

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Ю.О. Васильєва

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з курсу

**«КОМП'ЮТЕРНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
У СВІЛОТЕХНІЦІ»**

*(для студентів і магістрів 5 курсу денної
та заочної форм навчання спеціальності
7.090605, 8.090605 – Світлотехніка і джерела світла)*



Харків – ХНАМГ – 2009

Конспект лекцій з дисципліни « Комп'ютерні інформаційні технології у світлотехніці» (для студентів і магістрів 5 курсу денної та заочної форм навчання спеціальності 7.090605, 8.090605– Світлотехніка і джерела світла)/
Укл.: Васильєва Ю.О.– Харків: ХНАМГ. – 2009. – 146с.

Укладач: к.т.н. Ю.О. Васильєва

Рекомендовано до друку кафедрою «Світлотехніка і джерела світла»,
протокол № 9 від 23 квітня 2009р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ЛЕКЦІЯ 1. Основні поняття про системи автоматизованого проектування освітлення	6
РОЗДІЛ 1. ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК	15
ЛЕКЦІЯ 2. САПР світлотехнічних систем для проектування освітлювальних установок	
ЛЕКЦІЯ 3. Загальні відомості про програму Europic	19
ЛЕКЦІЯ 4. Проектування освітлювальної установки внутрішнього приміщення в Europic	21
ЛЕКЦІЯ 5. Розрахунок кількісних і якісних показників освітленості для внутрішніх освітлювальних установок за допомогою програми Europic	24
ЛЕКЦІЯ 6. Розрахунок зовнішнього освітлення в програмі Europic. Вуличне освітлення (Street) CIE 30	27
ЛЕКЦІЯ 7. Розташування освітлювальних щогл при проектуванні освітлювальних установок спортивних споруджень.	31
ЛЕКЦІЯ 8. Візуалізація світлотехнічних розрахунків в DIALux.	42
ЛЕКЦІЯ 9. Світлотехнічний розрахунок освітленості і яскравості приміщень за допомогою програми DIALux.	47
ЛЕКЦІЯ 10. Проектування освітлювальної установки відкритого простору в CALCULUX	59
ЛЕКЦІЯ 11. Огляд функціональних можливостей програми "Формула Света"	62
ЛЕКЦІЯ 12. Проектування освітлювальної установки в програмі Light-in-Night	65
ЛЕКЦІЯ 13. Система комп'ютерної програми ElectricS Light для світлотехнічних розрахунків. Огляд деталей інтерфейсу.	72

ЛЕКЦІЯ 14. Реалістичне освітлення 3DS MAX. Формат IES. Правила формування файлу фотометричних даних по формату IES.	76
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ	88
ЛЕКЦІЯ 15. Комп'ютерне моделювання в середовищі Matlab	
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	93
ЛЕКЦІЯ 16. Комп'ютерне проектування освітлювальних приладів за допомогою програми TracePro	
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ І ДЖЕРЕЛ СВІТЛА	125
ЛЕКЦІЯ 17. Порівняльний аналіз основних САПР для оптичного програмного забезпечення	
ЛЕКЦІЯ 18. Програми для розрахунку оптичних систем світлодіодів	127
ЛЕКЦІЯ 19. Особливості розрахунку характеристик компактних люмінесцентних ламп у програмі LUMEN-COMPACT	136
ДОДАТКИ	137

ВСТУП

САПР – це аббревіатура, утворена від словосполучення «Система Автоматизованого Проектування». Такі системи надають можливість розробки виробів і створення креслень із застосуванням комп'ютера. Використовуючи пакет програм САПР, таких як AutoCAD, можна спроектувати виріб і виготовити документи-креслення.

Проектуванням називається процес реалізації ідеї у вигляді конкретного виробу або системи, що вимагає багаторазового вдосконалення самої ідеї. Традиційно в процесі проектування застосовують ескізи, креслення, малюнки, дво- і тривимірні моделі, дослідні зразки, а також проводять випробування і аналіз результатів. Паралельно створюють креслярську документацію, яку використовують для виробництва продукту, а потім зберігається в архівах.

САПР являє собою інструмент, застосовуваний для проектування і креслення. Хоча основне призначення САПР – підготовка точних завершених креслень і малюнків, його можна використати для створення грубих начерків. Ще один спосіб застосування САПР – конструювання дво- і тривимірних комп'ютерних моделей виробу або системи для подальшого аналізу й перевірки в інших програмах.

Звичайно матеріальний результат дії САПР – це креслення, виконані графобудівником або принтером, але це можуть бути й числові дані для використання в іншому пакеті програм або на іншому виробничому устаткуванні. Незалежно від мети, результуючі креслення або модель зберігаються у файлі САПР, що містить числові дані в двійковому вигляді й звичайно записується на магнітний або оптичний носій, такий як дискета, жорсткий диск, компакт-диски.

Переваги САПР

САПР має ряд переваг над іншими засобами проектування. Це:

1. Точність.
2. Ощадлива витрата часу при виконанні повторюваних операцій.
3. Можливість використання файлу САПР іншими програмами.
4. Точність

Оскільки технологія САПР заснована на використанні комп'ютерів, це забезпечує більшу точність, ніж старі традиційні методи проектування й креслення. При кресленні в системі САПР графічні елементи (лінії, дуги, окружності) зберігаються у файлі САПР у вигляді числових даних. САПР зберігає числові дані з високою точністю. Наприклад, AutoCAD зберігає значення із чотирнадцятьма значущими цифрами. Значення 1 записується так: 1,00000000000000. Подібна форма запису забезпечує створення креслень і малюнків з максимальною точністю практично в кожному разі.

ЛЕКЦІЯ 1

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ

Збільшення продуктивності праці розробників нових виробів, скорочення строків проектування, підвищення якості розробки проектів – найважливіші проблеми, вирішення яких визначає рівень прискорення науково-технічного прогресу суспільства. Розвиток систем автоматизованого проектування (САПР) спирається на міцну науково-технічну базу. Це сучасні засоби обчислювальної техніки, нові способи подання і обробки інформації, створення нових, чисельних методів вирішення інженерних завдань і оптимізації. Системи автоматизованого проектування дають можливість на основі новітніх

досягнень фундаментальних наук відпрацьовувати й удосконалювати методологію проектування, стимулювати розвиток математичної теорії проектування складних систем і об'єктів. У даний час створені й застосовуються в основному засоби й методи, що забезпечують автоматизацію рутинних процедур і операцій, таких як підготовка текстової документації, перетворення технічних креслень, побудова графічних зображень, розрахунок параметрів освітлювальних установок і т.д.

1. Поняття про системи CAD/CAM/CAE (наскрізні САПР)

Наскрізні системи – це всеосяжний набір засобів для автоматизації процесів і технологічної підготовки виробництва, а також різних об'єктів промисловості. Системи містять у собі повний набір промислово адаптованих і програмних модулів, які довели свою ефективність, функціонально охоплюючи аналіз і створення креслень, підготовку виробництва на всіх етапах, а також забезпечують високу функціональну гнучкість усього циклу виробництва.

Дані системи дозволяють виконувати розробку найскладніших технічних виробів: джгути електропроводки, деталі із пластмаси, відбивачі освітлювальних приладів, різні механічні конструкції. Це досягається за допомогою єдиного набору програмних засобів, що задовольняють спеціальним вимогам виробництва.

Системи являють собою не просто об'єднаний набір окремих програмних рішень, а цілісну інтегровану систему взаємозалежних інструментальних модулів, здатних функціонувати на різних технічних платформах, взаємодіяти з іншим виробничим устаткуванням, обробляти дані, отримані шляхом досягнення розробок новітньої технології.

Системи CAD/CAM/CAE дозволяють у масштабі цілого підприємства логічно зв'язувати всю інформацію про виріб, забезпечувати швидку обробку й доступ до неї користувачів, які працюють у різнорідних системах.

Так само вони підтримують технологію паралельного проектування й функціонування різних підрозділів, що погоджено виконують у рамках єдиної комп'ютерної моделі операції проектування, зборки, тестування виробу, підготовку виробництва й підтримку виробу протягом усього його життєвого циклу.

Створювана системою модель ґрунтується на інтеграції даних і являє собою повний електронний опис виробу, де присутня як конструкторська, технологічна, виробнича, так і інші бази даних на виріб. Це забезпечує значне поліпшення якості, зниження собівартості й скорочення строків випуску виробу на ринок.

Кожну систему розробляють, керуючись завданнями об'єднання і оптимізації праці розробників і застосовуваних при цьому технологій у масштабах усього підприємства для підтримки даною системою стратегії автоматичного проектування.

2. Класифікація ЕОМ

Технічні засоби й загальне системне програмне забезпечення є інструментальною базою САПР. Вони створюють фізичне середовище, в якому реалізуються інші види забезпечення САПР. Інженер, взаємодіючи з цим середовищем і вирішуючи різні завдання проектування, здійснює автоматичне проектування технічних об'єктів. Технічні засоби й загальне програмне забезпечення у процесі проектування виконують і вирішують такі завдання:

- а) ввід вихідних даних опису об'єкта проектування;
- б) відображення введеної інформації з метою її контролю і редагування;
- в) перетворення інформації;
- г) зберігання і оперативне спілкування проектувальника з системою; та багато інших функцій.

Для вирішення цих завдань технічні засоби САПР повинні містити процесори, оперативну пам'ять, зовнішні запам'ятовуючі пристрої, пристрої вводу-виводу інформації, технічні засоби машинної графіки та деякі інші пристрої. На сьогоднішні існує багато різноманітних ЕОМ. Основні технічні характеристики, за якими ЕОМ розділені на групи – це продуктивність, ємність оперативного запам'ятовуючого пристрою, пропускна здатність підсистеми вводу-виводу інформації, надійність функціонування та ін.

ЕОМ, використовувані в САПР, можна розділити на дві групи: 1) *універсальні загального призначення*; 2) *спеціалізовані*.

Спеціалізовані ЕОМ призначені для вирішення вузького кола завдань проектування конкретних технічних об'єктів. Можна умовно розділити ЕОМ на групи за ціною/продуктивністю, але швидкий прогрес в області розробки обчислювальної техніки розмиває цю границю, перетворюючи сьогоднішню супер-ЕОМ у простий калькулятор.

Розділяють обчислювальні машини на супер-ЕОМ, ЕОМ високої продуктивності й ЕОМ середньої продуктивності, вони використовуються в основному для вирішення складних обчислювальних завдань (наприклад, моделювання, параметричної оптимізації і т.п.); міні-ЕОМ є основою для створення типових проблемно-орієнтованих комплексів; персональні ЕОМ призначені для поточної повсякденної роботи інженера; мікро-ЕОМ одержали велике поширення, оскільки легко вбудовуються в різні пристрої САПР.

На початку 90-х років у нашу країну хлинув великий потік закордонної обчислювальної техніки, відбувся різкий стрибок у розвитку вітчизняного ринку комп'ютерної і оргтехніки. Нам стали доступні сучасні досягнення у світі Hardware, Software, Multimedia. Так, маючи кошти, можна без зайвих зусиль придбати ЕОМ будь-якого класу й будь-якої конфігурації. Принцип відкритої архітектури, уперше використовуваний фірмою ІВМ, зробив найпоширеніші ІВМ-сумісні комп'ютери. За класами їх можна підрозділити на *офісні комп'ютери, мережеві робочі станції, графічні станції, файлові*

сервери, відео-сервери, комп'ютери мультимедіа, Desktop, Laptop.

Представники кожної групи мають різні технічні характеристики.

Ці невеликі на вигляд машини несуть у собі величезний обчислювальний потенціал, що знайшов застосування в системах автоматизованого проектування, анімації, банківської справи, освіти та в багатьох інших сферах. Так, Cray Research – єдина компанія, що випускає обчислювальну техніку для наукових високопродуктивних обчислень. Сучасні дорогі ЕОМ містять по кілька десятків і навіть сотень процесорів (наприклад, MasPar MP-2 має 16000 процесорів) досягаючи при цьому пікової продуктивності в кілька сотень Мфлоп. Прості ж ЕОМ містять звичайно один процесор (процесори умовно підрозділяють на покоління, наприклад, 286, 386, 486, 586 "Pentium"), небагато мегабайт оперативної пам'яті (звичайно вона нарощується), жорсткий диск (постійний запам'ятовувальний пристрій – "вінчестер", ємкість від декількох Мб до декількох Гбайт), адаптери відео-, мульти- та ін. (для підтримки роботи різних пристроїв, таких як монітор, вінчестер і т.д.). Всі перераховані пристрої встановлюють на материнську плату, до неї від блоку живлення подається електрична енергія і ЕОМ може працювати. Це звичайно не повний склад комп'ютера (насправді він набагато складніший), але цього досить, щоб уявити собі його сутність.

3. Організаційне забезпечення САПР

Стандарти із САПР вимагають виділення як самостійної компоненти організаційного забезпечення, що містить у собі положення, інструкції, накази, штатні розклади, кваліфіковані вимоги та інші документи, які регламентують організаційну структуру підрозділів проектної організації і взаємодію підрозділів з комплексом засобів автоматизованого проектування. Функціонування САПР можливе тільки при наявності й взаємодії перерахованих нижче засобів:

а) математичного забезпечення;

- б) програмного забезпечення;
- в) інформаційного забезпечення;
- г) технічного забезпечення;
- д) лінгвістичного забезпечення;
- е) методичного забезпечення;
- ж) комплектування підрозділів САПР професійними кадрами.

Коротко розглянемо із призначенням кожного компонента засобів САПР.

Математичне забезпечення САПР. Основа – це алгоритми, за якими розробляється програмне забезпечення САПР. Серед різноманітних елементів математичного забезпечення є інваріантні елементи-принципи побудови функціональних моделей, методи числового вирішення алгебраїчних і диференціальних рівнянь, постановки екстремальних завдань, пошуки екстремуму. Розробка математичного забезпечення є найскладнішим етапом створення САПР, від якого найбільшою мірою залежать продуктивність і ефективність функціонування САПР у цілому.

Програмне забезпечення САПР. Програмне забезпечення САПР являє собою сукупність усіх програм і експлуатаційної документації до них, необхідних для виконання автоматизованого проектування. Програмне забезпечення (ПЗ) ділиться на загальносистемне й спеціальне (прикладне) ПЗ. Загальносистемне ПЗ призначене для організації функціонування технічних засобів, тобто для планування і керування обчислювальним процесом, розподілу наявних ресурсів, воно представлено різними операційними системами. У спеціальному ПЗ реалізується математичне забезпечення для безпосереднього виконання проектних процедур.

Інформаційне забезпечення САПР. Основу становлять дані, якими користуються проектувальники в процесі проектування безпосередньо для вироблення проектних рішень. Ці дані можуть бути представлені у вигляді тих або інших документів на різних носіях, які містять відомості довідкового

характеру про матеріали, параметри елементів, відомості про стан поточних розробок у вигляді проміжних і остаточних проектних рішень.

Технічне забезпечення САПР. Це створення й використання ЕОМ, графобудівників, оргтехніки й усіляких технічних пристроїв, що полегшують процес автоматизованого проектування.

Лінгвістичне забезпечення САПР. Основу становлять спеціальні мовні засоби (мови проектування), призначені для опису процедур автоматизованого проектування й проектних рішень. Основна частина лінгвістичного забезпечення – мови спілкування людини з ЕОМ.

Методичне забезпечення САПР. Під методичним забезпеченням САПР розуміють вхідні в її склад документи, що регламентують порядок її експлуатації. Причому документи, що відносяться до процесу створення САПР, не входять до складу методичного забезпечення. В основному документи методичного забезпечення мають інструктивний характер, і їхня розробка є процесом творчим.

Комплектування підрозділів САПР професійними кадрами.

Цей пункт пропонує комплектування підрозділів САПР професійно грамотними фахівцями, які мають навички й знання для роботи з перерахованими вище компонентами САПР. Від їхньої роботи залежатиме ефективність і якість роботи всього комплексу САПР (може, навіть усього виробництва).

5. САПР плазово-шаблонних робіт.

Раніше в машинобудівному виробництві всі складні деталі виготовляли плазово-шаблонним методом. Із впровадженням обчислювальних засобів, таких як великі, малі й мікро-ЕОМ, креслярські автомати, верстати з ЧПК, з'явилася можливість відмовитися від цього трудомісткого з багатьма недоліками методу виробництва. На його зміну прийшов розрахунково-плазовий метод – це комбінований спосіб ув'язування, більш прогресивний, ніж плазово-шаблонний метод, але який ще не досяг комплексної

автоматизації. Розрахунково-плазовому методу (РПМ) властиві всі риси майбутнього методу автоматизованого формоутворення: широке застосування математичного апарату, комплексна нормалізація і типізація конструкторського й технологічного процесів, їхнє природне сполучення і розвиток, широке використання різних за потужністю обчислювальних засобів і обладнання з ЧПК у всіх ланках основного виробництва і його підготовки. З іншого боку, цілі групи елементів конструкції і оснащення при цьому методі проектують, погоджують і виготовляють за традиційною, але модернізованою технологією плазово-шаблонного методу.

Сутність РПМ полягає в такій побудові системи конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, при якій забезпечується єдність вихідної інформації, використовуваної в процесі проектування керуючих програм обробки деталей на верстатах з ЧПК, з одного боку, і при створенні плазово-шаблонного і об'ємного оснащення, з іншого. Це досягається:

а) розробкою і застосуванням єдиної вихідної геометричної інформації у вигляді математичних, інформаційних і графічних моделей колективного користування;

б) більш повним встановленням розмірів на кресленнях із записом у них відомостей, необхідних і достатніх для однозначного їхнього читання різними виконавцями;

в) впровадженням широко варійованої схеми паралельно-послідовного формоутворення об'єктів виробництва і їхнього геометричного ув'язування, що дозволяє погоджувати форми й розміри деталей у процесі їхнього паралельного виготовлення різними способами.

Особливості проектування і завдання поверхонь при РПМ полягає насамперед у широкому застосуванні для цих цілей сучасних обчислювальних і технічних засобів, що дозволяє видати у виробництво будь-яке число точних і повноцінних за обсягом інформації розрахункових таблиць. Важливою ланкою процесу формоутворення деталей є ув'язування поверхонь, що являє собою їхнє взаємне узгодження за геометричними

параметрами. Ув'язування є одним з основних факторів моделювання геометричних об'єктів, що забезпечують одержання правильної інформації. Графоаналітичне ув'язування при РПМ є найпоширенішим і раціональним способом узгодження форм і розмірів елементів конструкцій. При розрахунково-плазовому методі важливим джерелом узгодження ділянок поверхонь, які стикаються, є інформаційні моделі. Інформаційну модель звичайно представляють у вигляді таблиці координат точок та інших геометричних параметрів. При РПМ широко використовується можливість одержання з ЕОМ і розрахункових таблиць, і керуючої інформації для креслення геометричної моделі на креслярському інструменті. При розрахунково-плазовому методі скорочується загальне число операцій з переносу форм і розмірів, тим самим зменшуються втрати точності, неминучі при графічних і візуальних способах передачі й оцінки геометричної інформації. Крім того, автоматизується процес виготовлення основних обводоутворюючих шаблонів на базі математичних моделей, ЕОМ і верстатів з ЧПК, що також скорочує кількість допоміжного оснащення. Точність виготовлення шаблонів, якість їхнього взаємного ув'язування все більше залежать від об'єктивних факторів, що піддаються обліку і регулюванню.

РПМ створює широкі перспективи для автоматизації технологічних процесів не тільки в області підготовки виробництва, але й у сфері основного виробництва – заготівельного, складального й, особливо, механообробці. При РПМ технічний і економічний ефекти досягаються завдяки:

- а) скороченню строків підготовки виробництва;
- б) зменшенню технологічного циклу виготовлення дослідних і серійних деталей;
- в) підвищенню якості ув'язування й точності відтворення зовнішніх форм всіх елементів каркасу;
- г) поліпшенню геометричної взаємозамінності деталей і вузлів агрегата.

Скорочення строків підготовки виробництва й зменшення виробничого циклу обумовлюється не тільки застосуванням високопродуктивного

устаткування, але й можливістю заздалегідь, ще до запуску чергового виробу, провести велику роботу з підготовки прикладного програмного забезпечення. Поряд з перерахованим вище, впровадження розрахунково-плазового методу дозволяє одержати також інші позитивні результати:

- а) послідовна ліквідація важких робіт і скорочення частки фізичної праці в процесі підготовки основного виробництва;
- б) стирання границь між фізичною і розумовою працею, що знаходить вираження в появі змішаних спеціальностей, наприклад, інженера-наладчика, техніка-оператора та ін.;
- в) різнобічний інтелектуальний розвиток робітника, зайнятого обслуговуванням новітньої програмно-керованої і електронно-обчислювальної техніки;
- г) створення більш високої культури виробництва, кращих умов праці на ділянках, оснащених новим автоматичним обладнанням.

Однією з характерних рис РПМ є можливість широкої кооперації на всіх стадіях проектування і виробництва нових зразків техніки, а також гнучкість, можливість широко варіювати організацію технологічного процесу з метою максимального використання виробничих потужностей і в першу чергу – сучасного устаткування з ЧПК.

РПМ є сполучною ланкою між двома різними принципами формоутворення й базою для послідовного переходу від традиційного, але застарілого плазово-шаблонного методу до методу автоматизованого формоутворення.

ЛЕКЦІЯ 2

САПР світлотехнічних систем

Глобальний розвиток обчислювальної техніки призвів до вдосконалення інструментальної бази САПР і появи нових систем комп'ютерного проектування в різних областях виробництва. Цей розвиток не обійшов і світлотехніку. В

останні десятиліття XX ст. з'явився цілий ряд спеціалізованих світлотехнічних програм, призначених для полегшення роботи проектувальника, який розроблює освітлення. У даний час існує достатня кількість світлотехнічних програм, які надійно закріпилися на ринку програмного забезпечення. З їхнього числа можна виділити наступні: Europic, DIALux, Calculux, Oxy Tech, Brilux, Tulight, Ekalux, Light Scape та ін. Ринок світлотехнічного ПО склався таким чином, що лідируючі виробники світлотехнічного устаткування є одночасно виробниками програм автоматизованого проектування освітлення. Серед них можна виділити фірми Osram (Calculux), GE (Europic), Philips (DIALux). Незважаючи на загальні завдання, розв'язувані в САПР світлотехнічних систем, кожна з перерахованих програм має свої відмінності, і вибір проектувальника буде залежати від таких факторів, як: рід розв'язуваного завдання, характер одержуваних характеристик на виході програми, ліцензійність ПО та ін. Тому світлотехніку корисно ознайомитися з як можна більшою кількістю програм, що дозволить полегшити завдання ухвалення рішення на передпроектному етапі. Світлотехнічні програми дозволяють проектувати освітлення як внутрішніх так і зовнішніх об'єктів. Вбудовані в програми каталоги світлотехнічного устаткування найчастіше прив'язані до продукції фірми-виробника, і використання устаткування інших виробників звичайно не доступне. Ця обставина обмежує використання багатьох світлотехнічних програм, таких як DIALux.

У більшості випадків САПР має ряд переваг перед іншими засобами проектування. Це:

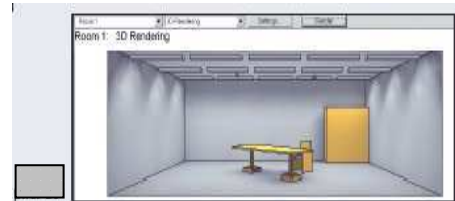
1. Точність.
2. Ощадлива витрата часу при виконанні повторюваних операцій.
3. Можливість використання файлу САПР іншими програмами.

Існує безліч комп'ютерних програм для розрахунку освітлення.

Безкоштовні програми

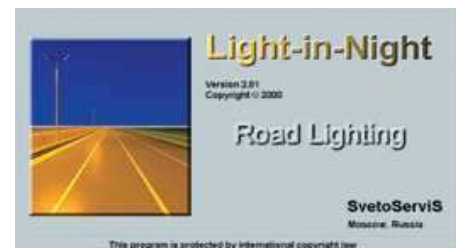
"DIALux"

Програма "DIALux" – безумовний лідер за своїми можливостями серед усіх безкоштовних програм. Ця чудова й популярна серед світлодизайнерів програма призначена для проектування як внутрішнього, так і зовнішнього освітлення. Є можливість тривимірної візуалізації, причому все виглядає досить якісно. Дуже простий інтерфейс. В середньому, без сторонньої допомоги на освоєння навичок роботи із програмою (при базовому знанні світлотехніки) йде півгодини. Більшість виробників світлотехнічної продукції в усьому світі мають свої бази даних світильників для роботи з програмою.



"Light-in-Night"

Російська комп'ютерна програма «Light-in-Night» (Road) призначена для розрахунку дорожнього, вуличного й паркового освітлення. Програма базується на вітчизняній методології розрахунку світлотехнічних параметрів, вітчизняній нормативній базі і яскравісних характеристиках дорожніх покриттів. Використовувана в програмі база даних світлових приладів ґрунтується на освітлювальних приладах, що випускаються Лихославльським заводом світлотехнічних виробів «Світлотехніка» і Московським дослідним світлотехнічним заводом (МДСЗ).



"Формула Света"

Російська програма, призначена для розрахунку необхідної кількості світильників внутрішнього освітлення. Програмне забезпечення повністю безкоштовне, але підлягає обов'язковій реєстрації.

"Ulysse"

Програма Ulysse v.1 розроблена в дослідницькому центрі компанії Шредер у Великобританії. Програма призначена для проведення розрахунків освітленості і яскравості "точковим методом". Основні можливості програми – розрахунок автомобільних доріг, розрахунок приміщень (цехів, складів, спортивних залів та ін.), розрахунок відкритих територій. Результатом розрахунків є: схема розміщення світильників на заданій площі; показники яскравості, освітленості, а також ізолінії.

