

## РІЧНИЙ ХІД АСТРОНОМІЧНОЇ ТРИВАЛОСТІ ІНСОЛЯЦІЇ ВЕРТИКАЛЬНИХ ПЛОЩИН РІЗНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ

Кундрат Т. М., к.т.н.

kundratt@i.ua, ORCID: 0000-0001-9345-3161

Літницький С. І., к.т.н., доцент

gavran88@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4962-7800

Пугачов Є. В., д.т.н., професор

rev1957@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4771-0942

Зданевич В. А.

vasyl.zdanevych@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9875-8463

Національний університет водного господарства та природокористування  
(Україна, м. Рівне)

***Анотація** – в статті розглянуто характерні криві річного ходу астрономічної тривалості інсоляції для вертикальних площин різної орієнтації на прикладі м. Сарни Рівненської області. Криві річного ходу тривалості інсоляції отримані шляхом моделювання в середовищі «MathCad». Наведені результати моделювання є показником максимального ресурсу інсоляції для вертикальної площини заданої орієнтації для місцевості даної широти. Отримані результати можна використати для визначення можливого опромінення площини чи для визначення тривалості інсоляції площини та її опромінення, зважаючи на імовірність сонячного сяяння в даній місцевості.*

***Ключові слова** – астрономічна тривалість інсоляції, річний хід астрономічної тривалості інсоляції, дні рівнодення, дні сонцестояння, опромінення вертикальної площини, кут орієнтації.*

**Постановка проблеми.** Сонцезахист та використання сонячної енергії в архітектурі потребують унаочнення астрономічної (можливої) тривалості інсоляції площин різної орієнтації та нахилу до площини горизонту в різні періоди року, зокрема, – на протязі всього року. Фасади будівель, як правило, є вертикальними площинами. Тому важливо саме для вертикальних площин різної орієнтації показати, як змінюється їх астрономічна тривалість інсоляції.

**Аналіз останніх досліджень.** Моделювання річного ходу астрономічної тривалості інсоляції похилої площини розглядалося в роботі [2]. Робота [1] присвячена визначенню можливого опромінення площини, робота [3] – визначенню тривалості інсоляції площини та її опромінення, зважаючи на імовірність сонячного сяяння в даній місцевості. В тезах [4]

розглядався річний хід астрономічної тривалості інсоляції похилих площин південної орієнтації різних кутів нахилу до площини горизонту.

**Формулювання цілей.** В цій роботі поставлена мета – візуалізувати річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальних площин різної орієнтації.

**Основна частина.** Астрономічна тривалість інсоляції площини – це час інсоляції в годинах, коли кожен день року є сонячним, а сама площина не затулюється іншими об'єктами, наприклад, деревами, будинками і спорудами, рельєфом. В такому випадку час інсоляції площини залежить лише від її орієнтації, кута нахилу до площини горизонту та широти місцевості. Астрономічна тривалість інсоляції є показником ресурсу інсоляції (максимальним значенням) для даної площини на даний день року.

В даній статті розглядаються характерні типи кривих річного ходу астрономічної тривалості інсоляції вертикальних площин різної орієнтації на прикладі м. Сарни Рівненської області, яке розташоване на широті 51,4 градуси. В ньому є актинометрична станція.

Вертикальна площина залежно від орієнтації та дня року може перетинати траєкторію Сонця один або два рази. Інший випадок – взагалі не перетинати, коли вона освітлюється в цей день від сходу до заходу Сонця над площиною горизонту. Якщо площина перетинає траєкторію Сонця один раз, то можна говорити про час сходу Сонця над площиною (час заходу Сонця за площину). Якщо два рази, – то і про час сходу над площиною і про час заходу за площину. В розробленій MathCad-програмі визначалася сумарна тривалість астрономічної інсоляції за кожен день року, зважаючи на можливі інтервали інсоляції. Координати Сонця обчислювались за відомими формулами [5].

