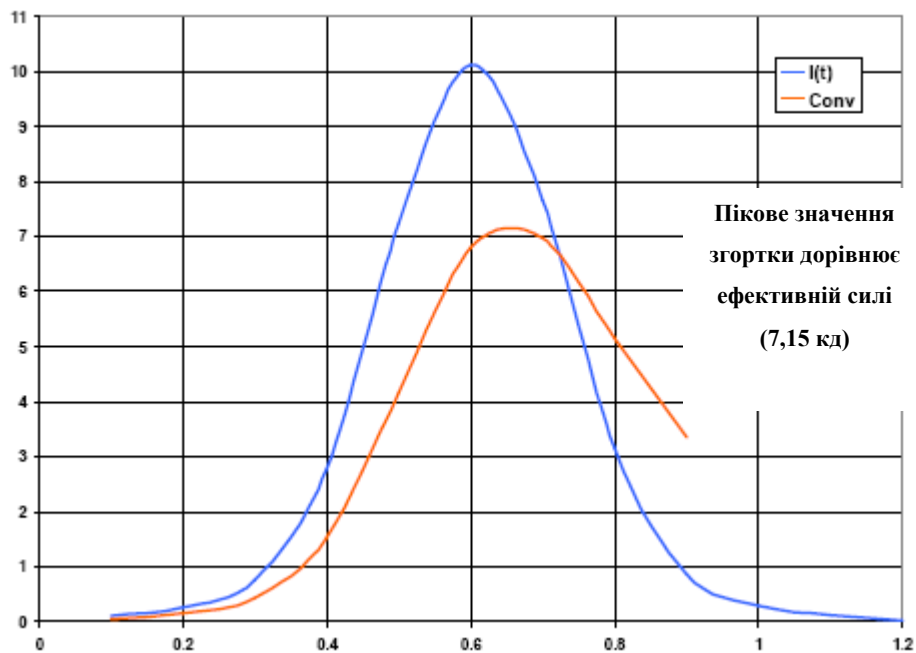


Рисунок 13 Безперервний графік профілю проблиску $t(t)$ та згортки

Рекомендація E-200-4 щодо морських сигнальних вогнів
Частина 4 – Визначення та обчислення ефективної інтенсивності
Грудень 2008 року

В динамічну таблицю вносяться дискретні значення профілю пробліску, зворотна функція візуального імпульсу та часові відрізки. Функцію «SUMPRODUCT» (сума-добуток) можна застосовувати для отримання значення згортки на кожному часовому відрізку. Для отримання значення ефективної інтенсивності, з отриманого згорнутого значення, показаного на кожному часовому відрізку, необхідно брати максимальне значення.