"Faellite"

Програма для розрахунку прожекторного освітлення. Дозволяє робити розрахунки освітленості з використанням прожекторів Faelluce. Існує варіант тривимірної візуалізації результатів розрахунку.

Комерційні програми:

"WinELSO"

Російська промислова компанія випустила поновлення програмного комплексу «WinELSO», призначеного для розрахунку систем силового електроустаткування й електроосвітлення. WinELSO 5.3 включає два модулі: "Електроустаткування" і "Електроосвітлення". Комплекс розроблений спеціально для російських електриків-проектувальників. Програма дозволяє отримувати документацію, яка відповідає ГОСТам Росії і стандартам, погодженим з деякими країнами СНД. У модулі "Електроосвітлення" змінена структура бази даних по світильниках, додана функція довільного відображення світильників на плані. Модулі WinELSO реалізуються як додатки до системи AutoCAD версій 2000, 2002, 2004 і 2005. Пакет інсталюється як окреме випадаюче меню у головному меню AutoCAD.

"Lightscape"

Lightscape – лідер в області високоякісної візуалізації і світлового дизайну й перший програмний продукт, в якому використовуються механізми розрахунку освітленості radiosity і ray-tracing з урахуванням фізичних властивостей джерел світла, матеріалів і об'єктів сцени. Це дозволяє досягти надзвичайної реалістичності зображення, недоступної іншим засобам візуалізації.

Основні можливості пакета: вбудовані методи розрахунку освітленості radiosity і ray-tracing; створення природного й штучного освітлення з використанням реальних джерел і матеріалів; інтерактивна зміна матеріалів об'єктів і параметрів джерел світла; кількісний фотометричний аналіз; можливість налаштування методів візуалізації для досягнення оптимального співвідношення якість/швидкість; швидке створення високоякісних анімаційних роликів та ін.

ЛЕКЦІЯ 3

Загальні відомості про програму Europic

Europic – це комп'ютерна програма, призначена для проектування світлотехнічної частини освітлювальних установок як внутрішнього, так і зовнішнього освітлення. Europic дозволяє проектувальнику вибрати тип і кольори поверхонь приміщення, заповнити простір приміщення елементами інтер'єру, вибрати рівень робочої поверхні, вибрати тип і КСС світлового приладу з бази, розмістити освітлювальні прилади і т.д. Використовуючи засоби Europic, можна розрахувати горизонтальну, вертикальну, циліндричну освітленість у приміщенні, а також зробити тривимірну візуалізацію для одержання наочної картини розподілу освітленості в приміщенні. Причому при розрахунку освітленості будуть враховані як обрані проектувальником характеристики приміщення, так і відбита освітленість від поверхонь приміщення і предметів фурнітури.

ОГЛЯД ДЕТАЛЕЙ ІНТЕРФЕЙСУ ПРОГРАМИ EUROPIC

Хоча інтерфейс програми Euroric англomовний, загальні властивості вигляду успадковані від інших програм операційної системи Windows.

Основна відмінність полягає в тому, що разом із запуском основного додатку автоматично запускається фотометричний сервер, що розташовується у згорнутому стані в процесі роботи із програмою.

При запусненій програмі на моніторі зверху вниз помітні наступні елементи інтерфейсу:

1. Рядок документа – рядок з назвою програми і її версією, а також з назвою поточного документа.
2. Рядок меню – рядок доступу до пунктів меню з основними командами.
3. Рядок редагування – рядок з кнопками швидкого доступу до команд редагування.
4. Вікно редагування – основна робоча область документа (область, де ведуться побудови й розрахунки).
5. Вертикальна й горизонтальна смуги прокручування.

РЯДОК МЕНЮ

У рядок меню входять наступні пункти:

1. File – команди роботи з файлом (Open – відкрити, Save – зберегти, Print - друкувати, Import – імпортувати, Export – експортувати та ін.).
2. Room/area – команди вибору типу й характеристик приміщення або зовнішнього об'єкта.
3. Furniture – команди вибору елементів інтерфейсу і їхніх характеристик.
4. Luminaires – команди вибору освітлювального приладу.
5. Calculations – обчислення – пункт меню з командами обчислення освітленості, застосовувати ці команди слід після того, як проектування ОУ закінчене, (після розміщення ОП).
6. Images – зображення – команди роботи із зображеннями, отриманими після візуалізації.

7. Options – команди налаштування документа при роботі з об'єктами (налаштування осей координат, сітки і т.д.).
 8. Results – виведення результатів обчислень у тій або іншій формі.
 9. View – команди вибору вигляду в тій або іншій проекції ОУ.
 10. Help – допомога з програми Europic.
- Рядок форматування є мінливим – при роботі з тим або іншим елементом установки виводяться кнопки швидкого доступу до необхідних команд редагування.

ЛЕКЦІЯ 4

Проектування освітлювальної установки внутрішнього приміщення в Europic

Розглянемо алгоритм роботи в програмі Europic на прикладі проектування ОУ внутрішнього приміщення.

1 етап. Відкрити пункт меню Room/Area і вибрати команду Create (створити), після чого у вікні редагування за допомогою покажчика миші побудувати контур приміщення. Приміщення вважається побудованим, коли контур замкнутий. Установлений крок сітки дорівнює 0.25 м. Після цього на екрані з'явиться таблиця характеристик приміщення. У вікні таблиці можна задати висоту приміщення, тип приміщення (внутрішнє, зовнішнє), матеріал обробки приміщення, коефіцієнти відбиття поверхонь, висота розрахункової поверхні. Контур приміщення можна не креслити, якщо скористатися закладеними в бібліотеку програми типами приміщення, для цього необхідно відкрити підпункт меню Library у меню Room/Area. Якщо ви проектуєте зовнішнє освітлення або освітлення тунеля, то в цьому випадку необхідно скористатися підпунктами меню Street або Tunnels з того ж меню.

2 етап. Розміщення фурнітури в приміщенні. Відкрити пункт меню Furniture і вибрати одну з команд або "Create Box" – створити короб або "Add furniture" – додати фурнітуру. Перша команда дозволяє створити

геометричний об'єкт у вигляді короба, вибравши координати розміщення в приміщенні, геометричні розміри, кольори й коефіцієнт відбиття об'єкта. Необхідно дати назву створюваному блоку у верхній частині вікна. Створений об'єкт можна переміщувати в поле вікна редагування, виділивши його й перетаскуючи за допомогою покажчика миші (ліва кнопка натиснута при перетаскуванні). При виборі команди додати фурнітуру з'являється вікно з пропонованими об'єктами інтер'єру. Після вибору того чи іншого об'єкта у впливаючому вікні, у правій частині вікна з'являється зображення цього об'єкта. Обраний об'єкт можна дублювати, переміщувати й т.п.

3 етап. Вибір і розміщення світильників. Відкрити пункт меню *Luminaures* і вибрати команду "Add luminaire" – вибрати світильник, або команду "Add luminaires automatically" – додати світильники автоматично. У першому й другому випадку у вікні, що випадає, необхідно вибрати тип світильника із групи *Interiors* – внутрішні, за типом світильника, типом КСС і потужністю лампи в світильнику. Після вибору типу світильника необхідно вибрати тип джерела світла і його світловий потік. Після чого світильник треба також дублювати й розміщувати в приміщенні.

4 етап. Розрахунок освітленості. Вибрати в пункті меню *Calculation* команду *Start*. У вікні, що з'явилося, можна настроїти параметри розрахунку освітленості, задавши тип освітленості. Після розрахунку буде виведена таблиця розподілу освітленості в приміщенні. Для одержання площинних і просторових графіків розподілу освітленості в приміщенні необхідно зайти в пункт меню *Results* і вибрати команду "Select Surface" – вибрати поверхню. Під вікном редагування з'являться кнопки вибору проекції приміщення. Вибравши потрібну проекцію й клацнути лівою кнопкою миші по малюнку. Контур малюнка змінить кольори. Тепер натискання кнопки ОК виводить на екран вікно вибору типу діаграми.

5 етап. Візуалізація. У пункті меню *View* вибрати пункт *Camera*. На екрані з'явиться тривимірне зображення проектованого приміщення й віконця для того, щоб установити зображення під зручним кутом. Вибравши

потрібний ракурс необхідно натиснути кнопку Render – виконати. Підвести покажчик миші до центру зображення, позначеному невеликим хрестиком. Кнопку на миші натискати не треба. Після цього необхідно відвести покажчик миші, так само без натискання кнопок миші, і виділити за допомогою рамки, що з'явилася, необхідну область малюнка й натиснути ліву кнопку миші. У вікні, що з'явилося, можна точніше настроїти розміри зображення візуалізації, задати кольори підкладки зображення, задати тип візуалізації, вказати предмети, що підлягають візуалізації, і натиснути кнопку ОК.

6 етап. Збереження зображень, отриманих після візуалізації. У пункті меню Images вибрати команду Save and delete images – зберегти й видалити зображення. У вікні, що випадає, можна вибрати ті зображення, які будуть збережені, а також видалити непотрібні зображення. Зображення в «Europic» зберігаються у форматі *.bmp.

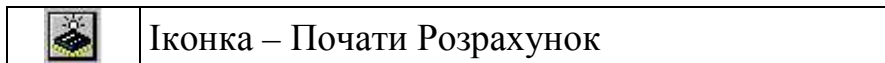
Перед початком побудов у програмі Europic рекомендується переглянути 4-хвилинний навчальний кліп, що ілюструє основи роботи з програмою від початкового до кінцевого етапів. Щоб запустити мультипліковане зображення, треба відкрити з меню Пуск/програми/EUROPIC/Tutorial (наставляння). По ходу розвитку навчального кліпу будуть даватися коментарі англійською мовою. У будь-який момент кліп можна зупинити, натиснувши на кнопку «пауза», після чого відновити відтворення, подібно до того, як це робиться у всіх відомих типах програвачів, призначених для роботи в середовищі Windows.

ЛЕКЦІЯ 5

Розрахунок кількісних і якісних показників освітленості для внутрішніх освітлювальних установок за допомогою програми Europic

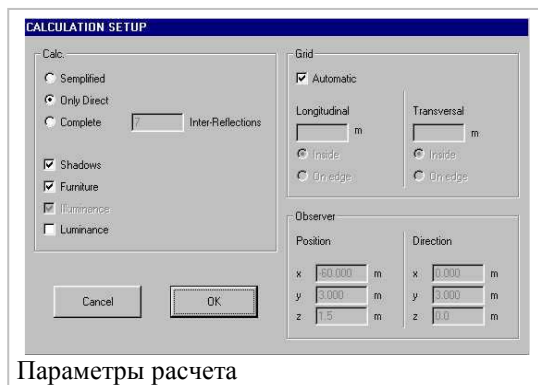
Команда дозволяє розрахувати проект освітлення з обчисленням освітленості і яскравості поверхонь Приміщення/Області, включаючи меблі, а також економічний розрахунок установки.

Іконка



Розрахунок Освітленості і Яскравості (Illuminance and Luminance Values Calculation)

При виборі команди Розрахунок з'являється вікно, зображене на малюнку, в якому задаються наступні параметри:



- Тип Розрахунку (Calculation Type): програма пропонує три види розрахунку:

- Спрощений (Simplified): обчислення проводиться за алгоритмом, що міститься в рекомендаціях CIE 52, який не враховує тіні від предметів і

самі предмети, такі як меблі. Алгоритм правильний тільки в наступних ситуаціях:

- У приміщеннях у формі паралелепіпеда
- Коли світильники мають широкий світлорозподіл
- Коли поверхні приміщення, зокрема підлога мають коефіцієнт відбиття менше ніж 75%.

Якщо параметри виходять за дані межі, можливі значні помилки в розрахунку.

Рекомендується користуватися цим методом розрахунку через швидкість отримання результату на початку розробки проекту.

- Тільки Пряме Світло (Only Direct): обчислення ґрунтуються на розрахунку тільки прямого світла, коли не враховуються багаторазові відбиття між стінами або іншими поверхнями.

- Повне Світло (Complete): розраховуються як пряма, так і відбита складова світла, враховуються багаторазові відбиття між всіма поверхнями (включаючи меблі). Рекомендується задавати розрахунок 7 перевідбиттів, при більшому числі результат істотно не зміниться.

Вибір того або іншого типу розрахунку здійснюється натисканням миші по віконцю ліворуч від найменування методу.

- Тіні й/або врахування Меблів (Shadows and/or Furniture Calculation): програма розраховує основні світлотехнічні параметри, враховуючи при цьому тіні, створювані предметами меблів. Для вибору однієї або всіх опцій клацніть лівою клавішею миші навпроти рядка Тіні й Меблі (Shadows and/or Furniture): з'являться галочка .

- Параметри розрахунку (Calculation Parameters): параметри, що обчислюються програмою:

- Освітленість (люкс) (Illuminance [lux]): цей параметр обчислюється завжди

- Яскравість (кд/м²) (Luminance [cd/m²]): вибрати функцію Ви можете, клацнувши лівою клавішею миші по ній; ліворуч повинна з'явитися галочка .

- Вузли Сітки Обчислень (Grid): може бути задане вручну або обчислено автоматично. Якщо Ви вибираєте автоматичний розрахунок, крок сітки задається, виходячи з розмірів кімнати й меблів. Клацнувши на віконці Automatic, Ви забираєте галочку й виключаєте автоматичний вибір кроку сітки. Тепер Ви можете ввести величину кроку сітки в [м] як в поздовжньому,

так і в поперечному напрямках. Дані величини залишаються однаковими для всіх поверхонь.

Використання вільної сітки повинне застосовуватися лише у випадках, коли меблі відсутні: занадто великий крок сітки приведе до можливого влучення тільки одного вузла розрахунку на поверхню елемента меблів, що дасть некоректний результат при рендерингу.

- **Позиція Спостерігача (Observer Position):** у випадку, якщо Ви вибрали розрахунок яскравості, програма активує додаткове вікно для вводу місця розташування спостерігача x , y і z . В дійсності положення спостерігача й напрямок його погляду критичні лише для розрахунків вуличного освітлення, коли використовуються таблиці коефіцієнтів відбиття R- і C-. У всіх інших випадках яскравість диффузно відбиваючих поверхонь не залежить від положення спостерігача.

Для виходу з вікна натисніть Cancel, OK – для початку обчислень.

У процесі обчислення на екрані з'являється вікно, яке показує стадію розрахунку. Програма спочатку обчислює пряму, а потім відбиту складову світла.

Алгоритм роботи в EuroGis виглядає в такий спосіб:

- визначіть тип і розміри кімнати та розставте світильники й меблі
- зробіть розрахунок з автоматичним кроком сітки тільки прямої складової світла (Only Direct) або спрощений розрахунок (simplified)
- якщо потрібно, відкоригуйте проект. Пам'ятайте, що пряма складова дає 60-80% освітленості від прямого й відбитого світла.
- зробіть необхідні доповнення й повторіть розрахунок
- домігшись задовільного результату, повторіть обчислення, з огляду на багаторазові відбиття, тіні й меблі.

Коли обчислення завершено, з'являється вікно, яке підтверджує, що обчислення зроблене коректно. Клацніть ОК і програма поверне Вас у Робочу Область.

Для перегляду таблиці результатів і графіків (ізолінії, діаграму світлової плями й 3х-вимірну) необхідно вибрати команду RESULTS з верхнього рядка меню.

Розділ 2

РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ У ПРОГРАМІ EUROPIC

ЛЕКЦІЯ 6

Вуличне освітлення (Street) CIE 30

Програма автоматично визначає параметри установки вуличного освітлення для прямолінійної дороги відповідно до рекомендацій CIE30.

Необхідно визначити наступні параметри:

- Ім'я (Name): це ім'я, що присвоюється розглянутій дорозі
- Тип Освітлювальної Установки (Installation Type): описує розташування світильників уздовж дороги, можна вибрати наступні типи:
 - Однобічне розташування праворуч
 - Однобічне розташування ліворуч
 - Дворядне
 - Дворядне шахове
 - Однорядне по розділовій смузі дороги (на опорах, установлених на розділовій смузі)
 - Дворядне по розділовій смузі дороги

- Нахил (Inclination) [$^{\circ}$]: це кут нахилу світильника навколо осі, паралельній дорозі, яка проходить через світловий центр світильника. При нахилі 0° світильник горизонтальний і оптична вісь вертикальна. Нахил позитивний, коли спостерігач бачить його проти годинникової стрілки, при цьому щогла розташовується ліворуч.

- Висота установки (Mounting Height) [м]: це висота установки світлового центру світильника відносно поверхні дороги

- Відстань до світильника праворуч (Luminaire Right Distance) [м]: це відстань в + або – від правого краю проїзної частини до першого ряду світильників. Позитивно, якщо береться всередину дороги.

- Відстань до світильника ліворуч (Luminaire Left Distance) [м]: це відстань в + або – від лівого краю проїзної частини до першого ряду світильників. Позитивно, якщо береться всередину дороги.

- Коефіцієнт обслуговування (Maintenance Factor), [%]: коефіцієнт, який враховує зниження світлового потоку світильників через їхнє забруднення і старіння ламп.

- Інтервал (Interdistance) [м]: це відстань між світильниками в одному ряді.

- Ширина розділової смуги (Central Median Width) [м]: це ширина розділової смуги у випадку двох проїзних частин.

- Число смуг руху (Number of Lanes): число смуг руху на будь-якій проїзній частині

- Ширина смуги руху (Lane Width) [м]: це ширина кожної смуги руху (всі смуги вважаються однієї ширини).

- R Таблиця (R Table): це таблиця коефіцієнтів відбиття для розрахунку яскравості дороги. Додаються два різні типи: R і C типи.

- q_0 : це параметр відбиття для розрахунку R- чи C-таблиць.

Ви можете розрахувати G (показник засліпленості), T_i (граничний коефіцієнт засліпленості) і L_v (яскравість, яка рухається): для цього клацніть ліворуч від описів, щоб з'явився знак 'V'.

За допомогою кнопок доступні наступні команди:

- Вибір джерел світла й світильників (Select Luminaire): ця команда дозволяє викликати Менеджер фотометрії (Photometric data manager) і вибрати світильник. Дивіться главу LUMINAIRE/Add Luminaires.
- Скасування (Cancel): для виходу з вікна характеристик.
- ОК: для підтвердження введених даних і виходу з вікна характеристик. Програма автоматично освітить дорогу з даними для обчислень.

СВІТИЛЬНИКИ (LUMINAIRES)

Ця команда розташовує світильник у досліджуваній кімнаті. Меню має наступні команди:

Примітка: обраний світильник виділений пунктирною червоною лінією.

- Видалити Всі (Clear) – видалення всіх світильників із приміщення
- Додати Світильник (Add Luminaire) – додавання нового світильника з бази даних
- Додати Ряди й Колонки (Add Rows and Columns) – додавання заданої кількості світильників з постійним кроком між світильниками
- Додати Світильники Автоматично (Add Luminaires Automatically) – додавання розрахункової кількості світильників для заданої освітленості на робочій поверхні
- Дублювати Світильник (Duplicate Luminaire) – копіювання виділеного світильника

- Видалити Світильник (Delete Luminaire) – видалення виділеного світильника
- Продовжити Лінію Світильників (Expand Luminaires) – додавання світильників у безперервний ряд від виділеного
- Вивести Список і Редактор (Luminaires Table) – показує список світильників, дозволяє обертати світильники й змінювати їхнє розташування
- Змінити Коефіцієнт Обслуговування (Modify Maintenance Factor) – зміна коефіцієнта обслуговування в будь-якого світильника
- Додати Щоглу (Add Mast) – додавання нової щогли, розглянутої як об'єкт із групи світильників на ній
- Копіювати Щоглу (Duplicate Mast) – для створення однієї або більше копій щогли, що мають характеристики оригіналу.
- Ввести Симетричні Щогли (Symmetrize Mast) – ввід однієї або трьох щогл, симетричних оригіналу.
- Видалити Щогли (Delete Masts) – видалення всіх щогл із робочої поверхні
- Перемістити Світильник (Move Luminaire) – зміна координат розташування світильника
- Обертати навколо Осі Z (Rotate Luminaire Relative along Z) – обертання світильника навколо вертикальної осі, що проходить через його центр ваги
- Змінити Параметри Світильника (Aiming Modification) – зміна позиції і точки прицілу світильника
- Прицілити Світильник (Aim Luminaire) – прицілювання світильника в заданому напрямку
- Показати Промені Прицілу (Aimings) – зображує візуально лінії прицілювання світильників

- Виділити Групу Світильників (Multiple Selection) – виділення декількох світильників для створення групи, з якою можна виконувати дії переміщення, видалення або підстановки
- Відкрити Конфігурацію Світильників (Open Luminaires Config.) – відкрити раніше збережений файл конфігурації світильників
- Зберегти Конфігурацію Світильників (Save Luminaires Config.) – збереження конфігурації світильників даного проекту у файлі
- Перевірка Накладання (Interference Check) – для перевірки можливих точок геометричного накладання світильників

ЛЕКЦІЯ 7

Розташування освітлювальних щогл при проектуванні освітлювальних установок спортивних споруджень

Додати щоглу (Add Mast). Ця функція дозволяє вводити об'єкт типу щогли, розглянутий як група (геометрична) світильників, розташованих на одній щоглі.

Після вибору функції на екрані з'являється діалогове вікно, в якому визначаються наступні параметри щогли:

- Ім'я (Name): ім'я, яке Ви привласнюєте щоглі (наприклад: Mast 1 або South Mast)
- Габарити X і Y (X and Y Dimensions) [м]: показують габарити оголовка щогли, на якій установлені світильники
- Кількість рядів і колонок (Number of Rows and Columns): кількість рядів і колонок, розташованих на оголовку щогли, добуток цих чисел дає загальну кількість світильників на оголовку

- Розташування (Position) [m] (x, y, z): абсолютні координати розташування (x і y) і висота (z) щогли.

- Прицілювання (Aiming): це напрямок прицілювання оголовка щогли з світильниками, обумовлене координатами x, y, z [m] і кутом обертання самої щогли [°] (у цьому випадку точка прицілювання – це точка перетинання осі оголовка щогли, перпендикулярної до площини установки світильників і минаючої через центр ваги оголовка, і розрахункової площини; оголовок можна також повертати навколо цієї осі, тому необхідно також задати поворот самого оголовка) або полярними координатами (Rot x, y, z) [°], коли оголовок обертається навколо своїх осей відносної системи координат (x, y, z), паралельних осям абсолютної системи.

Як тільки всі параметри будуть визначені й підтверджені, програма перенесе щоглу в Робочу Область.

Тримаючи мишу на зображенні щогли й натискаючи на праву клавішу, Ви викликаєте меню наступних команд:

- Видалити Щоглу (Delete Mast) – видаляє виділену щоглу
- Перемістити Щоглу (Move Mast) – зсув задається в діалоговому вікні із вказівкою координат (x, y, z), виражених в [m]
- Обертання відносно навколо осі Z (Must Relative Rotation) – щогла обертається навколо своєї вертикальної осі; кут обертання [°] задається в діалоговому вікні
- Зміна параметрів прицілювання (Aiming Modification) – зміна таких параметрів щогли, як: ім'я, кількість рядів і колонок в оголовку, координати положення (x, y, z) і напрямок прицілювання; використовується діалогове вікно, аналогічне команді Add Mast
- Прицілити Щоглу (Aim Mast) – дозволяє графічно прицілити оголовок щогли; при виборі цієї функції з'являється діалогове вікно для вводу координати площини, в якій інші координати вказуються мишею («площина

миші»). Це викликано тим, що Ви працюєте тільки з двомірним видом і необхідно вказати відсутню координату. Вибравши відстань між «площиною миші» і відповідною декартовою площиною, звичайно XY, і відносний кут повороту оголовка щогли, натисніть ОК. Програма графічно покаже промінь, що виходить із оголовка, який направляється мишею. Рухаючи мишу, вкажіть необхідний напрямок прицілювання і орієнтацію оголовка.

- Список Світильників (Luminaires List) – функція вводу світильників на щоглу, діє незалежно від уже визначених раніше окремих світильників.

Список світильників (Luminaires List)

При виборі цієї функції на екрані з'являється діалогове вікно, яке містить параметри світильників, що належать обраній щоглі.

Вікно містить верхню й нижню частини, в останній розташовуються кнопки керування.

У верхній частині містяться наступні команди, в порядку з ліва на право:

- Колонка вибору; для виділення світильника клацніть ліворуч від його імені; якщо Ви хочете виділити відразу кілька світильників, виділяйте їх курсором миші, тримаючи натиснутою клавішу клавіатури Control (Ctrl); світильник виділений, коли з'являється галочка \surd . Для скасування виділення повторіть дію.

- Позначення світильника (для швидкого впізнавання)
- Ряди й колонки; програма автоматично привласнює номери позицій, починаючи з ряду 1 колонки 1 у лівому нижньому куті оголовка, якщо дивитися зверху.

- Координати розташування центру ваги світильників відносно декартових осей (x_b , y_b , z_b) [м] (відповідно до координат центра ваги оголовка)

- Прицілювання світильника – напрямок світлового пучка, що заданий декартовими координатами (xр, ур, zр) і кутом повороту навколо оптичної осі (га), або полярними координатами (поворот навколо декартових осей світильника x,y,z).

Відредаговані можуть бути тільки колонки з найменуванням і координатами прицілювання.

У нижній частині вікна розташовані наступні функції:

- **ON:** включає світильник до розрахунку
- **OFF:** виключає світильник з розрахунку
- **Вставити (Insert):** дозволяє ввести новий світильник обраного типу, який з'являється внизу списку світильників.

- **Прицілити (Aim):** дозволяє прицілити окремий світильник мишею з використанням «площини миші». Діє аналогічно команді Прицілити Щоглу (див. вище).