На рис. 1 показаний річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини південної орієнтації ( $\theta = 0$  град, по горизонтальній осі – номер дня року від 1 до 365, по вертикальній – тривалість інсоляції в годинах). Як видно з рисунку, крива річного ходу інсоляції має два максимуми в дні рівнодення (тривалість інсоляції в ці дні – 12 год.) і локальний мінімум в день літнього сонцестояння (тривалість інсоляції в цей день – 9,29 год.). Дням весняного та осіннього рівнодення відповідають 81-й та 264-й дні року, а літньому сонцестоянню – 172-й. В дні рівнодення крива має дві точки злому.

На рис. 2 маємо річний хід астрономічної тривалості інсоляції для вертикальної площини, орієнтація якої (кут  $\theta$  між напрямом на південь та напрямом нормалі до площини, який відраховується до напрямку на схід) становить 15 градусів. Характер кривої змінився: в неї з'явилися дві похилі прямолінійні ділянки і, відповідно, чотири точки злому, проте збереглися два максимуми (105-й та 239-й дні року, тривалість інсоляції – 11,05 год.) та локальний мінімум в день літнього сонцестояння (тривалість інсоляції – 9,45 год.).

Рис. 3 ілюструє випадок, коли кут орієнтації дорівнює 30 градусам. Прямолінійні ділянки кривої збільшились, а максимуми тепер припадають на 134-й та 211-й дні року (тривалість інсоляції становить 10,36 год.), локальний мінімум дорівнює 9,34 год.

Характер кривої річного ходу тривалості інсоляції кардинально змінюється, коли кут орієнтації площини становить приблизно 39,6 град. (рис.4): зникають прямолінійні ділянки і точки злому, а два максимуми збігаються в один глобальний максимум, який припадає на день літнього сонцестояння (тривалість інсоляції становить 10,16 год.

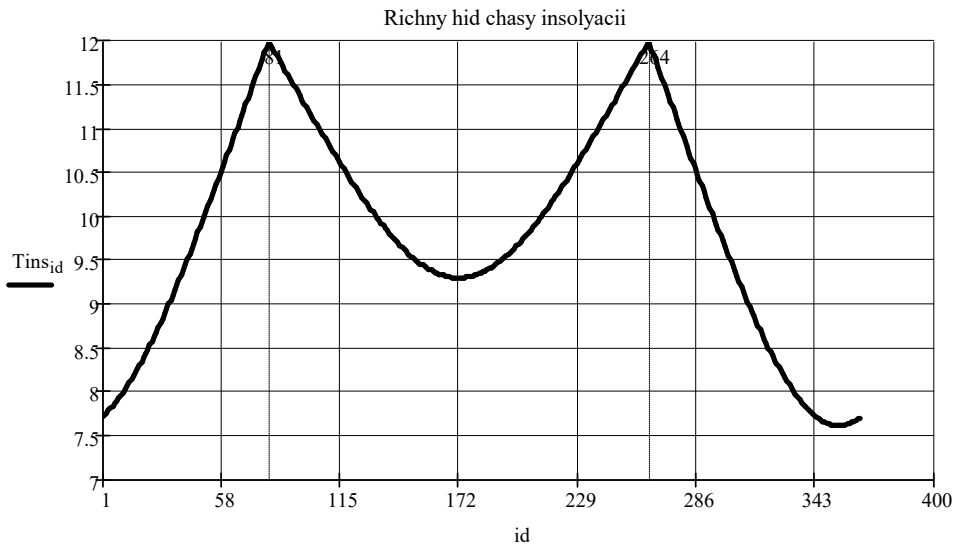


Рис. 1. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини південної орієнтації ( $\theta = 0$  град.)