- **Видалити (Delete):** видаляє виділений світильник; будь-яке видалення повинне бути підтвержене користувачем

- **Змінити Коефіцієнт Обслуговування (MaintCoeff):** дозволяє змінити коефіцієнт обслуговування виділеного світильника; у вікні, яке з'являється, вкажіть величину коефіцієнта й натисніть ОК для підтвердження даних

- **Світильник (Luminaire):** команда доступу у файл, що містить різні типи світильників (див. розділ LUMINAIRE/Add Luminaire). Новий обраний тип світильника заміняє старий і за замовчуванням використовується при введенні нових світильників.

- **ОК:** для підтвердження змін і повернення в Робочу Область.

Порада: якщо Ви хочете помістити різні типи світильників на один оголовок, ми пропонуємо Вам спочатку заповнити список одним типом

світильників, а потім за допомогою функції Luminaire окремі світильники замінити на необхідні.

Список Щогл (Masts List)

Перебуваючи в робочій області, натисніть праву клавішу миші. З'явиться контекстне меню, в якому Ви можете вибрати функцію Список Щогл (Mast List), який керує параметрами щогл.

Вікно розділене на дві частини: верхня містить параметри щогл, а нижня – функції керування таблицею.

Таблиця складається з наступних колонок (з ліва на право):

- Колонка вибору; для виділення щогли клацніть ліворуч від її імені; щогла виділена, коли з'являється галочка \checkmark . Для скасування виділення повторіть дію.

- Порядковий номер щогли
- Найменування щогли (позначення для швидкого розпізнавання щогли)
- Число рядів і колонок на оголовку щогли
- Координати розташування оголовка щогли на плані відносно абсолютних декартових осей X, Y, Z [м]
- Орієнтація щогли в просторі, виражена або в декартових (хр, ур, зр і га – поворот навколо власної осі), або в полярних координатах (поворот навколо декартових осей щогли x,y,z)

Всі дані можуть редагуватися.

Нижня частина вікна містить наступні функції:

- **Вставити (Insert):** ввести нову щоглу.
- **Перемістити (Move):** переміщає виділені щогли в будь-яких напрямках (x, y і z). Використайте вікно, яке з'являється після вибору цієї

опції: введіть дані й натисніть ОК для підтвердження переміщення обраних щогл.

- **Видалити (Delete):** видаляє виділену щоглу; будь-яке видалення повинне бути підтвержене користувачем

- **Оголовок Щогли (Panel):** дозволяє змінити розміри x і y оголовка щогли

- **ОК:** підтвердження змін і повернення в Робочу Область

Копіювати Щоглу (Duplicate Mast)

Функція дозволяє копіювати обрану щоглу, створюючи один або кілька дублікатів з тими ж характеристиками, з тією ж кількістю світильників на щоглі й з тими ж параметрами прицілювання.

На екрані з'являється вікно, де Ви можете визначити, яким способом зробити копіювання щогли (перший спосіб – використання доступних параметрів, другий – графічний):

- У першому випадку визначаються параметри типу:
 - кут напрямку [°] лінії, на якій буде розташована щогла, яка копіюється. Значення 0 показує позитивний напрямок по осі X.
 - Відстань між двома послідовно розташованими щоглами [м]
 - Кількість щогл, що копіюються.

Після натискання ОК програма створює копії в Робочій Області;

- У другому випадку, вибираючи функцію *Aiming with Mouse*, програма автоматично показує щоглу із сегментом, що з'єднує саму щоглу й курсор миші. Таким чином, Ви відразу визначаєте напрямок і довжину сегмента. Після визначення напрямку й довжини сегмента, натисніть ліву клавішу миші. З'явиться вікно, в якому необхідно вказати кількість щогл, які

будуть копіюватись. Після натискання ОК програма переносить копії в Робочу Область.

Копіювати Щоглу Симетрично (Symmetrize Mast)

Ця функція дозволяє симетрично розташувати щогли, які копіюються, створюючи одну або три симетричні копії, які мають ту ж кількість світильників, що й оригінал, але із симетричним розташуванням і прицілюванням.

Є два різних типи симетрії:

- Проста – вертикальна або горизонтальна, щогла копіюється симетрично оригіналу
- Подвійна – вертикальна і горизонтальна одночасно, копіюються три щогли, симетричних оригіналу.

Створення симетричних копій щогл можливе тільки на площині.

Програма відображає діалогове вікно, в якому визначаються наступні параметри симетричності щогл:

- Центр симетрії: точка, що вказує вісь симетрії (простий тип) або вісь симетрії (подвійний тип)
- Тип симетрії: є три різних типи симетрії:
 - Горизонтальний (Horizontal): нова щогла розташована симетрично оригіналу відносно горизонтальної осі, що проходить через центр симетрії; визначається тільки координата у. Нові щогли розташовуються уздовж осі Y.
 - Вертикальний (Vertical): нова щогла розташована симетрично оригіналу відносно вертикальної осі, що проходить через центр симетрії; визначається тільки координата x. Нові щогли розташовуються уздовж осі X.
 - Вертикально-горизонтальний (Vertical/Horizontal): створюються три нові щогли, симетричні оригіналу відносно вертикальної й горизонтальної осей, що проходять через центр симетрії. У цьому випадку задаються

координати цього центру x і y . Симетричні копії розташовуються уздовж осей X і Y .

Натисніть ОК для вводу нових щогл у Робочій Області.

Перемістити Світильник (Move Luminaire)

Для того, щоб перемістити світильник у Приміщенні/Області, введіть значення у вікні, яке з'являється.

Зсув визначається координатами x , y і z .

Після того, як Ви задасте величини зсуву й натиснете ОК, програма перемістить світильник на нову позицію.

Примітка: перемістити світильник Ви можете також за допомогою миші. Для цього виділіть світильник і, не відпускаючи ліву клавішу миші, перетягніть його на нову позицію, потім відпустіть клавішу. Світильник буде переміщений на нову позицію.

Повернути Світильник (відносно осі Z) (Rotate Luminaire (Relative along Z))

Команда дозволяє обертати світильник навколо вертикальної осі, що проходить через центр ваги світильника.

Після вибору цієї команди на екрані з'являється показане на малюнку вікно.

Уведіть кут повороту й натисніть ОК. Програма може повертати світильник тільки навколо вертикальної осі Z на 360° .

Обертання відбувається за годинниковою стрілкою, якщо дивитися на Приміщення в плані.

Змінити Параметри Світильника (Aiming Modification)

Ця команда дозволяє змінити ім'я, коефіцієнт обслуговування, координати місця розташування у прямокутній системі координат X, Y, Z і параметри прицілювання обраного світильника в прямокутній або в полярній системах координат. Змінювані параметри й вигляд діалогового вікна повністю аналогічні тим, які вводяться командою Add Luminaire.

Прицілити Світильник (Aim Luminaire)

При виборі цієї функції з'являється вікно, яке містить:

- **Площину (Plane):** відсутня координата [м] «висоти» двомірної площини, по якій переміщується курсор миші («площина миші»). Наприклад, якщо поточний двомірний вид – Робоча Область (показані координати X і Y), то відсутня координата, яку треба вказати – Z.

- **Власну Вісь Обертання (Z intr.):** поворот світильника в [°] навколо своєї оптичної осі (осі, перпендикулярній до області поширення світла). Наприклад, у випадку люмінесцентного світильника поворот з $Z = 0^\circ$ завжди означає горизонтальне розташування ламп, у той час як при $Z = 90^\circ$ положення ламп – вертикальне.

Після натискання ОК програма покаже двовимірний вигляд, обраний світильник і його оптичну вісь, яка закінчується на курсорі миші, що показує точку прицілювання. Рухаючи мишу, Ви змінюєте приціл світильника й, відповідно, його поворот.

Виділити Групу Світильників (Multiple Selection)

Ця функція дозволяє Вам за допомогою миші виділити область, усередині якої вибираються світильники, які згодом можуть бути одночасно переміщені або змінені в Списку Світильників (Luminaires list).

Дотримуйтесь такої інструкції:

1. Виберіть команду 'Multiple Selection' з меню
2. З'являється план (вид зверху) Робочої Області, на якому Вам треба визначити область навколо світильників, які позначаються. Для цього клацніть мишею на плані й визначіть початкову точку області. Далі після кожного клацання миші програма креслить сегменти, які утворять сторони області. Область закривається клацанням на початковій точці.
3. Як тільки область буде закрита, програма відкриває вікно зі Списком Світильників, де обрані світильники (що перебувають усередині виділеної області) позначені в лівій крайній колонці галочкою \checkmark .

Це вікно містить наступні колонки (з ліва на право):

- Виділення світильника: поставте значок \checkmark у порожньому віконці навпроти найменування світильника натисканням миші
- Порядковий номер світильника
- Позначення світильника (для швидкого впізнавання)
- Коефіцієнт Обслуговування в межах від 0 до 100%
- Координати центра світильника в абсолютних осях X, Y, Z [м]
- Орієнтація світильника в просторі, виражена у прямокутних координатах (xp, yp, zp і га = кут повороту навколо осі світильника) або в полярних координатах (обертання навколо декартових осей x,y,z).

Всі параметри, крім перших двох, редагуються.

Нижня частина вікна містить наступні функції:

- **ON:** включає світильник для розрахунку
- **OFF:** виключає світильник з розрахунку
- **Вставити (Insert):** додає світильник обраного поточного типу, світильник буде вставлений наприкінці списку.

- **Перемістити (Move):** переміщує позначені світильники в будь-яких напрямках x, y і z за допомогою вікна, що з'являється після вибору цієї команди. Введіть дані й натисніть ОК для підтвердження переміщення позначених світильників.

- **Видалити (Delete):** видаляє позначені світильники (для вибору світильника клацніть лівою клавішею миші на відповідному віконці, вибір підтверджується появою значка 'V'. Для скасування вибору повторіть операцію. Програма запитує підтвердження на видалення кожного світильника.

- **Зміна Коефіцієнта Обслуговування (MaintCoeff):** дозволяє одночасно змінити коефіцієнт обслуговування позначених світильників. У вікні що з'являється, укажіть величину коефіцієнта й натисніть ОК для підтвердження даних.

- **Світильник (Luminaire):** відкриває доступ до вікна вибору світильників (див. команду Add Luminaire).

ОК: натисніть ОК для підтвердження введених даних і повернення в Робочу Область.

Відкрити Файл Конфігурації Світильників (Open Luminaires Config.)

Відкриває файл з раніше введеною і збереженою конфігурацією світильників.

Ця функція дуже корисна у випадках використання повторюваних конфігурацій світильників у мережевих структурах або системах.

Зберегти Файл Конфігурації Світильників (Save Luminaires Config.)

Команда зберігає поточну конфігурацію світильників в окремому файлі.

Конфігурація світильників зберігається під тим же ім'ям, яке має Ваш проект, але з розширенням .TLM.

Перевірка Накладання (Interference Check)

За замовчуванням програма не перевіряє наявність перетинань між елементами, які перебувають у приміщенні. Це можна зробити, використовуючи команду 'Interference Check'.

При перетинанні об'єктів на екрані з'явиться повідомлення про помилку.

ЛЕКЦІЯ 8

Візуалізація світлотехнічних розрахунків в DIALux

У процесі своєї професійної діяльності фахівцям-світлотехнікам доводиться вирішувати завдання, пов'язані з проектуванням освітлення на різних об'єктах. Ці об'єкти можна розділити на дві великі групи: об'єкти внутрішнього (інтер'єрного) і зовнішнього освітлення а, останні, в свою чергу, – на кілька груп за різними ознаками. Наприклад, на об'єкти архітектурного освітлення, для яких потрібне створення певного художнього образу, і об'єкти утилітарного освітлення, де світло служить необхідною умовою комфортної й безпечної роботи й відпочинку людей. До останньої групи відносяться дороги, автостоянки, пішохідні вулиці, спортивні майданчики, стадіони й т.д. Для розрахунку освітлення саме таких об'єктів існує програма Dialux Ext.

Розглянемо інтерфейс програми. У головному вікні представлені всі необхідні види об'єкта. Можливий також перегляд об'єкта в перспективі (3-D Camera). Ліворуч розташовується вікно, яке показує дерево проекту,

необхідні коментарі до проекту й ім'я оператора. Для роботи з об'єктами передбачені всі необхідні функції – виділення, пересування, обертання, копіювання, видалення й т.д. Крім того, для зручності існує функція роботи з координатною сіткою, прив'язками й ортогональне пересування. Більшість функцій програми стандартні й досить прості у використанні, тому немає рації окремо описувати кожен з них.

Зупинимося на роботі в цій програмі поетапно.

Насамперед треба визначити об'єкт освітлення. Ця програма припускає чотири варіанти (сценарії) освітлення, для кожного з яких потрібно задати свої вихідні дані.

1. Floodlighting – заливаюче освітлення. Цей варіант слід вибрати, якщо вам потрібно освітити фасад будинку. Необхідно вказати координати нижніх лівих і верхнього правого кутів фасаду.

2. Ambient lighting – загальне освітлення певної відкритої площадки.

Можливі наступні варіанти форми площадок:

- прямокутна (задається довжина й ширина);
- кругла (діаметр і число сегментів);
- полігон.

Для всіх площадок варто задати число розрахункових точок по горизонталі й вертикалі в площині, паралельній розрахунковій, і висоту цієї розрахункової площини.

3. Sport lighting – освітлення спортивних об'єктів. У програмі передбачені різні площадки залежно від виду спорту:

- теніс (задається довжина й ширина, можливе використання двох тенісних площадок);
- футбол (довжина й ширина);
- бігові доріжки, треки (4, 6 і 8);
- спортивні майданчики іншого типу (довжина й ширина).

Задаються число розрахункових точок і висота розрахункової площини.

4. Street lighting – дорожнє освітлення. Можливі різні варіанти доріг:

- одна проїжджа частина (рух в одну сторону); задаються ширина однієї смуги, кількість смуг, властивості поверхні: тип індикатриси відбиття, коефіцієнт відбиття;
- друга проїжджа частина (рух у протилежну сторону); задаються ширина однієї смуги, кількість смуг, властивості поверхні: тип індикатриси відбиття, коефіцієнт відбиття;
- середня (розділова) смуга (ширина, висота);
- місце для паркування (ширина);
- велосипедна дорога (ширина);
- тротуар (ширина);
- смуга зелених насаджень, газон (ширина);
- фасади будинків (висота, ширина, висота даху).

Для дорожнього освітлення автоматично встановлюється напрямок зору одного або двох спостерігачів, і розрахунок проводиться для кожного з них.

Після того як створений об'єкт освітлення, слід вибрати тип освітлювальних приладів. Для цього в програмі можуть бути використані бази даних різних виробників світлотехнічної продукції. Програма надає можливість підібрати світильник за наступними даними :

- номер артикула,
- тип освітлювального приладу (заливаючого світла, настінний і т.д.)
- область застосування (парковий, вуличний і т.д.).

Після того як ви вкажете хоча б один з необхідних параметрів, програма здійснить пошук по базі даних і видасть всі підходящі варіанти, для кожного з яких надаються наступні дані:

- зовнішній вигляд освітлювального приладу ;
- короткий опис (розміри, потужність, тип використовуваних джерел світла);
- крива сили світла.

Підібравши за цими характеристиками освітлювальні прилади, можна планувати їхнє розміщення на об'єкті. Програма пропонує кілька стандартних варіантів:

Place single luminaire – розмістити одиничний світильник. Варто вказати висоту розташування (підвісу), світловий потік і вибрати варіант розташування освітлювального приладу на опорі.

Place arrangement – розмістити групу світильників. Пропонуються наступні групи:

- лінія: задається відстань між світильниками або їхнє число, кут повороту. Потім на плані вказуємо початкову й кінцеву точки лінії;
- коло: задається відстань між світильниками або їхнє число, кут повороту. На плані вказуємо центральну точку кола і її радіус;
- поле: задається відстань між світильниками або їхнє число по вертикалі й горизонталі, кут повороту. На плані вказуємо ліву верхню й праву нижню точки поля;
- периметр: задається відстань між світильниками, відстань від кута, відстань від краю площадки, кут повороту.

Крім світильників у проект можна ввести додаткові об'єкти, якщо це необхідно для більш точного подання сцени. Такими об'єктами є (у дужках зазначені параметри, які задаються):

- будова (кольори, висота, тип будови (об'ємна стіна, площина, об'ємний будинок));
- стіна (кольори, висота даху, кут даху, нахил стіни);

- текст (кольори, шрифт);
- циліндр (кольори, висота, нижній діаметр, верхній діаметр, число сегментів);
- коло або лінія (кольори, товщина);
- границя площадки.

Після введення додаткових об'єктів можна приступати до розрахунку (Calculation>>Calculate). Час розрахунку залежить від кількості освітлювальних приладів і додаткових об'єктів, але тому що відбита складова не розраховується, цей час невеликий.

Вихідні дані проекту подані у вигляді звіту, що досить повно описує всі необхідні характеристики. Вікно вихідних даних представлено на рис. 3. Ліворуч розташовується дерево проекту й список всіх вихідних даних. Склад звіту ви можете вибрати за своїм розсудом. Деякі креслення можуть бути не подані у вікні вихідних даних проекту, але вони будуть присутні на аркуші при друку. Далі описані деякі частини звіту. Photometric results – фотометричні результати розрахунку містять у собі загальні дані по проекту – назва, тип освітлення; дані про використовувані освітлювальні прилади – кількість, назва, загальний світловий потік; а також середня освітленість, яскравість, коефіцієнт нерівномірності, коефіцієнт запасу та ін.; загальний план освітлювальної установки із вказівкою необхідних розмірів.

CAD Drawings – всі необхідні креслення освітлювальної установки із вказівкою розмірів.

List of coordinates – координати розміщення освітлювальних приладів на об'єкті представлені у вигляді таблиці.

List of luminaries – опис освітлювальних приладів – зовнішній вигляд, розміри, споживана потужність, ступінь захисту лампи й цоколя.

L-Table, Isolines, Greyscale – розподіл яскравості на розрахунковій площині у вигляді таблиці, ліній рівної яскравості або у вигляді кольорової діаграми, вказане також максимальне, мінімальне й середнє значення.

E-Table, Isolines, Greyscale – розподіл освітленості на розрахунковій площині у вигляді таблиці, ліній рівної освітленості (ізолюкси) або у вигляді кольорової діаграми, вказане також максимальне, мінімальне й середнє значення.

E-Vertical from East (Norht, West, South) – Table, Isolines, Greyscale – розподіл вертикальної освітленості для чотирьох напрямків (схід, північ, захід, південь).

E-Semicylindric from East (Norht, West, South) – Table, Isolines, Greyscale – розподіл напівциліндричної освітленості для чотирьох напрямків (схід, північ, захід, південь).

ЛЕКЦІЯ 9

Світлотехнічний розрахунок освітленості і яскравості приміщень за допомогою програми DIALux

Одна з найбільш універсальних і тому розповсюджених програм – DiaLux, запропонована німецькою компанією DIAL GmbH. Починаючим світлотехнікам можна рекомендувати цю програму версії 1.2, тому що більш пізня версія 2.X має помітно ускладнений інтерфейс і пред'являє істотно більші вимоги до можливостей комп'ютера (швидкодії процесора й обсягу оперативної пам'яті).

Деякі складності в роботі з програмою DiaLux виникають у користувачів, які не володіють іноземними (англійською або німецькою) мовами. Для прикладу розглянемо освітлення стандартного прямокутного офісу розмірами 6 x 9 м, висота стель в якому 3 м.

Крок перший. Запускаємо програму DiaLux. На екрані з'являється вікно програми, яке вже містить бланк нового розрахунку. У лівій нижній частині вікна розташована кнопка Description (опис), яка викликає вікно вводу назви й опису створюваного плану (ці дані потрібні для оформлення повного друкованого звіту, що з ряду причин ми поки створювати не будемо).

Праворуч кнопки Description знаходяться чотири кнопки, об'єднані в групу Room Shapes (види кімнат). Натискання на одну з цих кнопок задає форму приміщення, з яким ми будемо працювати: прямокутну (Rectangle), Г-образну (L), П-образну (U) або довільну (Polygone).

Крок другий. Відповідно до заданого нами виду приміщення натискаємо кнопку Rectangle. На екрані відобразиться вікно, в якому потрібно задати параметри приміщення. Це вікно складається з двох частин: верхньої, в якій відображаються форма й пропорції створюваного приміщення, і нижнього, вікна вводу розмірів приміщення і кнопки налаштування його параметрів.

Вводимо довжину, ширину й висоту приміщення (6, 9 і 3 м) у відповідні вікна A:Length, B:Width і Height. Підказка, який з розмірів розташований на плані по горизонталі й по вертикалі, вказується у вигляді іконки в лівому нижньому куті екрана.

Крок третій. Натискаємо кнопку Options (додаткові налаштування). На екрані з'явиться вікно властивостей приміщення (Properties of room), яке містить дві вкладки. Перша з них дозволяє заповнити назву, код і опис приміщення, необхідні для складання друкованого звіту. Друга вкладка (Project preferences) призначена для вводу важливих параметрів розрахунку: коефіцієнта запасу (Planning factor) і висоти розрахункової площини (Working plane height).

Коефіцієнт запасу являє собою число, на яке програма повинна розділити розрахункову освітленість, отриману для нових ламп і світильників. Робиться це для того, щоб розрахунок показував не початкову, а мінімальну освітленість за весь термін служби освітлювальної установки.

Розрахункова поверхня являє собою умовну горизонтальну площину, на якій необхідно розрахувати освітленість. У коридорах, холах і аналогічних зонах ця площина збігається з рівнем підлоги, а в приміщеннях офісного типу вона проходить через робочі поверхні столів, звичайно розташованих на висоті 0,75-0,85 м від підлоги.

Вибрати коефіцієнт запасу (1,4) і висоту розрахункової поверхні (0,8 м) нам допоможуть державні будівельні норми ДБН В.2.5-23-2003. Натиснувши кнопку ОК, повернемося у вікно параметрів приміщення.

Крок четвертий. Натискаємо кнопку Material (обробка поверхонь). На екрані з'явиться вікно вибору "матеріалів" поверхонь приміщення. У вікні Object/Surface розміщується список поверхонь, яким можна призначити матеріали.

Основним сенсом вибору матеріалів у програмі DiaLux є задання їхніх відбиваючих властивостей – коефіцієнтів відбиття, що враховуються при розрахунку освітленості. Цей коефіцієнт (у відсотках) для обраного матеріалу зазначений у полі Reflection. Коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення визначають частку освітленості, створювану відбитим світлом. В окремих випадках – наприклад, при освітленні світловими карнизами, ця частка становить 100%, тому до цього параметра потрібно підходити особливо відповідально.

Натискаючи на колірну палітру в правій частині вікна, задаємо бажаний колірний відтінок кожної з поверхонь. Щоб задати один колір декільком

поверхням (наприклад, всім стінам), виділяємо їх одночасно, утримуючи кнопку Ctrl і натискаючи на їхні назви у вікні Object/Surface.

Після вибору кольорів вручну змінимо коефіцієнти відбиття в полі Reflection на реальні. Для цього будемо керуватися простим набором: 0 для невідображаючих поверхонь (наприклад, скляних або чорних стін), 10 для темних поверхонь (темне дерево і ін.), 30 для сірих, нейтральних і забруднених поверхонь (ковролін), 50 для світлих поверхонь (світлі меблі) і 70 для білих поверхонь (стандартна фарба для стелі). ***Коефіцієнт відбиття більше 70% нереальний.***

Отже задамо коефіцієнти відбиття 70% (стеля), 50% (стіни) і 30% (підлога) і натиснемо кнопку ОК. Приміщення підготовлене до планування освітлення. Натиснемо кнопку ОК у вікні Project 1:2 – Room 1, щоб перейти до наступного кроку.

Крок п'ятий. На екрані з'являється нове вікно, у верхній частині якого міститься план створеного приміщення, а в нижній – основна панель інструментів програми, на якій перебувають кнопки редагування властивостей проекту (рис. 6). Перша з них (Room) дозволяє повернутися до редагування параметрів приміщення (тобто в попереднє вікно), друга (Furniture) викликає редактор меблів, третя (Selection) призначена для виклику вбудованого каталогу світильників. Центральна група з чотирьох кнопок визначає спосіб розміщення світильників: по одному (Single), рядами (Line), рядами одночасно по горизонталі й по вертикалі (Field) і по колу (Circle). У рамках одного розрахунку можна об'єднувати групи світильників, розміщені різними способами. Який офіс обійдеться без меблів! Натискаємо кнопку Furniture, викликаючи вікно її вибору й розміщення. Можливі види меблів перераховані у випадяючому списку Type: крісло (Armchair), індивідуальна розрахункова поверхня (Calculation surface), стілець (Chair), комп'ютерний куточок (Computer corner), прямокутний об'єкт (Cube), циліндр

(Cylinder), двері (Door), фліпчарт (Drawing board), великий стіл (Large table), офісний стіл (Office desk), офісний стіл з тумбою (Office desk with file), призма (Prism), обідній стіл (Table) і вікно (Window).

Індивідуальна розрахункова поверхня не є власне меблями, тому що її не видно в приміщенні. Цей об'єкт потрібний для розрахунку освітленості на якій-небудь специфічній поверхні, наприклад на дверцятах шафи або в межах кришки одного стола. Призма відмінно підходить для імітації сходових маршів. Не перераховані в списку предмети меблів (наприклад, шафи) імітуються примітивними об'єктами (наприклад, типу Cube).

Три поля вводу Position призначені для вводу координат розташування меблів у приміщенні, поля Size – для задання розмірів меблів, а поля Rotation– для задання кутів повороту відносно координатних осей.

Для нашого офісу буде досить робочого столу, зручного крісла й шафи. Виберемо в списку об'єкт Large table. Задамо його довжину 1,2 м, ширину 0,75 м і висоту 0,8 м і натиснемо кнопку Insert. Стіл з'явиться в лівому нижньому куті екрана. Виділимо його, натиснувши й відпустивши ліву кнопку миші. Тепер його можна переміщувати, про що нам підказує курсор, який приймає форму руки з витягнутим вказівним пальцем. Натиснемо ліву кнопку миші й, не відпускаючи її, перетягнемо стіл приблизно на середину приміщення. Злегка повернемо його, навівши покажчик миші на один з прямокутників по його краях. Поворот можна здійснити, перетягнувши прямокутник вгору або вниз при натиснутій лівій кнопці миші.

Аналогічним способом встановимо в приміщенні крісло й шафу. *Звертаємо увагу, що при натисканні на кнопку Insert новий предмет меблів розміщується поверх попереднього.* Щоб меблі завжди з'являлися в нижньому лівому куті екрана, після установки чергового предмета натискаємо кнопку

Reset. Завершивши розміщення меблів, натиснемо кнопку ОК для повернення до основної панелі інструментів.

Крок шостий. Впритул приступаємо до головної частини роботи – освітлення. Натискаємо кнопку Selection для переходу до вибору типів світильників. Якщо в системі вже встановлена база даних світильників, то на екрані з'явиться заставка цієї бази даних. В іншому випадку верхнє меню програми (Project, Edit, Room...) зміниться на меню роботи з базами даних: Catalog, View, Window, Help. Пункт Selection меню Catalog дозволяє вибрати базу даних того виробника, з світильниками якого ми будемо працювати в даному проекті. При виборі цього пункту на екрані відобразиться панель з 16 кнопок з назвами виробників. Якщо база даних конкретного виробника не встановлена в системі, кнопка з відповідною назвою неактивна (не натискається).

Натиснемо кнопку Demo, щоб вибрати вбудовану в програму "демонстраційну" базу даних, яка містить умовні світильники. На екрані з'явиться стандартне вікно роботи з базою даних світильників. У лівій верхній частині цього вікна знаходиться вікно пошуку світильника за номером заводського артикула.

Пошук за заводським артикулом зручний у випадку, коли тип світильника попередньо обраний за "паперовим" каталогом. Для відображення світильника з даним артикулом після вводу номера натискаємо кнопку Search (пошук), що розташовується в правому нижньому куті вікна. Для повторного відображення всіх наявних у базі світильників вводимо в поле Article number символ "" і натискаємо кнопку Search.*

У правій верхній частині екрана розміщений список світильників з номерами артикулів і коротких описів. Після виділення одного із світильників заповнюються чотири вікна, розміщені у нижній частині екрана: вікно з

логотипом виробника, фотографія світильника, зменшений вигляд його кривої сили світла й вікно з докладним описом світильника (на англійській або німецькій мові). Деякі бази даних не виводять вікно з кривою сили світла, у цьому випадку його можна викликати натисканням кнопки LDC. Криву сили світла також можна переглянути в збільшеному вигляді, вибравши у верхньому меню View пункт Show LDC.

Світильник, що підходить для даного розрахунку, потрібно додати в поточний список натисканням кнопки Use, що розташовується внизу вікна. У всіх базах даних, крім демонстраційної, кнопку Use можна натискати кілька раз, додаючи кілька типів світильників підряд. Вікно демонстраційної бази "ховається" щоразу після натискання цієї кнопки, тому його необхідно викликати знову натисканням кнопки Selection.

Додамо в поточний список світильники з артикулами *101004* і *103002*, після чого закриємо вікно бази даних натисканням хреста у правій верхній його частині.

Крок сьомий. Можна приступати до розміщення світильників. Чотири кнопки Single, Line, Field і Circle дозволяють вибрати спосіб розміщення світильників (по одному, рядами, рядами по горизонталі й вертикалі й по колу). Перед тим як приступати до розміщення світильників, бажано знати їх необхідну кількість. У цьому нам допоможе підказка, запропонована програмою тільки в режимі розміщення Field (рядами по горизонталі й вертикалі на плані приміщення).

Щоб визначити необхідну кількість світильників, задамо освітленість, яку ми хочемо створити в нашому офісі. Її мінімально припустиме значення зазначене у відповідному розділі вже згаданих будівельних норм. Для офісу обраного нами типу воно становить 500 лк. Разом з тим при розрахунках програма DiaLux орієнтується не на мінімальну (E_{min}), а на середню (E_m)

освітленість у приміщенні, що свідомо виявиться більше. Оскільки ми збираємося використати порівняно великі світильники розсіяного світла, то будемо вважати, що середня освітленість буде на 10% вище мінімальної (тобто 550 лк).

Натискаємо кнопку Field. У нижній частині екрана з'являється панель розміщення світильників. Ліва частина цієї панелі зайнята інформацією про обраний світильник з його фотографією. У поле Em вводимо знайдені раніше 550 лк. *Програма автоматично заповнює поля Number of lum. X/Y (кількість світильників уздовж осей X/Y).*

Не забуваємо правильно задати висоту розміщення світильників у поле Mount. Height/Type (тип монтажу/висота установки). Висота або задається в метрах, або вибирається зі списку: Surface mounted (помістити на поверхню стелі), Recessed (вмонтувати в стелю) або Freestanding (розмістити довільно). За замовчуванням пропонується спосіб розміщення світильника, передбачений заводом-виготовником.

Визначивши необхідну кількість світильників (перемножуванням чисел у полях Number of lum. X і Y), можна автоматично розмістити їх, натиснувши кнопку Place, або перейти до ручного розміщення, натиснувши кнопку ОК і потім одну із кнопок Single, Line або Circle.

***Примітка.** Автоматичний розрахунок кількості світильників придатний тільки для прямокутних приміщень.*

Вибираємо в поточному списку світильників DEMO 101004 і натискаємо кнопки Place і потім ОК.

Крок восьмий. Створивши основне (робоче) освітлення офісу, розмістимо кілька акцентуючих світильників над робочим столом. Для цього натискаємо кнопку Single (одиначне розміщення світильників). У нижній

частині екрана з'являється панель одиночного розміщення світильників. Ця панель аналогічна розглянутій нами на сьомому кроці, однак для розміщення одиночного світильника досить задати лише дві його координати X, Y і висоту розташування. Як і на попередньому етапі, для розміщення світильника натискаємо кнопку Place, а для завершення цього кроку – кнопку ОК.

Розміщення одиночних світильників також можна виконати й подвійним натисканнями лівої кнопки миші на обраній точці плану приміщення.

Виберемо в списку світильників точковий світильник **DEMO 103002** і розмістимо його на стелі у двох екземплярах: у точках з координатами X = 6,5 м; Y = 2,2 м і X = 2,5 м; Y = 3,6 м. Таким чином, світильники будуть розташовані по краях робочого стола.

Споконвічно всі світильники розташовані світячою частиною униз. Їхню індивідуальну орієнтацію можна визначити по діаграмі жовтим кольором, на якій показані частини, що світять. Повернемо точкові світильники так, щоб вони освітлювали поверхню стола. Для цього необхідно задати кути нахилу відносно осей X і Y у полях Q and L Incl. і кут його повороту відносно вертикальної осі в полі Ori.

Задаємо параметри Ori.= -20 і L. Incl.= -55 для першого (лівого) світильника й Ori.= -20 і L. Incl.= 65 для другого (правого) світильника.

Перед зміною кута повороту одиночного світильника або всіх світильників у групі їх потрібно виділити одиночним натисканням лівої кнопки миші.

Закінчивши редагування параметрів одиночних світильників, натискаємо кнопку ОК. Збережемо проект на диск, вибравши в меню Project

команду Save або натиснувши на кнопку із зображенням дискети в лівому верхньому куті екрану. Залишимо запропоноване програмою ім'я файла Project1. Тепер можна приступати до заключної стадії проекту – розрахунку освітлення.

Крок дев'ятий. Натискаємо кнопку Calculate (розрахувати). На екрані відобразиться вікно запуску розрахунку освітленості. Перші дві вкладки цього вікна (Description і Address) нагадують нам про можливості заповнити поля, використовувані в друкованому звіті. Третя, обрана за замовчуванням, – вкладка Start calculation (запуск розрахунку). Нею ми й скористаємося.

З важливих налаштувань відзначимо перемикач, який розташовується на цій вкладці, Take furniture into account (ураховувати меблі при розрахунках). Якщо в ньому відсутня галочка (меблі не враховуються), розрахунок відбудеться набагато швидше, але в його результатах будуть відсутні тіні, а тривимірний вид приміщення виявиться недоступним. Для запуску розрахунку натискаємо кнопку ОК. На екрані з'явиться вікно, в якому видні обсяги виконаних розрахунків. Після завершення розрахунку відкривається вікно перегляду результатів. У цьому вікні можна переглянути (але вже не можна змінити!) всі складові друкованого звіту, а також відправити звіт – повністю або вибірково – на принтер. У верхній частині цього вікна перебувають два випадаючих списки, з яких лівий пропонує вибрати об'єкт, а правий – властивість цього об'єкта для перегляду. До числа об'єктів відносяться звіт про проект (Project1), кожне з приміщень у проекті (Room1, Room2 і т.д.), а також кожний з об'єктів у приміщенні, для якого виконувався розрахунок освітленості (Working plane, Calculation surface і т.д.). При виборі одного з об'єктів у правому списку з'являється набір його доступних для перегляду властивостей. Наприклад, для об'єкта типу "Звіт" (Project1) доступний перегляд обкладинки (Project cover), змісту (Table of contents), параметрів освітлення (Room survey) і специфікації устаткування

(Parts list/order). Нагадаємо, що повний звіт автоматично формується з відомостей, зазначених на попередніх етапах у відповідних вікнах. Наприклад, обкладинка проекту замість єдиного напису Project1 повинна містити назву й код проекту, короткий його опис і координати розробника/замовника.

На завершальному етапі нашої роботи переглянемо й роздрукуємо найбільш необхідні частини звіту про проект.

Крок десятий. Найпотрібнішими результатами розрахунку є графічне зображення розподілу освітленості по робочій поверхні і загальний тривимірний вид освітленого приміщення. Виберемо в лівому списку вікна результатів об'єкт Working plane. У правому вікні з'явиться список доступних результатів розрахунку: Isolines (лінії постійної освітленості), Grey scale (зафарбовані лінії постійної освітленості), Illuminances (таблиця освітленості) і Relief (тривимірний графік освітленості). Найчастіше користуються звичайними й зафарбованими лініями постійної освітленості. У нижній частині вікна результатів відображається таблиця з п'яти колонок, яка містить статистичні відомості: середню освітленість (E_m), максимальну й мінімальну освітленість (E_{max} , E_{min}) і два відношення, які характеризують рівномірність розподілу освітленості: мінімальної освітленості до середньої E_{min}/E_m і мінімальної освітленості до максимальної E_{min}/E_{max} . Тепер переглянемо вид освітленого приміщення. Для цього в лівому меню вікна результатів виберемо пункт Room1, а в правому меню – пункт "Тривимірний вид" (3D rendering). На екрані з'явиться вікно із тривимірним видом неосвітленого приміщення. Для відображення освітленого виду натиснемо кнопку Render.

Щоб змінити точку спостереження кімнати, натиснемо кнопку Settings (налаштування). У вікні налаштування тривимірного виду 3D Position можна задати обертання приміщення відносно вертикальної осі (Rotation Z-axis) і відстань її спостереження (Observer distance). У нижній частині вікна є

регулювання яскравості картинки, яке виявляється корисним, якщо тривимірна картинка занадто залита світлом або, навпаки, неприродно темна. Налаштувавши бажаний вид, натискаємо кнопку ОК і потім знову кнопку Render.

Насамкінець роздрукуємо результати розрахунку. Перебуваючи в одному з вікон Iso-lines , Grey scale або 3D rendering , виберемо в меню Project пункт Print preview. У вікні попереднього перегляду, яке з'явилося, помітимо номер сторінки, на якій розміщується обраний вид результату розрахунку. *Номер сторінки розташовується у правій верхній частині сторінки, під датою виконання проекту. При необхідності можна збільшити розмір зображення кнопкою Zoom In.*

Запам'ятавши номер сторінки, натиснемо в лівій верхній частині екрана кнопку Print і задамо в діалоговому вікні, що з'являється, її номер. У протилежному разі буде роздрукований весь 20-сторінковий звіт про проект, який містить масу незаповнених і неінформативних сторінок.

Закінчивши роботу з результатами розрахунку, закриємо вікно результатів натисканням кнопки з хрестом в його правій верхній частині. На екрані з'явиться вікно складу проекту Project Tree. При необхідності щось змінити в параметрах нашого приміщення виділимо в списку об'єктів рядок Room1 і натиснемо кнопку Edit. Після закінчення редагування властивостей приміщення нам знову буде доступна основна панель інструментів програми (Room, Furniture, Selection...).

ЛЕКЦІЯ 10

Проектування освітлювальної установки відкритого простору в CALCULUX

Calculux надає проектувальнику вибір з 19 стандартних відкритих просторів для освітлення: 17 з них є спортивними майданчиками різних видів і дві одно- і двополосні проїзні частини. Поряд із зазначеним, є можливість створення відкритого простору довільних геометричних розмірів, установлюваних користувачем.

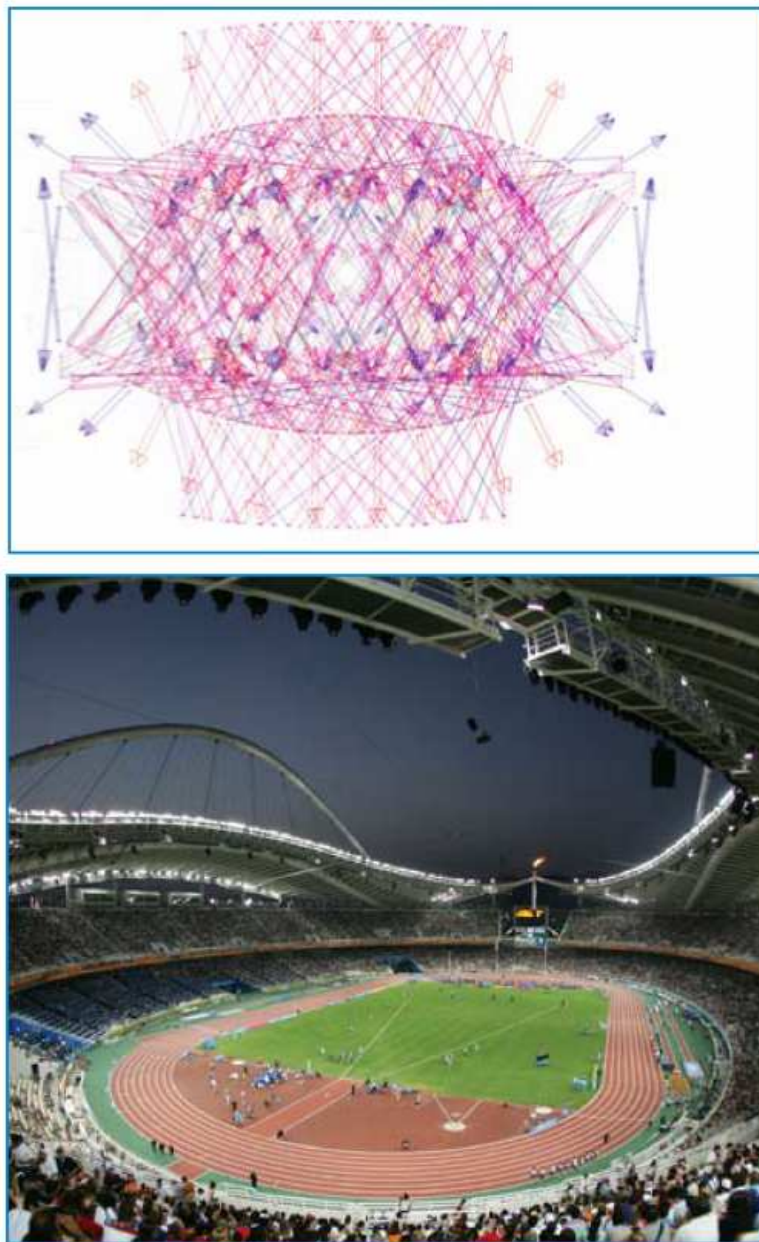


Рис. 1 – Хід світлових променів і візуалізація стадіону.

Алгоритм проектування ОУ відкритого простору розглянемо на прикладі освітлення футбольного поля.

1) Після запуску програми необхідно створити новий проект, для чого слід скористатися меню «Файл», вибравши з нього пункт «Новий проект» або натиснути на кнопку «Новий» панелі редагування.

2) Основні команди побудови проекту містить пункт меню «Дані». На другому етапі з цього пункту можна вибрати підпункт «Налаштування проекту». У вікні, що з'явилося, з дев'ятьма вкладками проектувальник може змінювати налаштування:

- загальні (установити коефіцієнт запасу, збереження результатів розрахунку);

- двовимірний вид (включити/відключити різні параметри для двовимірної проекції);

- тривимірний вид (включити/відключити різні параметри для тривимірної проекції);

- симетрія (тут можна встановлювати вид симетрії: відносно осі X, відносно осі Y, відносно двох осей, що зручно при розміщенні ОП).

Також ця вкладка дозволяє встановити положення початку координат;

- націлювання (Опція використовується при розміщенні світильників у просторі. Програмою пропонується включити один з трьох видів націлювання: паралельно площини XY, паралельно площини XZ і паралельно площини YZ);

- двомірний масштаб (опція налаштування масштабу відображення побудов для двомірної проекції);

- тривимірний масштаб (те ж для 3-х мірної проекції);

- імпорт AutoCad (параметри імпорту зображення з програми AutoCad, тут можна задати одиниці виміру імпортованого об'єкта);

- експорт AutoCad (параметри експорту даних в AutoCad, тут можна вибрати версію AutoCad, у яку будуть експортовані дані, а також задати розширення файлу).

3) З пункту меню «Дані» слід вибрати підпункт «Вибір поля». У невеликому вікні, яке з'являється, необхідно натиснути кнопку «Додати», що дозволить розкрити список пропонованих програмою стандартних полів. Із цього списку виберемо футбольне поле. На екрані з'явиться нове вікно із заповненими за замовчуванням рядками, значення яких можна змінювати. Змінювати можна: назву поля, розміри поля, положення координати центру, поворот поля. У правій частині вікна відображається двовимірний план обраного поля (вид зверху). Зміни, внесені в зазначені рядки, викликають зміни двовимірного плану. Після натискання кнопки ОК система повертається до невеликого вікна, у яке вже додана назва обраного поля. Виділивши цю назву (однократним натисканням на ньому лівої кнопки миші), при необхідності можна використати інші кнопки, що перебувають під кнопкою «Додати». Це кнопки «Змінити» – повернення до завдання параметрів обраного поля; «Дублювати» – створення поля співпадаючого за параметрами із заданим раніше, яке буде розташовано з останнім на одному кресленні; «Видалити» – видаляє створене поле.

4) На цьому етапі необхідно вибрати тип світильника або світильників, які будуть використані в проєкті. Вікно вибору світильників викликається з підпункту меню «Вибір світильників» меню «Дані». Вікно є подібним до вікна, розглянутого за допомогою декартової системи; або Поворот-Нахил 90-Нахил 0 – при націлюванні за допомогою полярної системи; Z-вісь; X-вісь; Y-вісь.

Для додавання інформації про потрібний світильник треба вибрати його за допомогою миші у віконці зверху, після чого натиснути кнопку «Новий» внизу. При цьому в таблиці додається перший запис, деякі комірки якого можна редагувати. У комірці тип повинна перебувати заголовна буква латинського алфавіту, що відповідає букві навпроти назви світильника з верхнього віконця. У відповідних комірках таблиці необхідно задати інформацію про положення світильника в просторі, при цьому можна використати нахил світильника відносно трьох просторових осей, скориставшись націлюванням за допомогою RBA. Розміщення світильника в

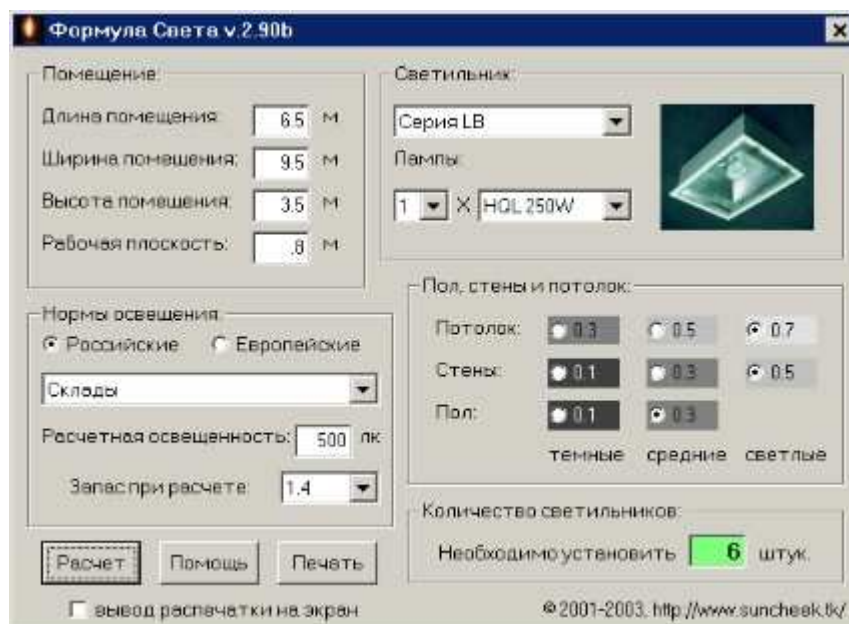
просторі відбувається після натискання кнопки «Вставити» у нижній частині вікна. Для перегляду картини положення світильника в просторі, не виходячи з вікна «Індивідуальні світильники», можна здійснити, перемкнувшись на другу вкладку «Вид». У вкладці передбачені можливості переходу між різними дво- і тривимірними видами проєкцій. Зазначені можливості полегшують роботу над розміщенням світильників.

При виборі підпункту меню «Група світильників» на екрані з'являється вже знайоме нам вікно з кнопкою «Додати», натиснувши на яку, можна викликати падаюче меню, що складається з п'яти пунктів:

1. Блок – додавання світильників блоками.
2. Полярна – додавання світильників, використовуючи полярну систему координат.
3. Лінія – додавання світильників, лініями.
4. Точка – розміщення світильників за допомогою вказівки координати точки положення його в просторі.
5. Вільна – відповідає індивідуальному додаванню світильників.

ЛЕКЦІЯ 11

Огляд функціональних можливостей програми "Формула Світла"



Зі штучним освітленням ми зіштовхуємося щодня. Більше того, сучасну цивілізацію важко було б уявити, якби діяльність людини залежала від капризів природних світил. Від того, наскільки грамотно сплановане освітлення, залежать настрої, працездатність і самопочуття. Теорія "правильного" освітлення складна. Однак у повсякденній практиці займатися трудомісткими розрахунками не доведеться: численні операції з перемножування і ділення величин візьме на себе комп'ютер. Програма «Формула Світла» призначена для розрахунку необхідної кількості світильників внутрішнього освітлення.

Інтерфейс програми містить чотири групи вікон вводу: «Приміщення» (для вводу розмірів приміщення і положення розрахункової площини), «Підлога, стіни й стеля» для задання коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення, «Світильник» для вибору типу світильника й лампи до нього й «Норми освітлення». Користуватися програмою просто, для цього від користувача не потрібно ніяких спеціальних знань. Досить задати розміри й кольори поверхонь приміщення, вибрати світильник і його модифікацію (за числом й потужністю ламп), вказати тип приміщення і вид норм (російські/європейські) і натиснути кнопку «Розрахувати». Результат розрахунку практично миттєво з'являється у відповідному полі в нижній частині вікна програми.

Мінімальні системні вимоги:

- IBM-PC сумісний комп'ютер із центральним процесором 80386;
- 6 Мб вільного місця на жорсткому диску;
- 16 Мб оперативної пам'яті;
- відеокарта, установлена в режим 640x480x256 кольорів;
- 32-бітна операційна система Windows 9X/ME (робота в інших операційних системах можлива, але не гарантується);
- Windows-сумісний принтер або замінюючий драйвер (при необхідності одержувати роздруківки).

Історія версій:

Версія 2.90b (09.04.2003). Програма вміє вирішувати не тільки пряму, але й зворотну задачу (розрахунок освітленості в приміщенні по заданій користувачем кількості світильників). Зроблено перекомпонування

інтерфейсу й перейменування деяких полів вводу для зручності рішення зворотного завдання.

Версія 2.60b (18.03.2003). Змінено колірне оформлення інтерфейсу, іконка програми й графіка в процесі установки. У черговий раз скоректована і незначно доповнена база даних, в яку вперше додані світильники типу "даунлайт" з компактними люмінесцентними лампами й промислові світильники класу low-bay з лампами високого тиску.

Версія 2.50b (13.01.2003). Додане вікно, яке можна відключити по бажанню користувача, "Рада дня", що містить корисні поради по використанню програми й освітлювального обладнання в цілому. У вікно вводу серійного номера додана підказка з адресою сторінки, на якій розташовується реєстраційна форма. Виправлено помилку, внаслідок якої на роздруківці "російські" і "європейські" норми освітлення мінялися місцями.

Версія 2.10b (07.11.2002). При отриманні результату більше 999 світильників програма видає попередження у вигляді зафарбовування вікна із числом у червоний колір. Додано вікно довідки, яке викликається по натисканню кнопки "допомога".