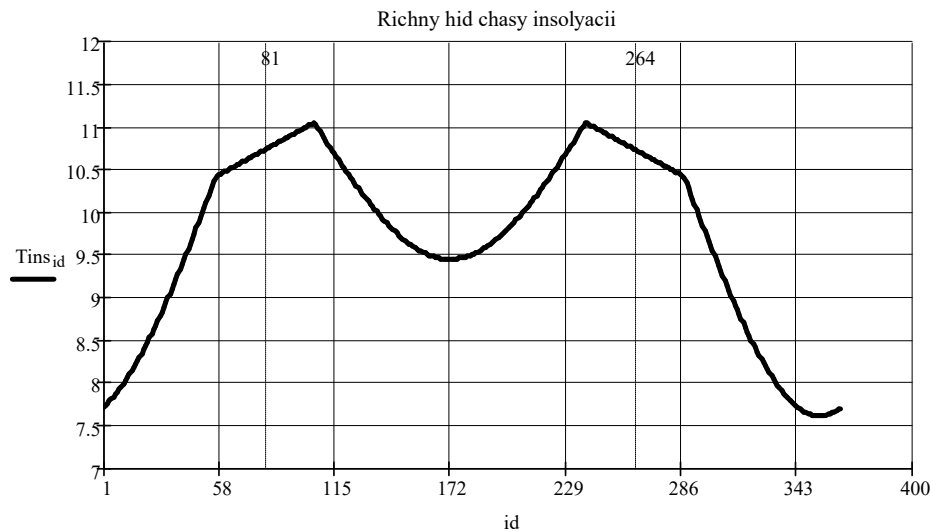


Рис. 2. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини (кут орієнтації становить  $\theta = 15$  град.)

Під час подальшого збільшення кута орієнтації приблизно до 141-го градусу характер кривої річного ходу інсоляції не змінюється (рис. 4, 5). Змінюються лише значення глобальних максимуму та мінімуму тривалості

інсоляції. Так, для площини, кут орієнтації якої становить 140 градусів, глобальний мінімум становить 0,03 год., а глобальний максимум – 6,24 год.

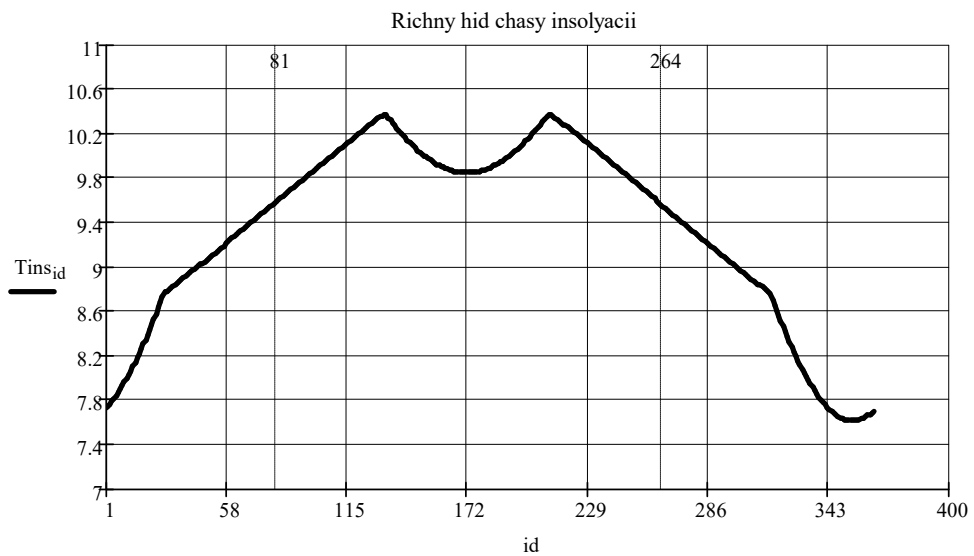


Рис. 3. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини (кут орієнтації становить  $\theta = 30$  град.)