Версія 2.01b (26.09.2002). Розширено базу даних (35 світильників в 52 модифікаціях). Повністю оновлені (змнені) дані про світильники компанії "Світлові технології". Додано можливість попереднього перегляду роздруківки. Трохи змінені кольори й розташування органів управління інтерфейсу.

 Формула Света™ от ЗАО 'NFL Club Москва', версия 2.60b	
Владелец копии: Dominique, AGF Номер лицензии: SW12AGFLF-47336811	
Расчет количества светильников	
Исходные данные: Размеры помещения: 6.5x9.5x3.5 м (индекс помещения 1.42) Высота рабочей поверхности над уровнем пола: 0.8 м Коэффициенты отражения: 0.7 (потолок), 0.5 (стены), 0.3 (пол)	
Нормы освещения, российские (Склады) Требуемая освещенность: 500 лк Коэффициент запаса: 1.4	
Примененное оборудование: Тип светильника: Серия LB 1 лампа типа HQI, 250W Световой поток лампы: 13000 лм	
Результат расчета: Требуется 6 светильников.	
Спасибо за использование Формулы Света™ 	

Версія 2.00b (01.06.2002). Починаючи з версії 2.00b, програма дозволяє роздрукувати результат розрахунку на системному принтері, використовуюваному за замовчуванням (приклад роздруківки див. ліворуч).

Версія 2.00a (14.05.2002). Введено захист серійним номером користувача. Змінено

формат бази даних.

Версія 1.010 (25.11.2001). Виправлено незначні помилки попередніх версій.

Версія 1.01a (13.11.2001). База даних містить 20 світильників.

Версія 1.00a (06.11.2001) – початкова. База даних містить 4 світильники.

ЛЕКЦІЯ 12

Проектування освітлювальної установки в програмі **Light-in-Night**

Загальні положення. Програма призначена для розрахунку дорожнього, вуличного й паркового освітлення. Програма базується на вітчизняній методології розрахунку світлотехнічних параметрів, нормативній базі і характеристиках яскравості дорожніх покриттів. Використовувана в програмі база даних світлових приладів ґрунтується на номенклатурі Лихославльського заводу світлотехнічних виробів "Світлотехніка" і Московського дослідного світлотехнічного заводу (МДСЗ).

Інтерфейс програми реалізований у середовищі Windows.

Можливості програми

За допомогою програми можна розрахувати наступні світлотехнічні параметри ОУ:

- розподіл яскравості або освітленості проїзної частини, тротуару або паркової зони;
- середню яскравість або середню освітленість на заданій поверхні;
- загальний і поздовжній коефіцієнти рівномірності розподілу яскравості й освітленості по заданій поверхні;
- показник засліпленості ОУ.

Це дозволяє вирішувати наступні проектні завдання:

- здійснювати підбор типу, потужності й світлорозподілу СП;

- проводити оцінку ефективності обраної схеми розташування СП (бічне однобічне або двостороннє, центральне на опорах або на підвісі, індивідуальне для паркового освітлення);
- знаходити параметри найбільш раціонального розташування та орієнтації СП (висоту установки, крок між опорами, нахил кронштейну та ін.);
- оцінювати розрахункові значення параметрів ОУ при порівнянні їх з існуючими нормативами.

При цьому програма дає можливість представити результати розрахунку у вигляді протоколу в наочній табличній і графічній формі, зручній для розміщення в проектній документації. Інтерфейс програми й протокол результатів розрахунку виконані російською мовою.

У текстових полях інтерфейсу значення лінійних параметрів задаються в метрах, кутових – у градусах. Роздільником у десяткових числах є точка. Розташування (зрушення) чисел у рядку довільне. Роздільником двох чисел, які розташовані в одному рядку, є один або кілька пробілів.

Створення директорії й файлу проекту

При першому запуску програми з робочого стола відкривається вікно **Новий Проект**, де пропонується створити директорію проекту, у якій будуть створені файл проекту (з розширенням **.lin**), вихідні файли (з розширеннями **.psx** і **.res**) і деякі службові файли. За замовчуванням цю директорію пропонується створити в директорії **C:\Li\Samples**. Якщо Вас це влаштовує, то далі перехід до пункту 2, якщо ні, то

1. Кажіть у рядку "Директорія" повний шлях до існуючої директорії, у якій Ви хочете створити директорію проекту;
2. Наберіть у рядку "Ім'я проекту" ім'я директорії проекту. Одночасно із цим у рядку "Директорія" до зазначеного там шляху автоматично додається ім'я директорії проекту, що збігається з набраним ім'ям проекту.

У результаті набору в текстовому вікні **Ім'я проекту** імені, наприклад, **Проект-1**, у пропонованій за замовчуванням або зазначеною директорією (наприклад, **D:\L- i- N\Projects**) створюється директорія проекту (**D:\L- i- N\Projects\Проект-1**), а в ній – файл проекту **Проект-1.lin**.

Створення файлу проекту можливе також шляхом копіювання вже існуючого в іншій директорії файлу проекту в бажану директорію. При цьому імена файлу й директорії можуть не збігатися.

Завантаження файлу проекту

Завантаження існуючого файлу проекту можливе трьома шляхами:

1. При завантаженні програми з робочого стола. При цьому відкривається проект, використований останнім перед закриттям програми;
2. При подвійному натисканні лівою кнопкою миші по файлу проекту;
3. При відкритті з інтерфейсу програми (кнопка **Відкрити** меню **Проект**).

Ввід вихідних даних

Інтерфейс програми являє собою рядок головного меню й дві області для вводу вихідних даних **Об'єкту** й **Світлових Приладів**. При активізації області **Об'єкт** відкривається контекстне меню, що містить наступні пункти: **Заголовок**, **Вікно** й **Новий Елемент**.

Заголовок

У діалогове вікно **Заголовок** заносяться титульні дані, пов'язані з даним проектом: назва об'єкта, дата виконання, ПІБ проектувальника, назва організації-проектувальника й організації-замовника. Ці дані будуть виведені до Протоколу розрахунку.

Вікно

У цьому діалоговому вікні задаються параметри **Вікна**, тобто деякої прямокутної області, що обмежує видиму користувачем частину освітлюваного об'єкта. Саме вона й буде брати участь у розрахунку.

Освітлюваний об'єкт (наприклад, горизонтальна ділянка дороги, обмежена **Вікном**) зв'язується із прямокутною системою координат XYZ, таким чином, що площина дороги лежить у площині паралельної площини XOY, при цьому вісь дороги паралельна вісі OX чи вісі OY. Перегляд об'єкта здійснюється в паралельній проекції зверху (показано червоною стрілкою на малюнку).

Значення розрахункових величин (освітленості або яскравості) визначаються у вузлах прямокутної **Сітки**, що незримо покриває **Вікно**. Границі **Вікна** й крок **Сітки** по осях OX і OY задаються в текстових вікнах **Горизонтальна Сітка** й **Вертикальна Сітка** відповідно: у верхньому рядку – границі **Вікна**, у нижньому – крок **Сітки**.

Новий Елемент

Деревоподібна структура Об'єкту містить два підрівня **Елементи** й **Примітив**. У діалоговому вікні **Елемент** задається **Назва** Елементу і його **Статус (Включений, Виключений)**.

При закритті цього вікна в структурі **Об'єкт** з'являється створений **Елемент**. Він може бути згорнутий, на що вказує хрестик у кнопці ліворуч.

З **Елементом** зв'язане контекстне меню, за допомогою якого можна **Правити Елемент** (тобто змінювати його **Назву** й **Статус**), **Видалити Елемент**, змінювати його **Статус (Включений, Виключений)** і ввести **Новий Примітив**

Світлові Прилади

При активізації області **Світлові Прилади** відкривається контекстне меню, що містить пункт **Нова Група**, який дозволяє створити новий елемент **Група Приладів** структури **Світлові Прилади** з одним підрівнем. При активізації цього пункту відкривається діалогове вікно **Група Приладів** із трьома вкладками: **Назва**, **Тип** і **Розміщення**.

Назва Групи СП

При активізації вкладки **Назва** відкривається відповідне вікно властивостей, у якому задаються **Назву Групи СП** і її **Статус** (**Включена**, **Виключена**). Під Групою СП розуміється сукупність СП одного типу (один рядок при виборі з бази СП).

Тип Групи СП

При активізації вкладки **Тип** відкривається відповідне вікно властивостей, у якому містяться шість однорядкових текстових вікон, у які заноситься інформація про параметри СП: назва СП (**Світловий Прилад**); тип симетрії світлорозподілу СП (**Тип Симетрії**); тип ДС, використовуваного в цьому СП (**Тип ДС**); номінальна потужність ДС у ватах (**Потужність ДС, Вт**); назва фірми-виробника СП (**Виробник**); коефіцієнт запасу ОУ (**Коефіцієнт Запасу**).

Для вибору СП із БД необхідно натиснути кнопку **Вибір**, розташовану внизу праворуч.

Вибір СП

При натисканні кнопки **Вибір** відкривається діалогове вікно **Вибір Типу Приладу**. Зверху цього вікна розташовуються три вікна із прапорцями, що дозволяють відфільтрувати список СП БД у відповідності до зазначених вище параметрів СП: **Тип ДС** і **Потужність ДС, Вт**. Включивши в цих вікнах необхідні прапорці й натиснувши кнопку **Знайти**, ми одержуємо в нижче розташованому вікні відфільтрований список СП із БД. Цей список являє собою таблицю з п'ятьма стовпцями з наступними заголовками: **Назва**, **Сим.**, **Джерело**, **Потужність**, **Фірма**, що відповідають зазначеним вище параметрам

СП. Шляхом натискання на обрану кнопку заголовку список СП може бути відсортований по цьому параметру за абеткою зверху вниз. Причому спочатку йдуть цифрові символи, потім латинські й потім кириличні. Із правої сторони вікна є вертикальна лінійка прокручування списку.

Для обраного СП можна переглянути картинку із зображенням його КСС у декартовій або полярній системі координат, натиснувши відповідну кнопку **КСС (Декартова)** або **КСС (Полярна)**, розташовану нижче вікна зі списком СП. У вікні, яке відкрилося (при цьому програма переходить в DOS-режим) з'являється графік, що містить одну, дві або три криві в обраній системі координат. Випадок з однією кривою відповідає меридіональній КСС для СП із симетричним світлорозподілом. Випадок із двома кривими відповідає двом КСС, одна з яких (більш яскрава) відноситься до головної поперечної площини СП, а інша (менш яскрава) – до головної поздовжньої площини СП. У випадку із трьома кривими крім двох зазначених вище КСС (поздовжньої і поперечної) приводиться (пунктиром) КСС для меридіональної площини, що містить абсолютний максимум сили світла СП і не співпадає з головною поздовжньою й головною поперечною площинами, що характерно для вуличних світильників з так званою бічною КСС.

У даній програмі є можливість одночасного перегляду світлорозподілу декількох (не більше трьох) СП. Це зручно при порівнянні СП із близькими світлорозподілами. Для цього в списку СП при натиснутій клавіші **Ctrl** потрібно виділити необхідні СП (розташовані не обов'язково підряд) і натиснути одну із кнопок перегляду КСС: **КСС (Декартова)** або **КСС (Полярна)**. На графіку КСС різних СП виділяються різними кольорами.

При натисканні кнопки **ОК** у вікні **Вибір Типу Приладу** параметри обраного (одного) типу СП завантажуються у вікно властивостей вкладки **Тип**, які краще закріпити натисканням кнопки **Застосувати**. Після цього

переходять до розміщення СП даної групи, для чого треба активізувати вкладку **Розміщення**.

Розміщення СП

При активізації вкладки **Розміщення** відкривається пов'язане із цією вкладкою вікно. У програмі є три **Типи Розміщення: Довільний, По Прямій і По Колу**. Залежно від конкретного завдання, обумовленого видом освітлюваного об'єкта, за допомогою відповідного перемикача вибирається один з можливих типів розміщення СП.

У кожному вікні, пов'язаному з типом розміщення СП, є кнопка **Малюнок**, при натисканні якої відкривається вікно, у якому поміщений малюнок, що пояснює завдання координат точок установки й націлювання СП для обраної схеми. Червоними кольорами на цих малюнках позначені параметри, значення яких вводяться у відповідні таблиці. Параметри установки й націлювання СП задаються в тій же системі координат, що була визначена при завданні параметрів об'єкта.

У ряді випадків виникає необхідність у повороті СП навколо його оптичної осі. Для цього в цьому вікні є кнопка **Задати**, при натисканні якої відкривається вікно **Кут Повороту Світлового Приладу**, у якому є чотири кнопки-перемикачі, що відповідають чотирьом можливим значенням кута повороту СП: 0° , 90° , -90° і 180° . Безпосередньо на цих кнопках нанесені малюнки, що пояснюють орієнтацію СП при відповідних кутах повороту СП. Для того, щоб вибрати необхідну орієнтацію СП, досить клацнути лівою кнопкою миші по відповідній кнопці (зображенню) і закрити це вікно. У полі, яке не піддається редагуванню (поруч із **кнопкою Задати**) з'явилося значення кута повороту обраної орієнтації СП.

Тип розрахунку

Тут є кілька перемикачів для того, щоб задати режим розрахунку. Є наступні можливості: розрахунок освітленості на об'єкті; розрахунок яскравості дорожнього покриття; розрахунок показника засліпленості в ОУ.

Розрахунок освітленості на об'єкті задається включенням кнопки **Дорога (освітлена.)** У цьому режимі всі інші області вікна не доступні.

При включенні кнопки **Дорога** стають доступними вікно групи **Режим розрахунку**, де встановлені перемикачі **Яскравість** і **Засліпленість**, які дозволяють здійснювати розрахунок відповідних характеристик. При цьому при розрахунку яскравості дорожнього покриття є вибір одного із двох використовуваних у вітчизняній практиці Типів покриття: **Дрібнозернистий асфальт** або **Шорсткуватий асфальт**. Крім того, вибирається один із двох можливих напрямків руху: **По осі ОХ** або **По осі ОУ**, що пов'язане з необхідністю завдання напрямку спостереження. Таким чином, спостерігач (водій) розташовується від розрахункової ділянки дороги або ліворуч (при виборі напрямку руху – **По осі ОХ**), або знизу (при виборі напрямку руху – **По осі ОУ**).

У даній версії програми положення спостерігача при розрахунку яскравості визначається його лінією зору, що лежить у вертикальній площині, паралельній осі дороги, під кутом 1^0 до площини дороги.

ЛЕКЦІЯ 13

Система комп'ютерної програми **ElectriCS Light** для світлотехнічних розрахунків. Огляд деталей інтерфейсу

ElectriCS Light – програмний продукт для автоматизації виконання світлотехнічних розрахунків при проектуванні освітлювальних установок промислових і цивільних будівельних об'єктів і територій.

Застосування САПР ElectriCS Light дозволяє робити розрахунки як для внутрішнього освітлення будинків і споруджень, так і для зовнішнього (у тому числі прожекторного) освітлення промислових площадок.

Основні можливості

- Базу даних становить набір таблиць ламп, кривих сили світла (КСС), світильників, відбиваючих поверхонь, коефіцієнтів використання.
- Введення вихідних даних у таблиці системи здійснюється вручну, з буфера обміну або із САПР ElectriCA у форматах DBF, Microsoft (MS) Word, MS Access, MS Excel.
- Вихідними даними для світлотехнічних розрахунків у системі є:
 - переліки джерел світла (світильників), точок контролю, стін, кімнат (приміщень), щогл;
 - зона розрахунку;
 - група примітивів будинків і споруджень (будинки, резервуари, цистерни, сфери, труби) для формування тіней (обліку затінення).
- Введення координат вихідних даних здійснюється в діалоговому режимі в параметричному виді, а також із планів (генпланів) приміщень у середовищі AutoCAD.
- Розрахунки проводяться на основі <Довідкової книги по світлотехніці> (під ред. Ю. Б. Айзенберга), – М.: Энергоатомиздат, 2006.
- Попереднє визначення числа світильників приміщення здійснюється по методу коефіцієнта використання по заданим рівням освітленості, коефіцієнту використання й обраному з бази даних типу світильника (лампи). При більш складному завданні розрахунок числа світильників проводиться на підставі вихідних проектних даних про розміри приміщення, середньому коефіцієнту відбиття поверхонь і середньої кривої сили світла (КСС).

- Для розрахунку освітленості застосовується найбільш загальний метод – метод сили світла, що дозволяє визначити для довільної точки простору сумарну освітленість, створювану прямим і відбитим від поверхонь світлом світильників.

- Число світильників, а також спосіб їхнього розташування в просторі приміщень визначаються на основі варіантних і ітераційних розрахунків з урахуванням забезпечення заданих рівнів освітленості в контрольних точках і припустимому ступені її нерівномірності.

- Підсумкова документація за результатами розрахунку оформляється:

- у форматі AutoCAD, у вигляді схеми розміщення світильників із вказівкою величин освітленості в заданих контрольних точках;

- у форматі MS Word, у вигляді переліку джерел світла й точок контролю.

Переваги програми

Користувачу запропоновані ефективні алгоритми й рішення:

- введення координат вихідних даних з використанням графічних засобів AutoCAD (оцифровка планів в AutoCAD) і можливістю одночасного нанесення на плани об'єктів у тривимірному поданні;

- прямий і найбільш точний метод розрахунку освітленості;

- розрахунок освітленості у приміщеннях довільної конфігурації (прямокутної, овальної, Г- або Т-образної і т.д.);

- можливість перегляду в тривимірному виді (аксонометрії) як вихідних даних, так і результатів розрахунку у вигляді світлових полів, що дозволяє візуально оцінити розподіл освітленості по площі освітлюваної поверхні;

- оцінка освітленості в довільних точках простору з різною орієнтацією розрахункової поверхні;

- автоматичне нанесення на план (генплан) границі області заданого рівня освітленості й розрахованих величин освітленості;
- одержання зведеного результату за розрахунками безлічі приміщень і будинку (проекту) в цілому.

З програмою поставляються контрольні приклади, що ілюструють можливість застосування ElectricS Light при вирішенні широкого кола інженерних завдань:

- проект зовнішнього освітлення технологічної площадки при облаштуванні нафтового родовища;
- проект зовнішнього освітлення частини площадки геотермальної електростанції;
- проект внутрішнього освітлення насосної станції системи пожежогасіння;
- проект внутрішнього освітлення спортивного залу;
- проект внутрішнього освітлення кімнати відбору проб.

Ефективність застосування системи

Система забезпечує:

- простоту вводу вихідних даних і наочність механізму автоматичної генерації результатів, що дозволяє в короткий термін прийняти адекватне інженерне рішення;
- значне збільшення продуктивності праці проєктувальників у частині розрахунку внутрішнього й зовнішнього освітлення;
- істотне підвищення якості проекту за рахунок застосування найбільш точної методики розрахунку.

Мінімальні системні вимоги

- Операційна система: Microsoft Windows NT 4.0

- Процесор: Pentium II
- Оперативна пам'ять: 64 Мб
- Текстовий редактор: Microsoft Word 2000
- Графічне середовище: AutoCAD 2002

ЛЕКЦІЯ 14

РЕАЛІСТИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ 3DS MAX

Для створення реалістичного освітлення використовуються фотометричні джерела світла. Фотометричне джерело світла описується світлорозподілом – файл у форматі .IES, .ULD або .LDT (Існують й інші формати, але вони поширені набагато менше). 3DS MAX не підтримує ніяких інших форматів фотометрії, крім .IES. Цей формат є міжнародним і використовується для світлотехнічних розрахунків професійними світлотехніками й світлодизайнерами. По суті він позбавлений будь-якої вигадки, світлорозподіл, описаний у файлі IES максимально наближений до реального світлорозподілу світильника. А все тому, що одержують такі файли на фабриках, де й виготовляють самі світильники за допомогою спеціального устаткування (фотометра). Освітлення, яке розраховується в vray при використанні фотометричного джерела світла з IES – це на сьогоднішній день краще, що можна чекати від візуалізаторів другого покоління, яким є vray.



Рис. 2 – Візуалізація, яка отримана за допомогою vray

Існують програми, за допомогою яких можна створювати файли IES самостійно. Якщо ми прагнемо до фотореалістичності – краще цей момент пропустити й взяти реальну фотометрію реального джерела світла (існує багатомегабайтна бібліотека IES). У кожному разі фотометрію краще використати рідну, фабричну, але якщо такої немає – шукати аналоги у інших фабрик. Якщо ж ви створюєте файл IES самостійно й бажаєте одержати разючий ефект – задумайтеся: як потім цей ефект реалізувати ?

Формат IES можна вільно завантажити із сайтів численних виробників джерел фотометричного освітлення. Не завжди вдається скачати таку специфічну інформацію рядовому користувачеві, але це не означає, що IES-ок немає, просто потрібно зробити запит на фабрику.

Для візуального розуміння дії фотометричних джерел використовують програму для перегляду файлів IES.

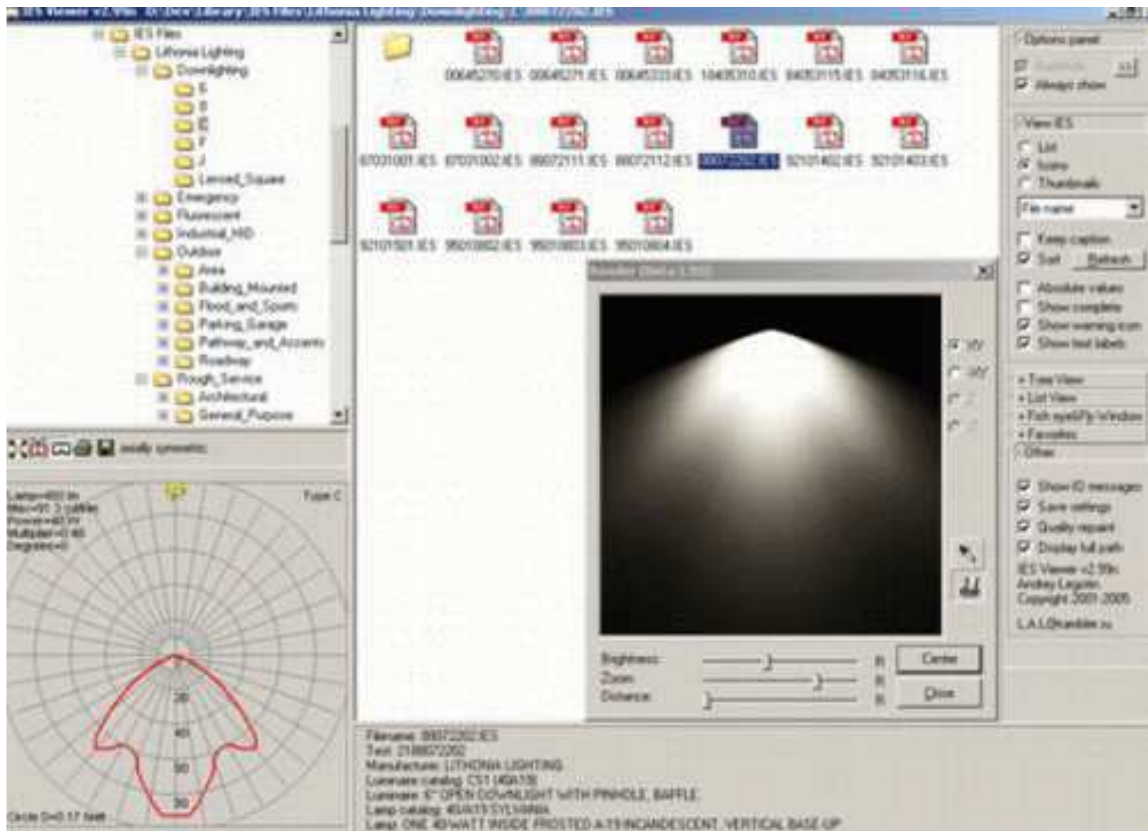


Рис.3 – Інтерфейс IES Viewer



Рис.4 – Схематичне подання різних джерел світла IES і їх рендеринг

3DS Max є одним із представників ПО, що підтримує фотометричні джерела освітлення. Є два вбудовані джерела світла IES у межах 3DS Max панелі Photometric Lights. Ці джерела зветься IES Sun і IES Sky. IES Sun являє собою фізично засноване освітлення, що імітує сонячне світло, а IES Sky представляє атмосферні ефекти від Skylight. Для кращого розуміння дії даних освітлювачів Ви можете звернутися до документації 3DS Max. Також в 3DS

Max є можливість використання зовнішніх джерел формату IES за допомогою функції Photometric Web. Дана функція служить для 3D подання світлового розподілу інтенсивності джерела світла, що дозволяє створювати відповідність із дійсними записаними світловими профілями.

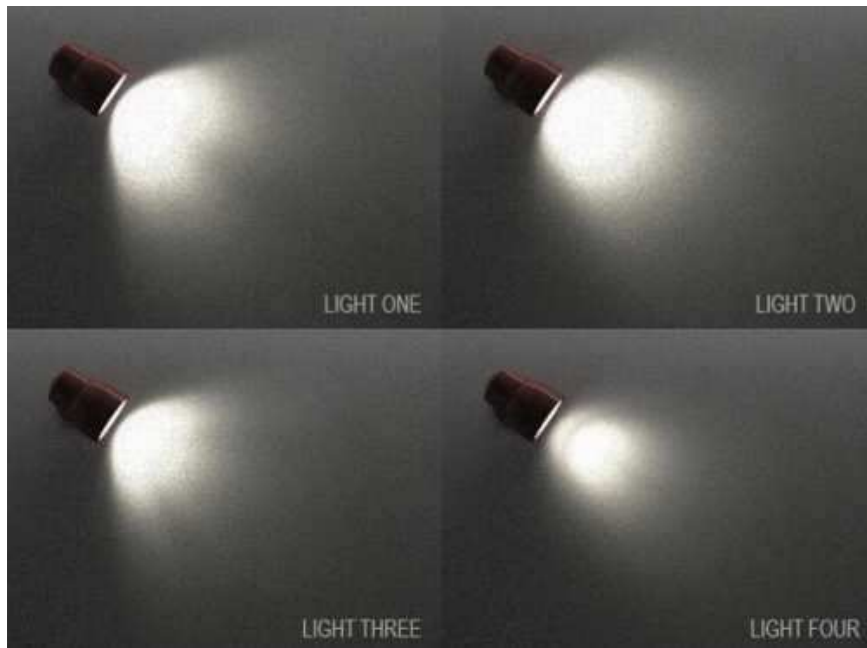


Рис.5 – Візуалізація сцени з різними джерелами світла IES

3DS Max дає можливість використовувати фотометричний світлорозподіл у форматі IES за допомогою функції Photometric Web. Дана функція служить для 3D представлення світлового розподілу інтенсивності джерела освітлення, що дозволяє створювати дуже добре світловий ефект, який вийде від світильника в реальному житті.