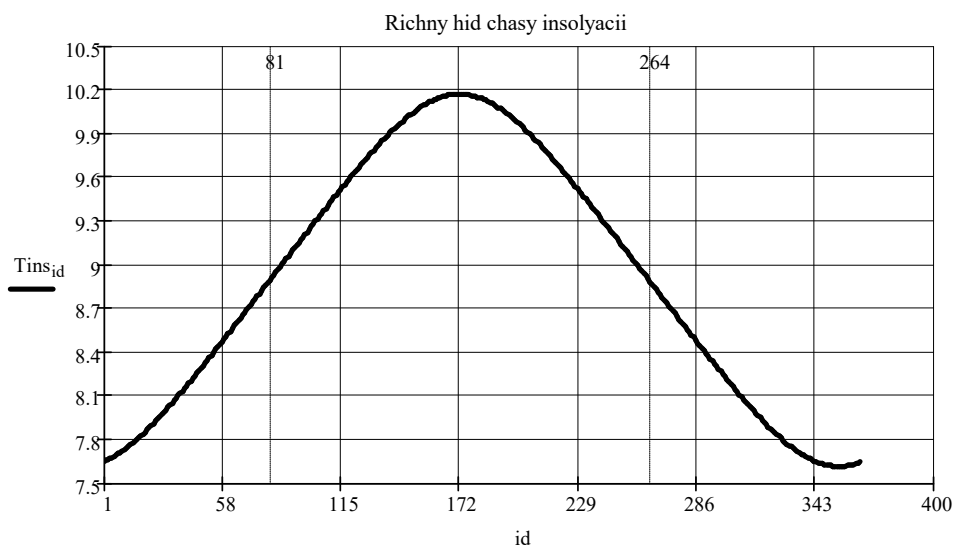


Рис. 4. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини (кут орієнтації становить  $\theta = 39,6$  град.)

На рис. 5. показано криву річного ходу інсоляції для площини з кутом орієнтації 90 градусів (площина зорієнтована на схід). Глобальний максимум дорівнює 8,19 год.

На рис. 6 показано річний хід тривалості інсоляції для площини з кутом орієнтації 150 градусів. Як бачимо, характер кривої знову змінився: з'явилися дні без інсоляції (відрізки горизонтальних прямих), нахилені

прямолінійні ділянки та чотири точки злому, але залишився один глобальний максимум (тривалість інсоляції становить 6,64 год.).

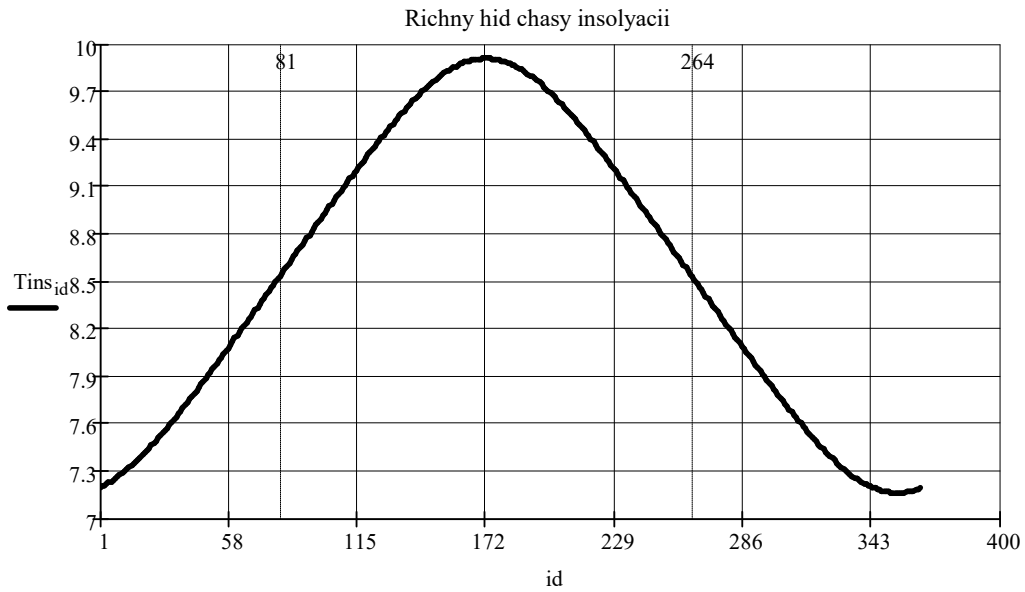


Рис. 4. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини (кут орієнтації становить  $\theta = 45$  град., площина зорієнтована південний схід)