Рис.6 – Візуалізація сцени з різними джерелами світла IES

Практичне застосування файлів IES в 3DS Max

Отже розглянемо найпростішу сцену освітлення.

Можна встановити кілька примітивів, щоб було більше можливостей для оцінки ефектів освітлення.

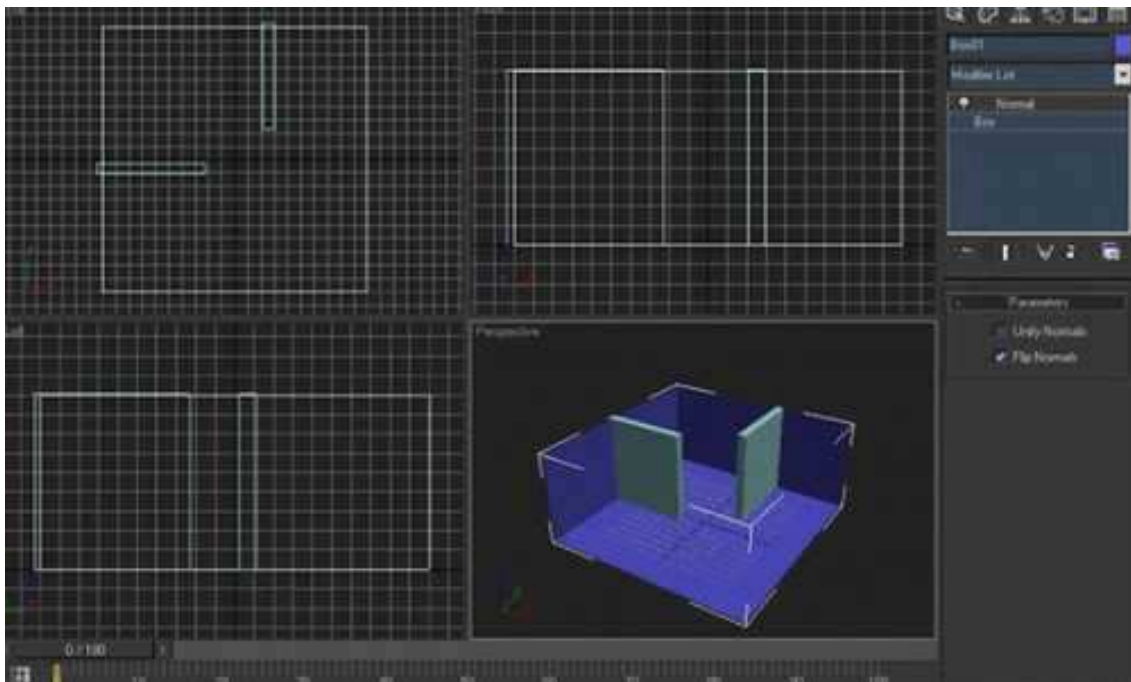


Рис.7 – Найпростіша сцена освітлення в 3DS Max

Для створення світильників (джерел світла) перейдіть на панель Create, клацніть на Lights і виберіть зі списку, що розкривається, Photometric. Ви можете використати формат IES з будь-яким джерелом світла із групи Photometric крім IES Sun і IES Sky. Отже, виберіть який-небудь із представлених освітлювачів і розмістіть його в межах приміщення. У даному прикладі автор використовує Target Point.

Розміщуємо світильники – фотометричні джерела світла в трьох окремих частинах сцени.

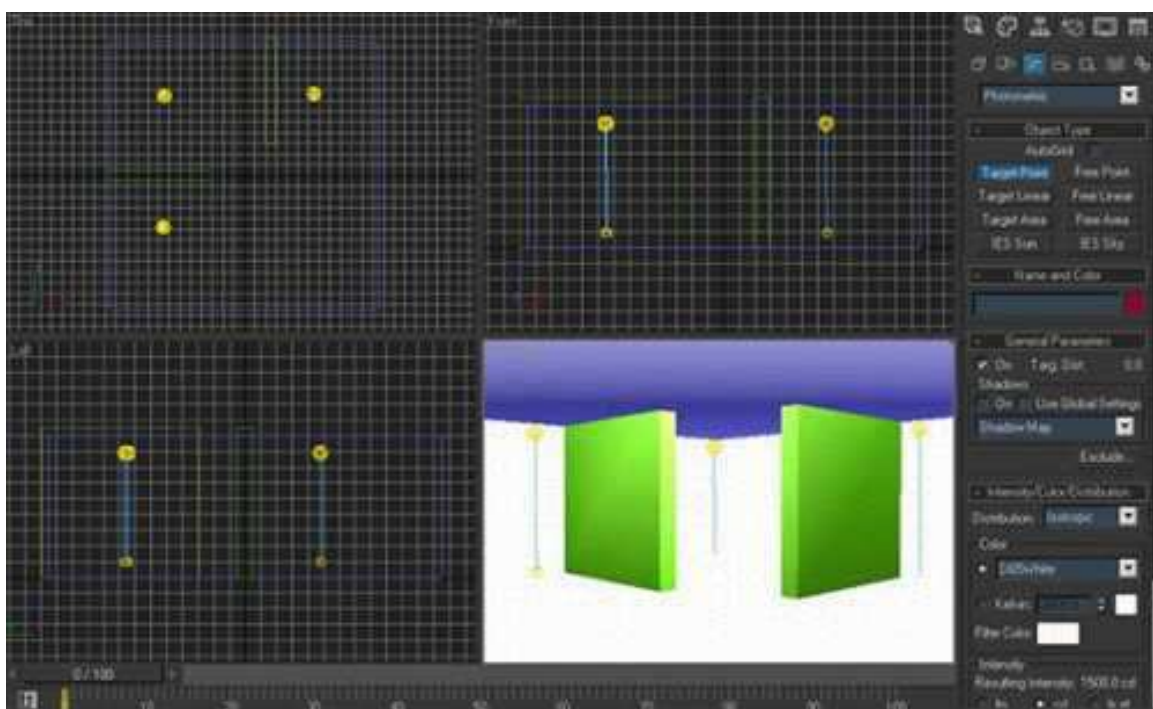
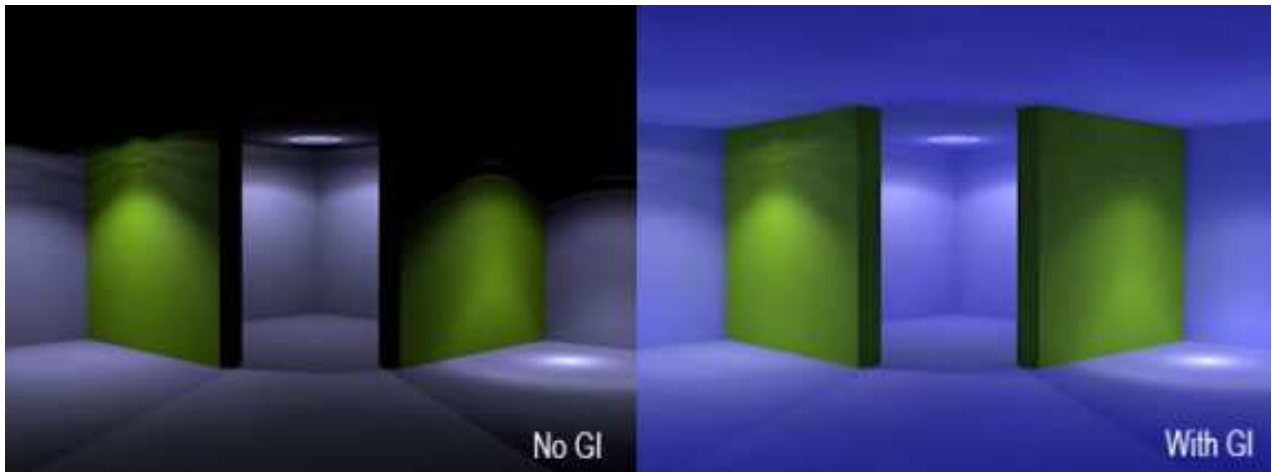


Рис. 8 – Приклад розміщення світильників

Після установки IES у правильній позиції перейдіть на панель модифікації для перегляду параметрів джерела світла. Зверніть увагу на сувій Intensity/Color/Distribution, де навпроти Distribution необхідно встановити Web. Це дає 3DS Max розуміння про те, що ми хочемо скористатися зовнішнім форматом світлового профілю. При виборі функції Web з'являється сувій Web Parameters, у межах якого можна вибрати формат IES.

При завантаженні IES його схематична форма відображається у вікнах проєкцій 3DS Max. Тепер можна відрегулювати дійсні фізичні характеристики, властивому кожному джерелу світла в реальному житті – це світловий потік (лм, люмен, зазначений у каталогах виробників ламп), яскравість джерела світла (кд, канделла) або освітленість, що ми хочемо мати на відстані – Lumen, Candela або Lux.



а)

б)

Рис. 9 – Підсумковий результат рендеринга: а) з використанням методу Global Illumination; б) без використання методу Global Illumination



Рис. 10 – Приклад візуалізації .

ФОРМАТ IES. Правила формування файлу фотометричних даних по формату IES

Нижче наведений повний текст перекладу стандарту IESNA:LM-63-1995, розробленого Світлотехнічним суспільством Північної Америки (IESNA). Матеріал викладений у вигляді основного розділу й чотирьох Додатків і не збігається за структурою з оригіналом.

Загальні положення

1. Фотометричні дані ОП записуються у вигляді текстового файлу в кодуванні ASCII. Основні параметри й приклади їхнього запису наведені в табл.1. Додаткові параметри містяться в Додатках 1 і 2.
2. У першому рядку вказується формат файлу IES по даному стандарту:
IESNA:LM-63-1995.
3. Далі впливають необов'язкові (опціональні) параметри із ключовими словами, значення й приклади запису яких наведені в табл.1. Правила запису рядків із ключовими словами й додатковими ключовими словами наведені в Додатку 1.
4. Наступний обов'язковий рядок, у якому, починаючи з першої позиції, записується вираження TILT=. Якщо світловий потік використовуваної лампи не залежить від нахилу ОП, то цей рядок приймає вид: TILT=NONE. У протилежному випадку використовується запис TILT=INCLUDE або TILT=<ім'я файлу>. Правила запису додаткових рядків або файлу для цього випадку наведені в Додатку 2.
5. Далі записуються обов'язкові рядки, що складаються із групи параметрів. Значення параметрів однієї групи можна записувати багатьма рядками, як у табл.1, або все в один рядок, як у Додатку 4. Але кожен рядок параметрів, позначену окремим рядком у табл.1, необхідно починати з нового рядка.

6. Послідовність рядків і параметрів у рядку повинна строго відповідати табл.1.

7. Довжина всіх рядків після рядка TILT= не повинна перевищувати 132 символів. Якщо необхідний запис параметрів перевищує цю довжину, здійснюється перенесення на наступні рядки.

8. Значення параметрів у рядку відокремлюються один від одного роздільником: комою, одним або декількома пробілами або символом перекладу головки принтера на новий рядок.

9. Всі числові дані повинні бути у форматі REAL (числа із плаваючою крапкою) за винятком наступних параметрів:

- <орієнтація лампи> (у випадку TILT=INCLUDE);
- <число пар кутів нахилу й множників> (у випадку TILT=INCLUDE);
- <число ламп у світильнику>;
- <число полярних кутів>;
- <число азимутальних кутів >;
- <тип фотометрії>;
- <система одиниць>;

які повинні мати формат INTEGER (цілого числа).

10. В одному файлі можуть бути записані дані декількох ОП. У цьому випадку відразу після останнього рядка попереднього ОП слідує перший рядок наступного ОП.

11. Приклади запису IES-файлів наведені в табл.1.

Таблиця 1. – Параметри й приклади запису рядка у форматі IES

Номер рядка	Параметр	Приклад запису	Примітки
1	2	3	4
1.	IESNA:LM-63-	IESNA:LM-63-1995	Показчик стандарту
2.	[TEST]	[TEST] Протокол №25/2	Номер протоколу
3.	[DATA]	[DATA] 28.04.2003	Дата протоколу (день.місяць.рік)
4.	[MANUFAC]	[MANUFAC] ЛЗСИ "Світлотехніка"	Виробник ОП

Продовження табл. 1

1	2	3	4
5.	[LUMCAT]	[LUMCAT] ЖКУ16-250-001 Б	Назва ОП в каталозі
6.	[LUMINAIRE]	[LUMINAIRE] Для вулиць, доріг і площ	Опис ОП
7.	[LAMPCAT]	[LAMPCAT] ДНаТ 250	Позначення ДС по каталогу
8.	[LAMP]	[LAMP] Натрієва лампа високого тиску, 250 Вт	Опис ДС
9.	[OTHER]	[OTHER] Відбивач перекритий захисним склом з світлостабілізованного полікарбонату	Додаткова інформація
10.	[MORE]	[MORE] Має широкую бічну КСС і може застосовуватися для освітлення вулиць і доріг шириною до 40 м.	Рядок продовження
11.	TILT=	TILT=NONE	Див. Додаток 2
12.	<число ламп у світильнику> <світловий потік лампи> <множник> <число полярних кутів> <число азимутальних кутів> <тип фотометрії> <система одиниць> <ширина світильника> <довжина світильника> <висота світильника>	1 27000 27 19 37 1 2 0.2 0.43 0.15	Див. Пояснення 1 Номинальний світловий потік ДС у лм. Див. Пояснення 2. Множник, на який при необхідності можуть бути помножені всі значення сили світла ОП. Див. Пояснення 3. Кути γ в системі (С, γ), або β в системі (В, β), або α в системі (А, α) Кути С в системі (С, γ), або В в системі (В, β), або А в системі (А, α) Параметр приймає наступні значення: 1 – для системи (С, γ) 2 – для системи (В, β) 3 – для системи (А, α) Параметр приймає наступні значення: 1 – розміри ОП у футах; 2 – розміри ОП у метрах. Розмір ОП по осі 90^0 - 270^0 (мал. 1). Див. Пояснення 4. Розмір ОП по осі 0^0 - 180^0 (мал. 1). Див. пояснення 4. Див. пояснення 4.

Продовження табл.1

1	2	3	4
13.	<коефіцієнт баласту> <ознака версії> <потужність світильника>	1 1 275	Коефіцієнт, що враховує розходження у світловому потоці ОП при фотометруванні з лабораторним і реальним ПРА. При відсутності такої інформації приймається рівним 1. Параметр, що враховує версію стандарту. Для сумісності з попередніми версіями повинен рівнятися 1. Повна потужність ОП у Вт, включаючи втрати в ПРА.
14.	<полярні кути>	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90	Список значень полярних кутів у град. у наростаючому порядку. Для системи (С,γ) перше значення 0 або 90, відповідно останнє 90 або 180. Для систем (В,β) і (А,α) перше значення -90 або 0, останнє 90.
15.	<азимутальні кути>	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360	Список значень азимутальних кутів у град. у наростаючому порядку. Для системи (С,γ) перше значення 0, останнє: 0 – при вісесиметричному світлорозподілі ОП; 90 – при симетрії світлорозподілу ОП відносно обох головних площин; 180 – при симетрії світлорозподілу ОП відносно осі 0 ⁰ -180 ⁰ ; 360 – при асиметричному світлорозподілі ОП. При наявності симетрії відносно осі 90 ⁰ -270 ⁰ перше значення 90, останнє 270. Для систем (В,β) і (А,α) перше й останнє значення рівні відповідно: 0 і 90, якщо світлорозподіл симетрично відносно головної поздовжньої площини; -90 і 90 у протилежному випадку.
16.	<сили світла для всіх полярних кутів при першому азимутальному куті>	262.1 252.8 234.1 234.1 234.1 234.1 234.1 248.1 248.1 224.7 229.4 238.7 243.4 229.4 182.6 84.3 23.4 9.4 9.4	Списки значень сил світла ОП у кд/м ² /1000лм по всіх полярних кутах для кожного азимутального кута.
17.	<сили світла для всіх полярних кутів при другому азимутальному куті>	262.1 224.7 243.4 243.4 262.1 262.1 262.1 262.1 271.5 252.8 299.6 355.8 365.1 402.6 309.0 103.0 28.1 18.7 18.7	Кожний список значень сил світла для кожного азимутального кута повинен строго відповідати списку значень полярних кутів.
18.	<.....>	Послідовність списків повинна строго відповідати списку значень азимутальних кутів.
19.	<сили світла для всіх полярних кутів при останньому азимутальному куті>	262.1 252.8 234.1 234.1 234.1 234.1 234.1 248.1 248.1 224.7 229.4 238.7 243.4 229.4 182.6 84.3 23.4 9.4 9.4	Кількість значень сил світла кожного списку в рядку може бути довільною з наступним переносом на наступні рядки, але в межах довжини рядків (132 символів). Перше значення сили світла для кожного нового списку (азимутального кута) повинне починатися з нового рядка.

Пояснення до табл.1:

12.У випадку використання в одному ОП ламп із різними світловими потоками, значення цього параметра повинне відповідати середньому значенню світлового потоку, віднесеному до однієї лампи. Таким чином, добуток параметрів <число ламп у світильнику> і <світловий потік лампи в лм> повинне рівнятися сумарному світловому потоку ламп в ОП.

13.Якщо значення сил світла вводяться в абсолютних одиницях, а не приведених до потоку лампи 1000 лм, то значення параметра <світловий потік лампи в лм> повинне бути -1 (мінус одиниця).

14.Якщо значення сил світла приведені до потоку лампи 1000 лм, то значення параметра <множник> повинно дорівнювати значенню світлового потоку лампи, вираженому в кілолюменах.

15.Для імітації точкового ОП кожний з параметрів <ширина світильника>, <довжина світильника> і <висота світильника> повинен бути рівним 0 (нулю). Для імітації ОП у вигляді кола, що світить, діаметром D параметр <ширина світильника> повинен бути рівним -D (мінус D), а параметри <довжина світильника> і <висота світильника> рівні 0 (нулю). Інші можливості завдання геометрії ОП наведені в Додатку 3.

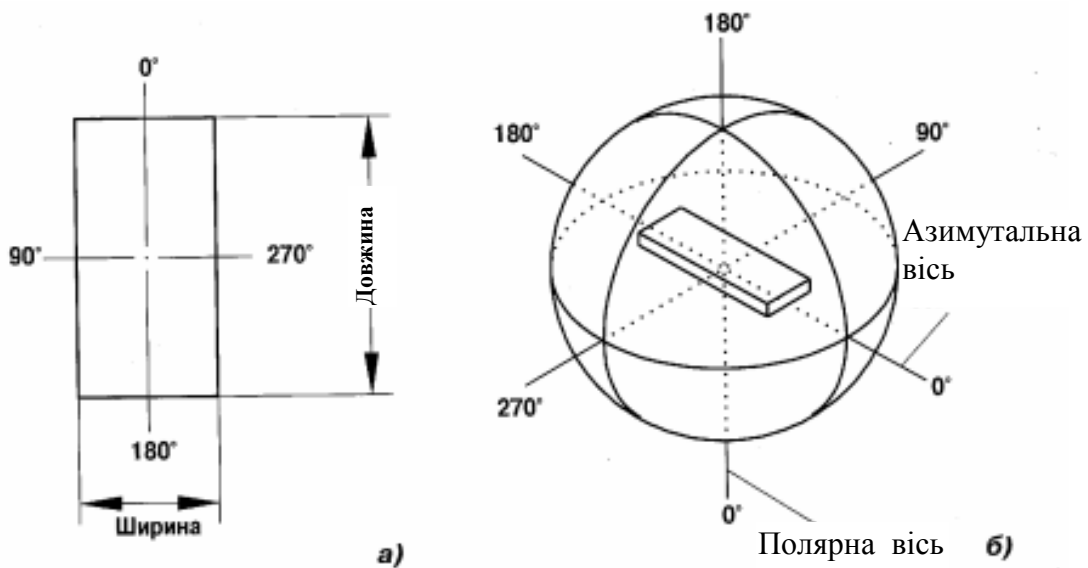


Рис. 11 – Орієнтація ОП відносно полярних і азимутних кутів у плані (а) і ізометрії (б)

ЛЕКЦІЯ 15

Комп'ютерне моделювання в середовищі Matlab

Сучасні комп'ютерні технології, в основі яких лежать прикладні пакети, дають можливість більш глибокого вивчення питань, пов'язаних із проектуванням будь-якого виду функціональних систем (електричних, механічних, напівпровідникових, електронних і т.п.). Вони дозволяють якісно змінити й істотно поліпшити технологію вивчення, перевести її у віртуальну дійсність, здійснити в цій віртуальній лабораторії необхідні дослідження з одержанням кількісних результатів. Одним із прикладних пакетів, що відповідають сучасним вимогам проектування функціональних систем, є Matlab.

Проблеми, які виникають на шляху рішення цього завдання, можуть бути переборені тільки шляхом глибокого вивчення фізичних явищ у всіх ланках системи. Для грамотного використання комп'ютера необхідно добре знати й розуміти фізику роботи окремих ланок системи, їх взаємозв'язок і взаємозалежність.

Перша версія Matlab була розроблена вже більш 20 років тому. Розвиток і вдосконалення цього пакету відбувалося одночасно з розвитком засобів обчислювальної техніки. Назва пакету Matlab походить від словосполучення Matrix Laboratory, він орієнтований у першу чергу на обробку масивів даних (матриць і векторів). Саме тому, незважаючи на досить високу швидкість зміни поколінь обчислювальної техніки, Matlab встигав зберігати усе найцінніше від кожного з них. У результаті, до теперішнього часу Matlab являє собою бібліотеку більш ніж з 800 функцій. Єдина проблема роботи з бібліотеками – швидко відшукати ті функції, які потрібні для рішення поставленого завдання.

Для полегшення фахівцям різних галузей науки й техніки роботи з пакетом вся бібліотека функцій розбита на розділи. Ті з них, які носять більш загальний характер, входять до складу ядра Matlab. Ті ж функції, які є специфічними для конкретної області, включені до складу додаткових

розділів, що носять назву Toolboxes. Із всіх розділів Toolbox Simulink найбільш пристосований для аналізу й синтезу різних систем.

Simulink представляє дослідникові всілякі можливості, починаючи від структурного (математичного) подання системи й закінчуючи генеруванням кодів для мікропроцесора у відповідності зі структурною схемою моделі.

Представлена на рис. 12 модель (з бібліотеки Powerdemos) наочно демонструє рівень складності завдань, які можна досліджувати в пакеті Simulink. Це модель електромеханічної системи потужністю 220 MVA, що складається з гідротурбіни (блок HTG), синхронного генератора (блок Synchronous Machine), трифазного трансформатора (блок Three-Phase Transformer) і різного виду навантажень. Система працює паралельно з енергосистемою потужністю 10000 MVA. Модель, представлена на рис.12, дозволяє досліджувати перехідні й сталі режими гідроелектростанції із синхронним генератором, що має систему керування збудженням (блок Excitation System).

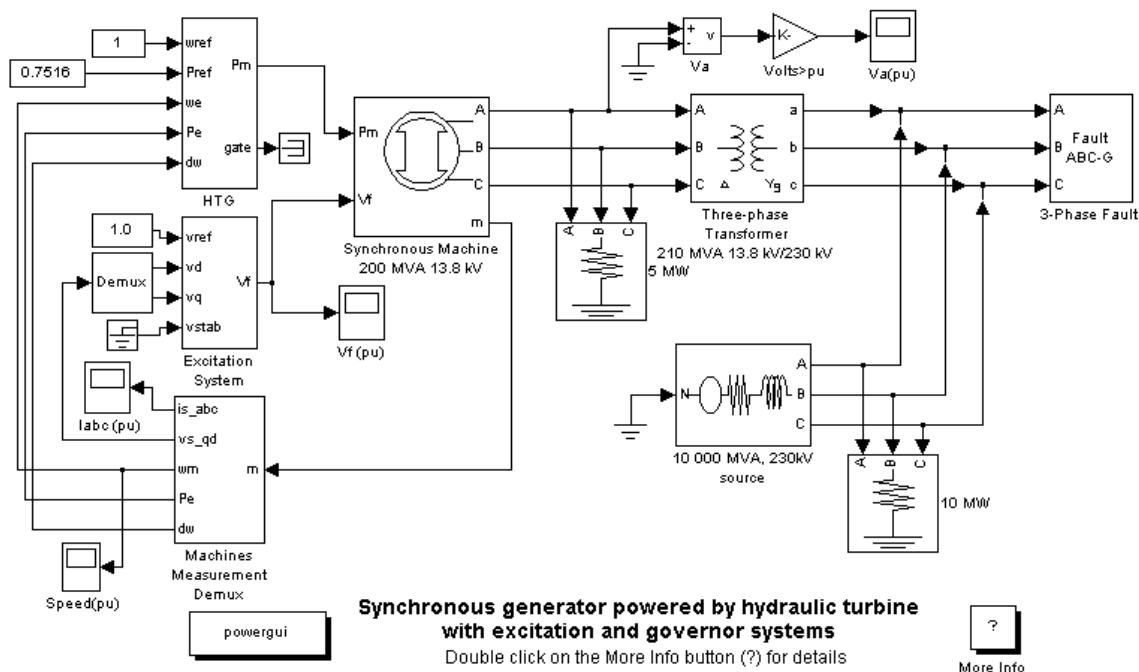


Рис. 12 – Модель електромеханічної системи, створена в програмі Matlab

Засоби комп'ютерного моделювання, розміщені в бібліотеках пакету Matlab з успіхом можуть використовуватися для рішення світлотехнічних завдань. Однією з найбільш важливих проблем у всіх галузях, пов'язаних з енергоспоживанням, є економія електричної енергії. Споживання електроенергії освітлювальними установками (ОУ) становить приблизно 15% від її світового видобутку. Ця величезна цифра щорічно збільшується, і завдання економії енергоресурсів виходить на перший план. Існує кілька напрямів економії електроенергії в освітлювальних установках, пов'язаних з розробкою й впровадженням енергоекономічних джерел світла, із застосуванням нових відбиваючих і світлорозподіляючих покриттів у виробництві світлових приладів. Значну економію електроенергії в ОУ можна одержати, правильно вибравши систему освітлення на проектній стадії. Однак найбільший ресурс економії містять у собі системи автоматичного керування світловим потоком джерел світла в ОУ. Подібні системи враховують не тільки штучне, але також природне освітлення й реагують на їхні коливання. За принципом дії системи автоматичного керування ОУ розділяються на дискретні й безперервні. На відміну від безперервних САУ, що підтримують необхідний рівень освітленості на робочій поверхні протягом доби, дискретні системи відключають ОУ або частину ОУ, залежно від рівня природної освітленості.