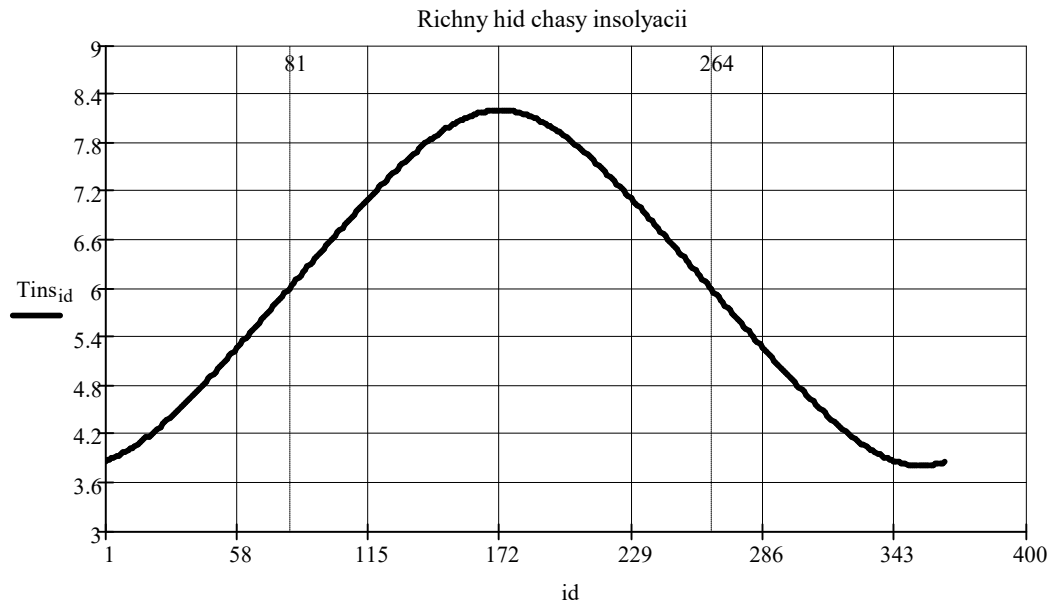


Рис. 5. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини (кут орієнтації становить  $\theta = 90$  град., площина зорієнтована схід)

На рис 7. показано річний хід тривалості інсоляції для вертикальної площини з кутом орієнтації 165 градусів. Горизонтальні прямолінійні ділянки збільшились, а похилі – зменшились. Глобальний максимум становить 6,93 год.

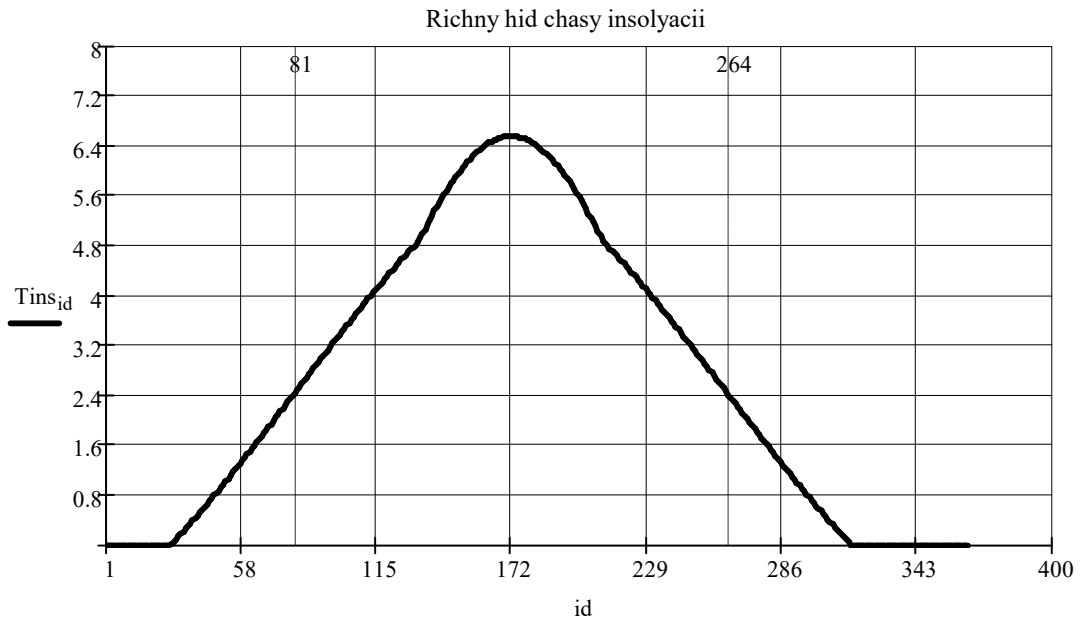


Рис. 6. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини (кут орієнтації становить  $\theta = 150$  град.)

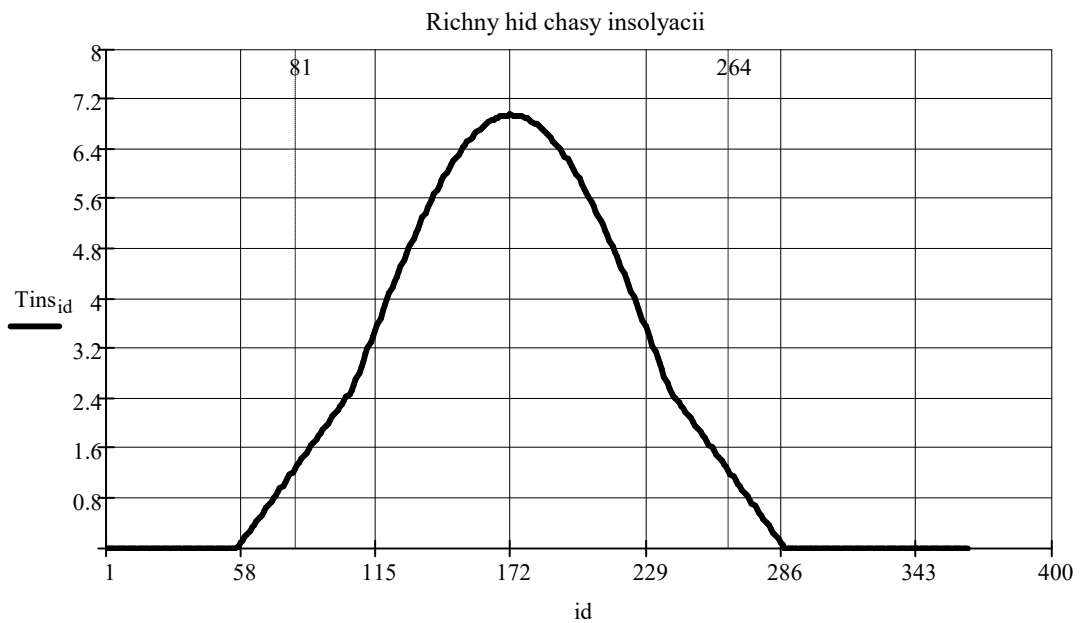


Рис. 7. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини (кут орієнтації становить  $\theta = 165$  град.)