За допомогою засобів пакету Matlab і розділів Simulink, Power System Blockset можна створювати моделі САУ освітлювальними установками як безперервної, так і дискретної дії.

Бібліотека Simulink

Бібліотека Simulink являє собою набір візуальних об'єктів, використовуючи які можна досліджувати практично будь-яку систему автоматичного регулювання. Для багатьох блоків бібліотеки існує можливість налаштування параметрів. Параметри налаштування наводяться в панелі вікна налаштування обраного блоку.

Вся бібліотека Simulink розбита на вісім розділів:

1) Continuous – безперервні блоки. Найбільш широко використовуються для моделювання системи керування електроприводом.

2) Discrete – дискретні блоки. Дискретні блоки містять у собі різні елементи дискретних систем керування.

3) Functions & Table – функції й таблиці.

4) Math – бібліотека математичних функцій.

5) Nonlinear – нелінійні блоки.

6) Signals & Systems – сигнали й системи.

7) Sinks – візуальні прилади для спостереження й реєстрації процесів.

8) Sources – джерела сигналів.

Складні моделі можуть бути розбиті на окремі рівні, де на кожному рівні перебувають свої підрівні. У цьому випадку використовуються блоки підсистеми (Subsystem). Подібні поділи ділять модель на структури і роблять її наочніше.

На рис. 13 наведена модель дискретної системи автоматичного керування (САК) освітлювальною установкою, що представляє собою три ряди світильників з лампами накаливання, що живляться від різних фаз мережі. Блоки Sine Wave і Band-Limited імітують добову зміну природної освітленості. Крива добової зміни освітленості являє собою параболічну функцію з яскраво вираженими стрибками освітленості, пов'язаними зі змінами погоди. Блоки 2 являють собою датчики освітленості, градуйовані на три критичні рівні.

Блок Delay Device являє собою підсистему, що містить логічні оператори. Функція цього блоку – виконувати необхідну затримку спрацьовування комутуючих апаратів, відхиляючи помилкові спрацьовування. Помилкові відключення й включення освітлення не тільки є причиною зорового дискомфорту, але також негативно впливають на термін служби джерел світла.

Ще в модель включена вимірювальна підсистема, що стежить за зміною струму й напруги у фазах навантаження, а також проводить облік споживаної електроенергії. Дані про виміри можна подивитися на візуальних вимірювальних приладах.

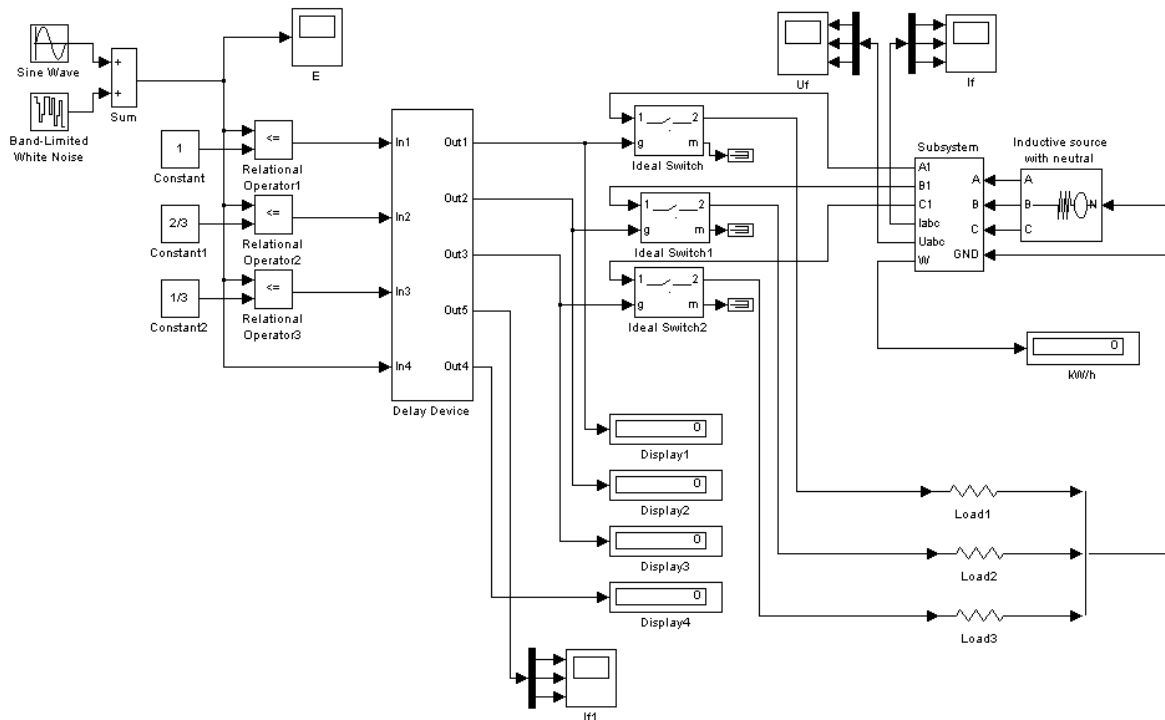


Рис. 13 – Модель дискретної системи автоматичного керування освітлювальною установкою

Основною ланкою системи керування є підсистема Delay Device, робота над створенням якої є творчим процесом і вимагає спеціальних знань в області мікропроцесорної техніки.

ЛЕКЦІЯ 16

КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ TRACE PRO

Перша із прикладних задач – проектування промислового світильника. Вона характеризується тим, що можна строго сформулювати вимоги й побудувати алгоритм, який реалізує оптимальний проект.

Постановка завдання

Конструкція світильника, якщо відволіктися від незначущих подробиць, утворена трьома деталями: лампою, патроном і відбивачем (рис. 14). Для патрона задана геометрія. Для лампи, крім геометрії, визначений світловий потік. Для відбивача відомі максимальні габарити, сформульовані вимоги до технології виготовлення, якості реалізації відбиваючих поверхонь.

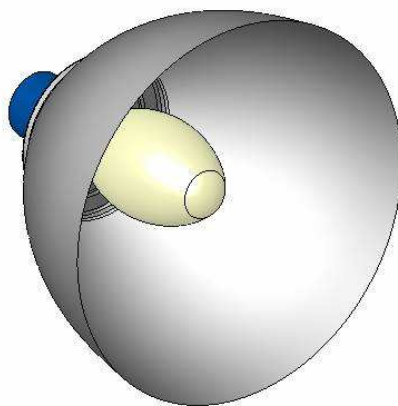


Рис. 14 – Конструкція світильника

Призначення освітлювального приладу – створення заданої картини освітленості об'єктів. Однак в якості об'єктивної характеристики світильника прийнято використати криву сили світла (у термінах TracePro – діаграму ізокандел у полярних координатах). Класифікація світильників по типу кривих приводиться в ГОСТ 17677-82 (Світильники. Загальні технічні умови). Ясно, що дані криві є плоскими перетинами просторових об'єктів. У нашому

випадку світильник і джерело світла – вісесиметричні об'єкти, які породжують вісесиметричний світловий потік. Для більш чіткого розуміння завдання відобразимо розподіл сили світла як тіла (рис. 15). Для наочності в діаграмі виконаний виріз чверті.

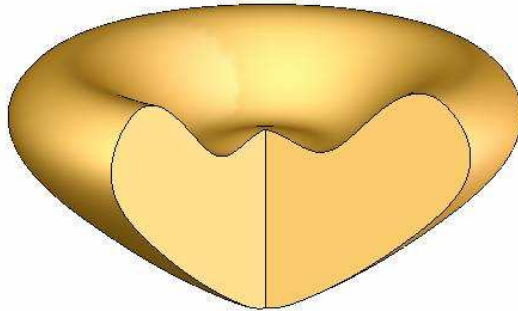


Рис. 15. – Діаграма ізокандел у просторовому виді з чвертю вирізу

Аналіз

Ціль даного аналізу – модифікація конструкції для забезпечення необхідного розподілу світлового потоку. Маючи на увазі використання алгоритмічної оптимізації, проаналізуємо доступні для варіювання параметри конструкції.

Форма відбивача. Припускаємо, що його внутрішня поверхня буде поверхнею обертання. Наступне питання – про те, як буде описана її утворююча: ламаною або гладкою кривою. Перший варіант кращий з погляду швидкості обчислень, а також забезпечення технологічної реалізованості проекту. Наприклад, легко формулюються обмеження на змінні проектування – розміри, які гарантують відсутність похибок. Та й самі розміри описують модель більш передбачувано. Певним недоліком є те, що ламана в якості утворюючої при малому числі сегментів трохи звужує діапазон можливих проектів, а також те, що поява кутів ускладнює (некритично) технологічний процес. Ми будемо використовувати апроксимацію сплайном. Негативний наслідок – збільшення обсягу обчислень у програмі – можна перебороти

підбором налаштувань алгоритму (про це нижче). Однак загострюється проблема коректного задання сплайну. Можна виділити дві тенденції: з одного боку, збільшення порядку сплайну надає можливість більш широкого охоплення різноманітних варіантів; протилежна тенденція – збільшення розмірності оптимізаційного завдання, імовірність появи локальних оптимумів, нестійкості оптимізаційного алгоритму. З урахуванням того, що алгоритм оптимізації буде функціонувати не в автоматичному режимі, потрібно дуже жорстко лімітувати розмірність завдання.

Умовимося, що в зоні патрона форма рефлектора не може змінюватися. Тоді сплайн, який проходить через чотири точки, один з кінців якого нерухомий, може породити досить широкий діапазон варіантів. Прийmemo також, що вершини сплайну можуть переміщуватися тільки в радіальному напрямку. Таким чином, число ступенів свободи, що описують форму, три: D_1 , D_2 , D_3 – діаметри, на яких перебувають вершини. Домовимося, що відстань у напрямку осі між вершинами однакова. Щоб «полегшити» роботу алгоритму, виключити витрати часу на розрахунок свідомо неприйнятних варіантів, введемо обмеження:

$$D_0 < D_1 < D_2 < D_3, \quad (1)$$

де D_0 – діаметр, на якому розташовується найближча до патрона вершина. Інші вершини пронумеровані так, що чим більше номер, тим далі від патрона вона розташовується. Ця умова не виключає повністю можливості появи похибок у відбивача. Більш строгий контроль обумовлює накладення обмежень на напрямки дотичних у всіх вершинах сплайну. Для внутрішніх точок зробити це в SolidWorks досить складно. Тому понадіємося на «розум» алгоритму й гармонію природи. Форма утворюючої для вихідного проекту, а також дані про змінні проектування, які описують форму, наведені на рис. 16. Як представляється, ступінь деталізації в описі геометрії рефлектора більш

ніж достатня для реалізації всіх технологічно реалізованих варіантів конструкції з вісесиметричним відбивачем.

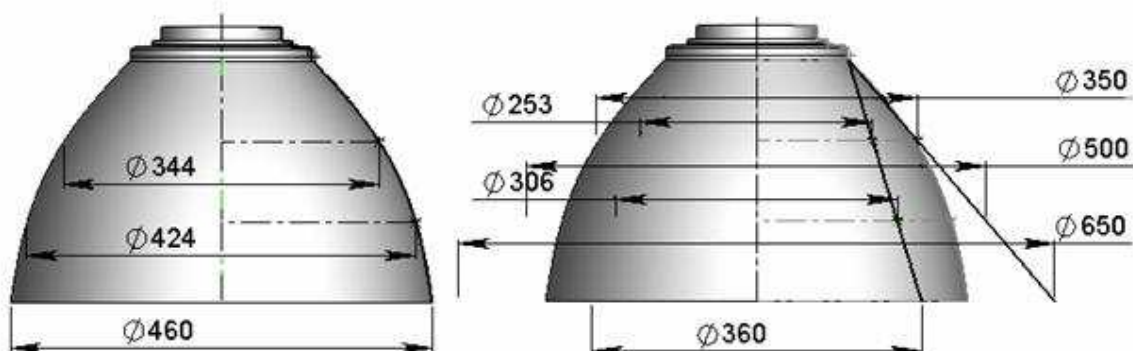


Рис. 16. – Параметри, що описують форму й граничні значення

На лівій частині рис. 16 показано граничні положення утворюючих. Приймемо, що це прямі лінії, які проходять через кінцеву точку сплайну. Тоді кожний з варіантів діаметрів повинен залишатися між цими утворюючими – так встановлюються інтервали зміни змінних, визначаючих форму. Для дотримання цієї вимоги на кожний з розмірів варто накласти інтервальне обмеження. Ці діапазони будуть використовуватися в оптимізаційному алгоритмі і як обмеження і як база для процесу пошуку рішення.

Положення джерела світла. Переміщення лампи в осьовому напрямку радикально змінює розподіл світлового потоку й, відповідно, шукану діаграму ізокандел. Таким чином, з'явився четвертий ступінь свободи. Інтервал його варіювання визначається тим, щоб лампа перебувала усередині рефлектора. Зрозуміло, патрон супроводжує лампу при будь-яких переміщеннях.

Оптичні характеристики об'єктів. Зрозуміло, що оптичні параметри лампи відносно даної, досить локальної проблеми, не можуть бути змінені. Номенклатура джерел світла, які можна використати в даній конструкції, також не занадто різноманітна. Більш реалістично виглядає спроба варіювати

відбиваючі властивості рефлектора. Однак алгоритмічний опис цього процесу – вкрай неформальне завдання. У фізичній моделі TracePro як мінімум три параметри описують процес розсіювання світла й один – співвідношення між часткою дзеркально відбитого й розсіяного світлового потоку. Зрозуміло, що частка поглинутого світла в даному завданні повинна бути мінімальна. Абсолютна ж її величина впливає на розподіл світлового потоку не занадто істотно.

Керуючись цими міркуваннями, а також тим, що реалізувати на практиці поверхню по заданим параметрам відбиття, по суті, неможливо, виключаємо оптичні параметри поверхні із числа тих, які будуть ураховуватися алгоритмом. У той же час ігнорувати можливість керування функціональністю освітлювальних приладів через оптичні характеристики матеріалів і поверхонь у даному завданні не можна.

Алгоритм рішення

Підготовка вихідних даних про властивості матеріалів. На першому етапі привласнимо рефлектору характеристики, що моделюють матеріал з досить малим розсіюванням (рис. 17). Власне частка ідеально відбитого світла – 29% не занадто велика, але розсіяна частина – 55% розподіляється досить вузьким пучком. Окреме питання про частку поглиненого світла. Її вплив на вид розподілу світлового потоку не є визначальним, але інтерес може представляти коефіцієнт корисної дії виробу. Якщо для поліпшеного проекту він буде відрізнятися (у гіршу сторону) від вихідного варіанта, то це буде причиною переформулювати критерій оптимальності. Для колби лампи призначаємо матеріал – оптичне скло. Поверхні патрона призначаємо властивості повного поглинання.

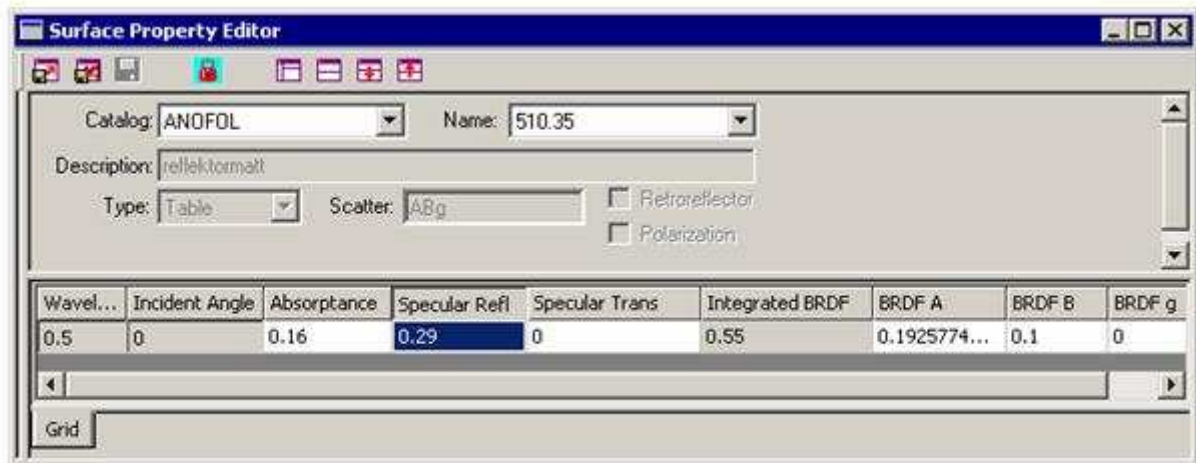


Рис. 17 – Оптичні характеристики поверхні відбивача

Підготовка розрахункової моделі. Геометрична модель виконується в SolidWorks у вигляді зборки й транслюється в TracePro у форматі Step. Варіанти відбивача будемо створювати в SolidWorks як конфігурації, обумовлені параметрами – змінними проектування, і передавати в TracePro. Змінювати положення джерела світла й патрона будемо безпосередньо в програмі оптичного аналізу, використовуючи наявні в ній функції.

Джерело світла – газорозрядна лампа з розсіюючою колбою. Її імітація в програмі не є тривіальним кроком. На відміну від ламп розжарення, де джерелом світла є нитка, поверхня якої і є випромінювач, тут світло випромінюється люмінофором від джерела всередині колби. Відтворити цей процес у деталях непросто, тому призначимо зовнішній поверхні лампи поза патроном випромінюючу здатність із розподілом світлового потоку в півпросторі по ламбертівському типу. Для цього в панелі Properties Surface Source (Властивості Поверхнєве джерело) полю Angular Distribution (Кутовий розподіл) привласнюємо значення Lambertian (Ламбертове). Окреме питання – про те, як розподіляється інтенсивність світлового потоку по поверхні лампи. Якщо експериментальні дані відсутні, то іншого варіанту, крім як припустити однорідний розподіл по площі, немає. Проте, з огляду на те, що критерій якості для конструкції не є наслідком строгих

закономірностей, у розрахунку приймемо саме це допущення. Випромінюючу зовнішню поверхню лампи програма розбиває на чотири частини. Тому загальний світловий потік розподіляємо по цим поверхням пропорційно їхній площі. Абсолютна величина світлового потоку в даному завданні незначима, оскільки нас цікавить тільки розподіл світлового потоку. На рис. 18 показаний Source Editor (Редактор джерел) – таблиця з даними про джерела світла. Загальний світловий потік становить 20000 лм. Ці параметри будуть використовуватися в подальших розрахунках, коли нас цікавить абсолютна величина сили світла. Тут же припустимо, що інтегральний світловий потік дорівнює 1 лм.

The screenshot shows a window titled 'Sources Editor:[Сборка AAA_TP]'. Below the title bar is a 'Modify Selection' button. The main area contains a table with the following data:

	Object Name	Surface Name	Type	Source	Distribution	Total Rays	Min. Rays	Emissivity
1	Лампа_	Surface 1	Flux (lumens)	924	Lambertian	10000		
2	Лампа_	Surface 3	Flux (lumens)	924	Lambertian	10000		
3	Лампа_	Surface 5	Flux (lumens)	46	Lambertian	3000		
4	Лампа_	Surface 7	Flux (lumens)	46	Lambertian	3000		

Рис. 18 – Оптичні характеристики поверхні відбивача

Ще одне питання, що вимагає прийняття рішення, формулюється так: що відбувається, якщо промінь світла, будучи випущеним з поверхні лампи, відіб'ється від рефлектора так, що потрапить назад на лампу, а, взаємодіючи з колбою, виявиться усередині її? Відповідь на нього є темою окремого розгляду. Ми ж домовимося, що якщо промінь світла потрапить усередину колби, то він повністю поглинеться. Залишається реалізувати це рішення. Якщо внутрішній поверхні колби призначити властивість абсолютного поглинання, то, окрім променів, що потрапили усередину колби, це торкнеться й тих, які можуть відбитися від внутрішньої поверхні колби, вийшовши потім назовні. Як показує обчислювальний експеримент, їхнє число становить тільки відсотки від загального числа випущених джерелом

променів. Але рішення проблеми не вимагає істотних зусиль – досить усередину колби помістити поглинаючий світло об'єкт. Утворимо його еквідантисою до внутрішньої поверхні колби, зміщеною усередину на малу величину. Беручи до уваги, що цей об'єкт повинен «супроводжувати» колбу в ході переміщень, що супроводжують пошук оптимуму, зробимо його частиною патрона (рис. 19). Його поверхні, як було зазначено вище, є абсолютними поглиначами.

Оскільки ефект переломлення й об'ємного поглинання світла враховується тільки для колби, інші об'єкти можуть мати як твердотільний, так і поверхневий вид. Виходячи з міркувань мінімізації трудомісткості підготовки вихідної геометрії, а також її модифікації, відбивач будемо описувати поверхнею, а патрон разом з «внутрішністю» лампи – твердим тілом.

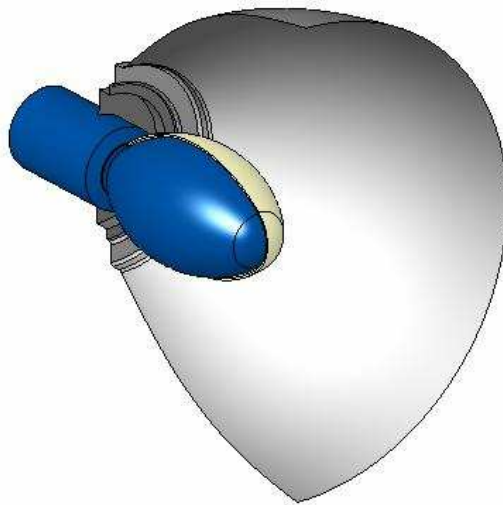


Рис. 19 – Об'єднання об'єкта усередині колби з патроном

Налаштування обчислювального процесу. Отримання оптимального проекту вимагає великої кількості ітерацій. Відносно висока точність розрахунків необхідна по двом причинам. Перша – очевидна: точніше розрахунок кожного кроку, точніше рішення. Друга пов'язана зі стійкістю оптимізаційного алгоритму. Ухвалення рішення про те, яким повинен бути

наступний крок базується на результатах попередніх (залежно від типу алгоритму – всіх або якого-небудь числа останніх). На якомусь етапі різниця в результатах розрахунків стає порівнянна з точністю окремого кроку. Однак, з огляду на те, що реалізація алгоритму оптимізації припускає втручання оператора, не будемо занадто вибагливі до точності кожного окремого етапу. Обсяг обчислень може бути радикально скорочений, якщо при відображенні результатів урахувати осьову симетрію, активувавши опцію **Symmetry** \Rightarrow **Rotational** (Симетрія \Rightarrow Осьова) у вікні, що визначає налаштування для діаграм. Ще один фактор – точність всіх етапів повинна бути однаковою. Практичні розрахунки показали, що 25 – 30 тисяч променів у даному завданні цілком достатньо для одержання точності достатньої для роботи алгоритму оптимізації.

Вирішуючи завдання про взаємодію променя світла з поверхнею, TracePro аналізує геометричні параметри в точці входу/виходу променя. Ця процедура супроводжується тригонометричними обчисленнями. Для прискорення процесу програма (без участі користувача) ділить поверхні на дві групи: ті, для яких існує аналітичне вираження (площини, сфери, циліндри, параболоїди, і т.д.), а також сплайнові поверхні. В останньому випадку використовуються чисельні алгоритми, які, зрозуміло, набагато більш трудомісткі, ніж розрахунки по формулах. Для зменшення обсягу обчислень в TracePro можна використати алгоритм фасетної апроксимації сплайнових поверхонь. Для його активізації необхідно полю Raytrace Type (Тип трасування), розташованому на вкладці Advanced (Розширені) вікна Raytrace Options (Параметри трасування), привласнити значення Faceted Splines (Фасетні сплайни).