На рис. 8 маємо річний хід тривалості інсоляції для площини, зорієнтованої на північ. Тепер дні без інсоляції тривають з початку року до дня весняного рівнодення, а потім з дня осіннього рівнодення до кінця року. Натомість похилі прямолінійні ділянки зникли. Глобальний максимум становить 7,08 год.

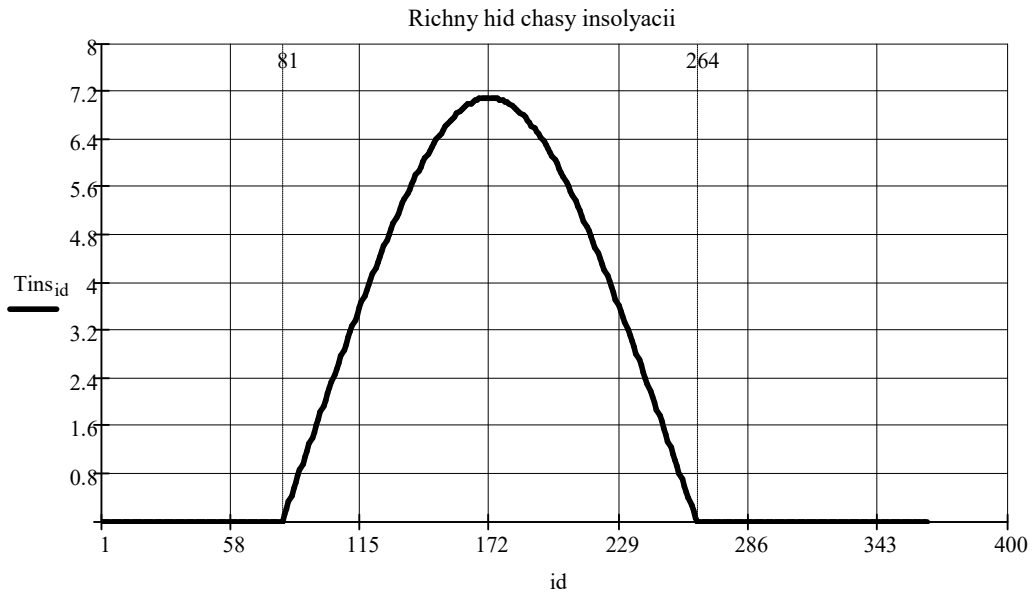


Рис. 8. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції вертикальної площини, зорієнтованої на північ (кут орієнтації становить  $\theta = 180$  град.)

**Висновок.** Отже, криві річного ходу тривалості інсоляції вертикальних площин мають показаний на рисунках 1-8 характер, який залежить від орієнтації площини. Однопараметрична множина таких кривих (параметр – кут орієнтації) утворює поверхню для даної широти місцевості.

### Бібліографічний список

1. Пугачов Є. В. Моделювання можливого опромінення від сонця. Сборник научных трудов Киевского национального университета технологий и дизайна. 2004. С. 135-140.
2. Пугачов Є. В. Моделювання річного ходу тривалості інсоляції похилої площини. Вісник НУВГП. 2005. Вип. 3 (31). С. 248-255.
3. Пугачов Є. В. Інсоляція та опромінення похилої площини з урахуванням імовірності сонячного сяяння. Вісник кийвського національного університету технологій та дизайну (спецвипуск). 2006. № 4 (30). С. 133-137.
4. Зданевич В.А., Кундрат Т.М., Літницький С.І., Пугачов Є.В. Річний хід астрономічної тривалості інсоляції південно орієнтованих площин різного кута нахилу до площини горизонту. Збірник тез доповідей Х V ІІІ-ї міжнародної науково-практичної конференції «ОБУХОВСЬКІ ЧИТАННЯ» з нагоди 98-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, академіка АН ВШ України, Обухової Віолетти Сергіївни (1926-2005), 28 березня 2024 року. С. 47-50.
5. Маркус Т. А., Моррис Э. Н. Здания, климат, энергия. Л. : Гидрометеоиздат, 1985. 544 с.