Очевидно, що таке спрощення вносить певну похибку у результат розрахунку. У конкретному завданні вона не перевищує декількох відсотків, а її вплив зовсім незрівняний з отримуваним ефектом. Отримане прискорення

досягає десяти разів. Зрозуміло, що це явище має місце тільки при вирішенні завдань, де об'єкти містять сплайнові поверхні.

Критерій оптимальності. Формулювання критерію якості проекту в подібних завданнях досить розпливчате: «діаграми повинні бути схожі». Зрозуміло, що їхньої еквівалентності досягти не вдасться ніколи. Звідси виходить, що потрібно формалізувати міру «подібності». Прийmemo, що критерієм оптимальності є мінімум суми площ, які не належать одночасно обом діаграмам ізокандел. На рис. 20 ці площі виділені більш темними кольорами. Тут потрібно мати на увазі, що площа діаграм (вірніше, площа, обмежена кривими), формованих програмою, для кожного розрахунку різна. Порівняння ж має сенс, тільки якщо площі однакові. Рекомендації з нівелювання цього ефекту наведені нижче.

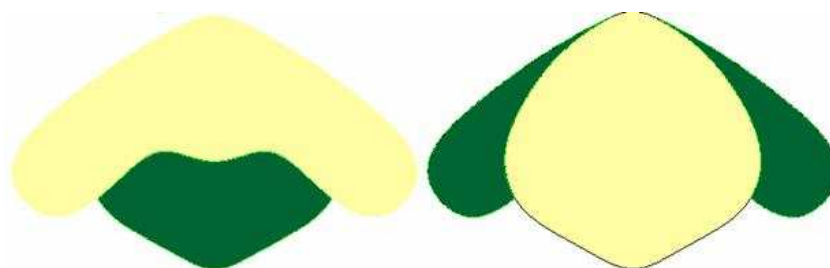


Рис. 20 – Мінімізована площа на діаграмах ізокандел

Інтерпретація результатів. На жаль, TracePro не може виводити діаграми у вигляді, придатному для математичного аналізу або для експорту в інші програми. Доступна тільки картинка з можливістю ідентифікувати значення в довільній точці. Тому щоб виконати які-небудь операції з діаграмою необхідно відтворити її у вигляді кривої в одній із програм, що підтримують обробку графіків. Найбільше ефективно використовувати спеціальні математичні програми. Постараємося, однак, не виходити за межі наявного програмного забезпечення. В SolidWorks створимо твердотільну модель діаграми на базі ескізу (рис. 21). Сплайн на ескізі проходить через точки, розташовані на променях, кут між якими постійний. У нашому випадку він

прийнятий рівним 10 градусам. Довжини променів-радіусів дорівнюють силі світла у відповідних напрямках. Маємо, по суті, криву в плоских полярних координатах.

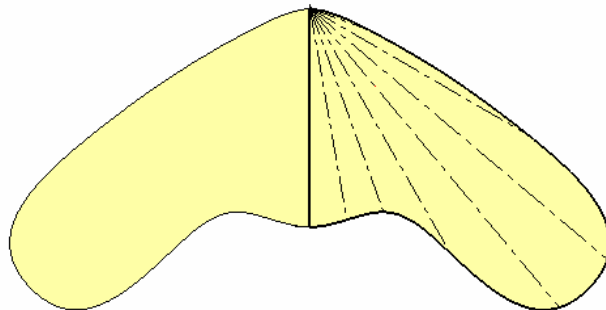


Рис. 21 – Модель діаграми ізокандел

Наступний крок – нормалізація площі так, щоб вона була рівна якій-небудь заданій величині, наприклад 100 мм^2 . Використовуючи апарат конфігурацій SolidWorks, створюємо варіанти діаграм – «ідеальну» і проміжні, відповідні різним виконанням конструкції. Пробна й ідеальна діаграми, площа яких однакова (це досягається масштабуванням), з'єднуються в одній деталі (рис. 21), яка стає об'єктом для розрахунку площі граней, які не належать одночасно обом моделям.

Реалізація алгоритму оптимального проектування. Математична сторона алгоритму оптимізації була описана вище. Прикладом інтеграції алгоритму в розрахункову систему є модуль *Optimization* програми COSMOSWorks. У цьому випадку інтеграція неможлива, тому оптимізаційний процес, по суті, є «ручною» реалізацією математичного алгоритму. Не вникаючи в подробиці математики, послідовність дій користувача наступна:

1. В SolidWorks формується параметрична геометрична модель діаграми ізокандел.

2. Будується конфігурація, що відповідає «ідеальній» діаграмі.
3. Формується параметрична модель світильника (рефлектор, лампа, патрон, збірка).
4. Будується конфігурація, що відповідає вихідному проекту світильника.
5. Модель зборки передається в TracePro.
6. На базі експортованої геометрії в TracePro будується оптична модель вихідного варіанту світильника.
7. Виконується її оптичний аналіз, виводиться діаграма ізокандел вихідної моделі.
8. Діаграма ізокандел «матеріалізується» у вигляді деталі SolidWorks (в TracePro з діаграми знімається величина сили світла в заданих напрямках і переносяться в модель SolidWorks), яка потім масштабується з одержанням заданої площі поверхні.
9. З оптичної моделі видаляється відбивач, а лампа з патроном повертаються у вихідне положення.
10. На основі результатів попередніх кроків, застосовуючи алгоритм оптимізації, одержуємо новий пробний проект (діаметри, на яких розташовані точки сплайну, і положення джерела світла).
11. Геометричні параметри пробного варіанта вводяться в модель відбивача в SolidWorks з одержанням нової конфігурації.
12. Відбивач екпортується в оптичну модель світильника в TracePro, лампа й патрон переміщуються в положення, обумовлене новим проектом.

13. Виконується оптичний аналіз пробного проекту, виводиться діаграма ізокандел.

14. В SolidWorks для деталі, яка імітує діаграму, будується нова конфігурація, у яку переноситься величина сили світла в заданих напрямках. Діаграма масштабується для одержання площі заданої величини.

15. Обчислюється площа, що не належить одночасно діаграмі – «ідеальній» і діаграмі для пробної конструкції. Величина площі є цільова функція.

16. Аналізується збіжність процесу. Якщо необхідна точність (у найпростішому випадку – різниця між значеннями цільової функції на сусідніх кроках) не досягнута, то повертаємося на крок 9.

При реалізації алгоритму важливою вимогою є незмінність, параметрів оптичного аналізу, точності розрахунку (числа променів), параметрів відображення діаграм ізокандел, інших налаштувань на всіх етапах розрахунку.

Внесення змін у конструкцію

Вихідний і умовно-оптимальний проекти (форма відбивача й положення джерела світла) показані на рис. 22. Відповідні ним діаграми розподілу сили світла показані на рис. 23.

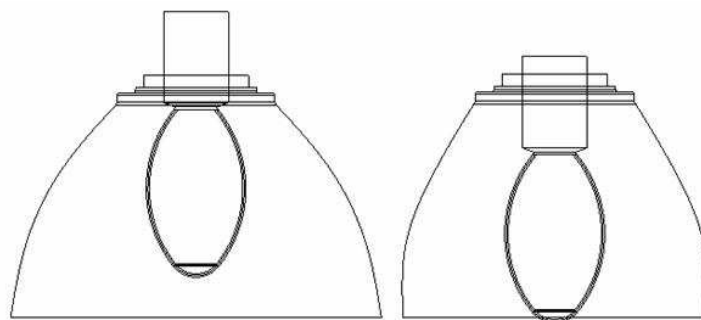


Рис. 22 – Вихідна й модернізована конструкції

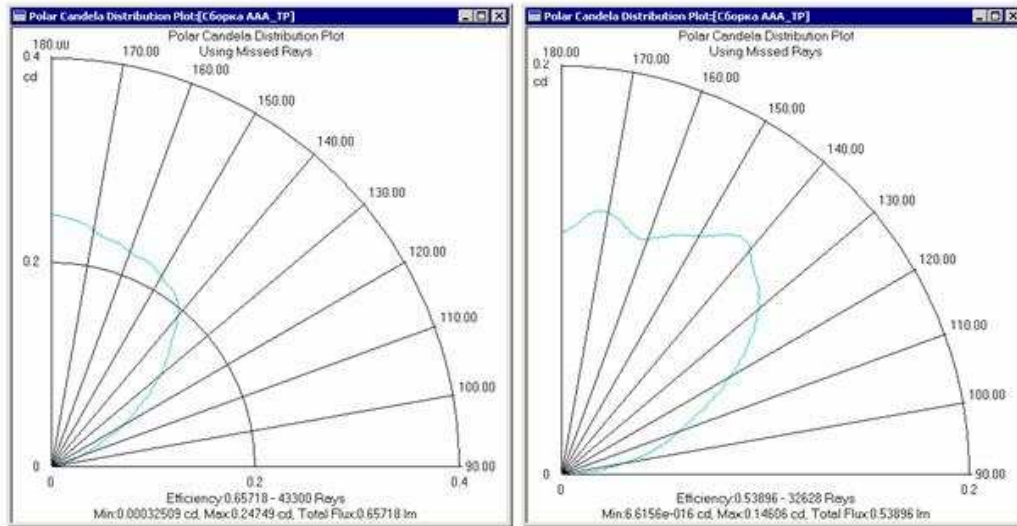


Рис. 23 – Діаграми ізокандел для вихідної й модернізованої конструкції

Певний інтерес представляє залежність цільової функції (нагадаємо, що це площа «відхилення» діаграми реальної від діаграми «ідеальної») від номера ітерації. Графік показаний на рис. 24. Видно, що розкид величини цільової функції на перших ітераціях досить значний. Пояснення цьому лежить на поверхні: використовується метод прямого пошуку, де спочатку відбувається формування вихідного багатогранника. Його вершини знаходяться методом випадкового пошуку. Тому на першому етапі генеруються досить неочевидні варіанти. Перші вісім варіантів і відповідні їм діаграми ізокандел показані на рис. 25 а, б. Далі, «намацавши» траєкторію поліпшення, алгоритм «досліджує» завдання цілком цілеспрямовано. У підсумку цільова функція зменшується з 79.2 до 44.8 мм².

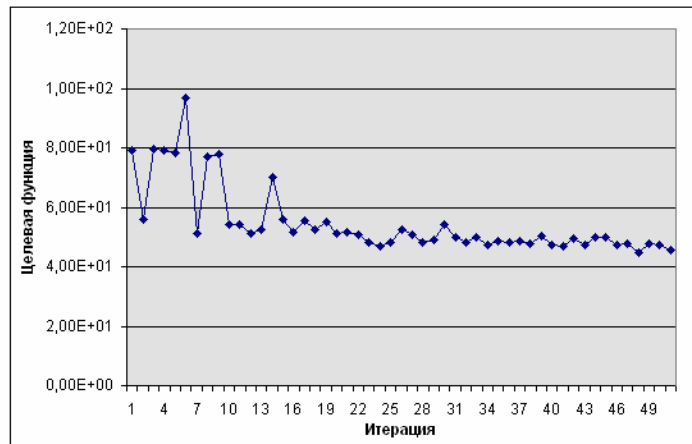


Рис. 24 – Залежність цільової функції від номера ітерації



Рис. 25 – Початкові варіанти конструкції й діаграми сили світла

Оцінка результатів модифікації й прогноз функціональності

Порівняння діаграм ізокандел – «ідеальної» і відповідної умовно-оптимальному проекту показує, що зміни істотно наблизили проект до мети. Досягти ж повної відповідності не вдалося, причому можна впевнено стверджувати, що потенціал даної конструкції вичерпаний. Імовірність знаходження істотно кращого варіанта в рамках обмежень розглянутої схеми мізерно мала. Необхідно розширити коло пошуку, розглядаючи варіанти з іншими джерелами світла, негладкими поверхнями відбивача, додатковими відбивачами, у тому числі вбудованими в джерело світла, і т.д.

Ще один, менш очевидний висновок – модернізований варіант має помітно менший коефіцієнт корисної дії. Для простоти аналізу світловий потік джерела був прийнятий рівним 1 лм. На відображуваних діаграмах внизу відображається величина світлового потоку, що вийшов з освітлювальної системи (**Total Flux**). Для вихідного варіанта конструкції вона становить 0.657 лм, а для модернізованого – 0.539. З огляду на те, що геометрична модель побудована так, що світло може випускатися тільки через розтруб відбивача (між патроном і відбивачем зазорів немає), то КПД відповідно дорівнює 54 і 66%. Причин зменшення може бути дві: у зміненій системі світло активніше взаємодіє з відбивачем і більшою часткою світлового потоку попадає усередину лампи й поглинається. Перший ефект є очевидною сплатою за звуження рефлектора й, загалом, не підлягає усуненню. Другий негативний наслідок модернізації ми спробуємо нівелювати. Якщо припустити, що поверхня лампи випромінює не по ламбертовому закону, а нормально поверхні, то значна частка променів повернеться назад на лампу. Звідси випливають два висновки. Перший – що ламбертів закон розподілу світлового потоку від поверхні в даній ситуації сприяє більш високому КПД (це, однак об'єктивна закономірність і на неї впливати неможливо). Другий висновок – потрібно спробувати відхилити промені, що падають на

рефлектор під кутом близьким до нормалі до його поверхні. Одне з рішень – перетворити поверхню в сукупність розсіюючих відбивачів, рис. 26). Діаграма ізокандел для такої конструкції наведена в лівій частині рис. 27. КПД збільшився тільки на один відсоток.

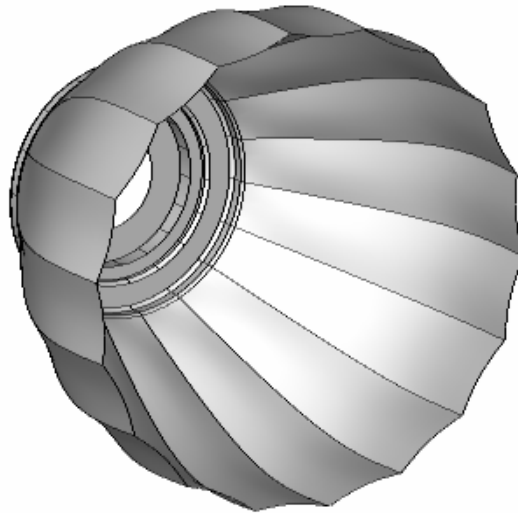


Рис. 26 – Хвилястий рефлектор

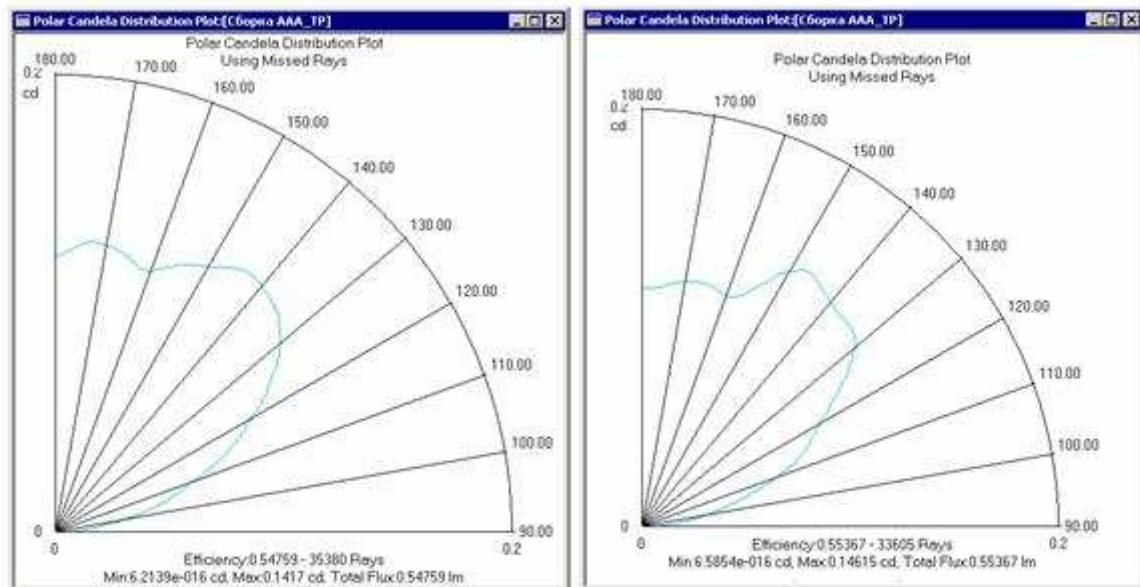


Рис. 27 – Діаграми ізокандел для хвилястого рефлектора й рефлектора з розсіюючою поверхнею

Менш трудомістке, але трохи більш діюче рішення – збільшити розсіюючі властивості поверхні гладкого відбивача. Відповідна діаграма розподілу сили світла показана на рис. 27 праворуч. КПД відносно «більш» дзеркальної поверхні збільшився на 2 відсотки. При цьому діаграма ізокандел наблизилася до шуканої. Кількісна оцінка цього наближення – величина цільової функції. Вона дорівнює 42.0 мм^2 , що на 2.8 мм^2 менше, ніж для рефлектора з менш розсіюючою поверхнею.

Висновки

Розглянуте завдання є показовим прикладом того, як можна змінювати конструкцію за допомогою формальних процедур оптимального проектування. Вона ж ілюструє тезу, що математичні алгоритми не завжди можуть підмінити творчість конструктора. На жаль, описана реалізація алгоритму, вимагаючи постійної участі оператора, має високу трудомісткість і непридатна для рішення завдань навіть із відносно малим – більше 5 – 7 – числом змінних проектування.

Що ж стосується використання інструментів оптимального проектування при розробці світлотехніки, то параметризації може, як правило, піддаватися тільки геометрія. Включити, наприклад, у число змінюваних змінних характеристики поверхні (поглинання, відбиття, розсіювання) в принципі можна. Недолік же один – реалізувати об'єкт із заданими властивостями вкрай важко.

Лекція 16

МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ОПТИКИ ЗАСОБАМИ TRACE PRO®

Система **TracePro** може бути використана для моделювання практично всіх типів автомобільних оптичних систем. Нижче приводяться приклади того, як TracePro за рахунок скорочення обсягів прототипування, характерного для традиційного підходу, дозволяє скоротити час проектування на 30-50%, а також зменшити вартість самих виробів.

TracePro застосовується для моделювання фар, габаритних ліхтарів, удосконалених стоп-сигналів, освітлення салону, світловодів, панелей приладів, індикаторів, розташовуваних на вітровому склі. Програма заснована на твердотільному ядрі ACIS® фірми Spatial Technology's, і, відповідно, безпосередньо сумісна з відповідними програмними продуктами, зокрема AutoCAD, CADKEY (див. <http://www.spatial.com>). З урахуванням того, що сучасні моделювальники, наприклад, SolidWorks і Catia V5 мають функції експорту без втрат у форматі ACIS, то перераховані програми можуть служити джерелом (і приймачем) даних для TracePro. Програма реалізована на C++, має повноцінний графічний інтерфейс. Вбудована макро-мова Scheme (див. <http://www.schemers.com>) дозволяє здійснювати ітераційний проектувальний розрахунок.

У звичайній ситуації робота з TracePro вимагає чотирьох кроків. Перший - синтез геометричної моделі оптичної системи власними засобами програми або імпорт файлів у форматах SAT, IGES або STEP. Другий крок – визначення джерел світла на сітці променів або ж додання поверхням властивостей джерел. Доступний також імпорт “каліброваних” джерел із програми Radiant Imaging. Далі – додання оптичних властивостей матеріалів тілам і поверхням. Можна вибирати матеріали й властивості з раніше поміщених у базу даних або ж створювати нові. Останній етап – завдання

характеристик джерел і середовищ, включаючи довжини хвиль, граничні значення, характеристики пропускання – завершується запуском програми трасування променів.

Засоби візуалізації TracePro дозволяють одержати каркасний, силуетний і зафарбований види моделі. Траєкторії променів можуть відображатися на фоні моделі, щоб зробити очевидними ефекти розсіювання, поглинання, відбиття, переломлення, поляризації. Ці результати інформують користувача про параметри поширення потоку енергії від поверхні до поверхні залежно від властивостей об'єктів.

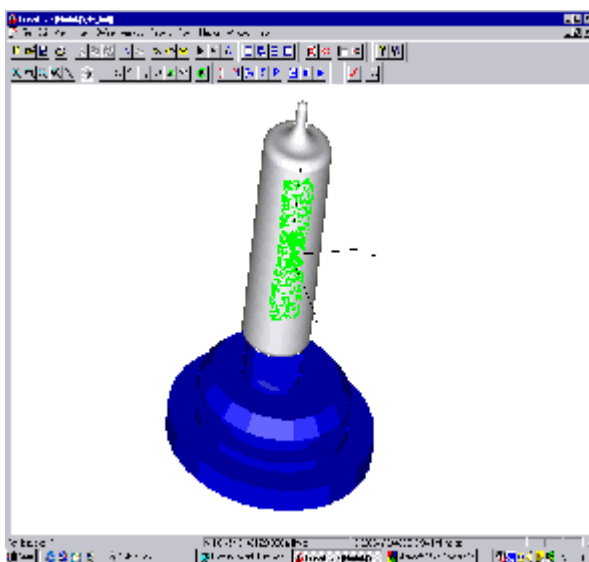


Рис. 28 – Люмінесцентна дугова лампа

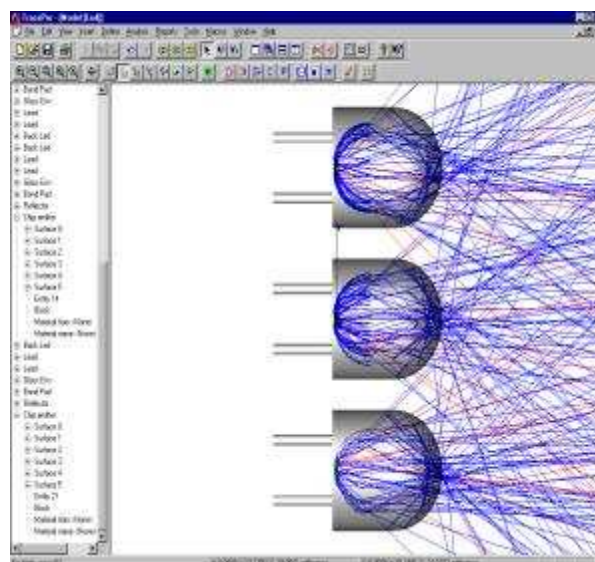


Рис. 29 – Силуетний вид 3-х випромінюючих світлодіодів

Моделювання джерел в TracePro здійснюється досить ефективно, зокрема для моделей високої складності, наприклад дугових ламп – у тому числі і їх груп, люмінесцентних ламп, СВД, ламп розжарення, лазерних діодів (рис. 28 і 29). Джерела можуть задаватися загальним потоком випромінювання, щільністю потоку енергії або бути абсолютно чорним тілом. Параметри випромінювання й результати можна визначати як у фотометричних, так і в радіометричних одиницях.

Можливості інтерфейсу TracePro, який містить ефективний сортувальник променів, дозволяють істотно прискорювати аналіз. Зміна кольорів променів залежно від величини зменшення потоку, дозволяє виділяти проблемні області. На рис. 29 промені найбільшої “інтенсивності” показані червоним кольором, найменшої – синім. Додаткові команди надають можливість переглядати поверхні відповідно до порядку проходження променів, або ж відповідно до частки падаючих на неї променів.

СВІТЛОВОДИ

З рис.30 очевидно, що втрата енергії світлового потоку відбувається на декількох згинах світловода. Очевидно, що у звичайній ситуації цей тип втрат досить важко ідентифікувати. За допомогою TracePro причини втрат можуть бути локалізовані. Колірне кодування променів дозволяє відслідковувати “витік” потоку через поглинання й розсіювання. У спідометрі (рис.31) втрата енергії відбувається при проходженні світлового потоку через стрілку. Стрілка позаду покрита дифузно відбиваючим матеріалом, тобто вона також є свого роду світловодом.

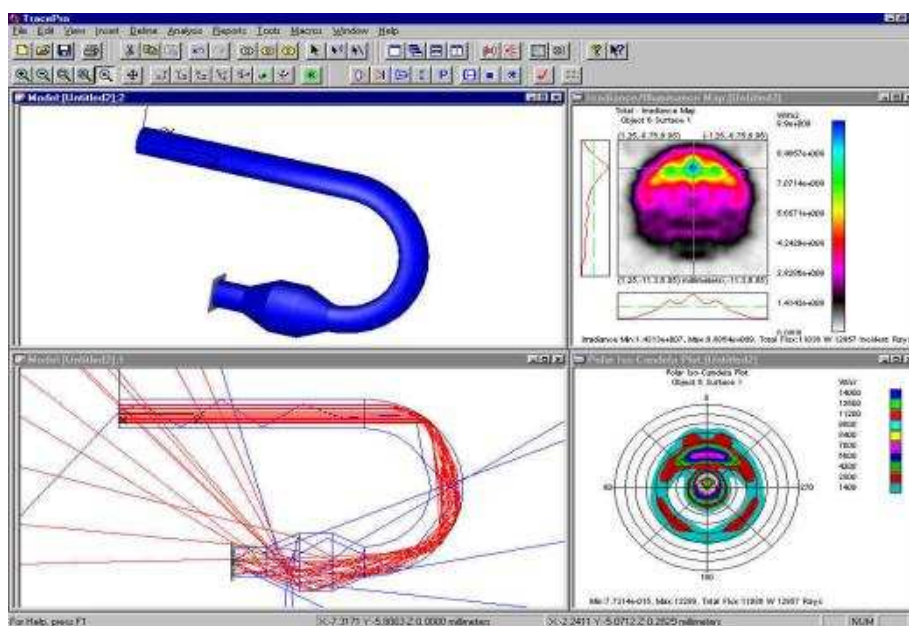


Рис. 30 – Вид світловода зафарбований, трасування променів, а також освітленість і лінії ізокандел

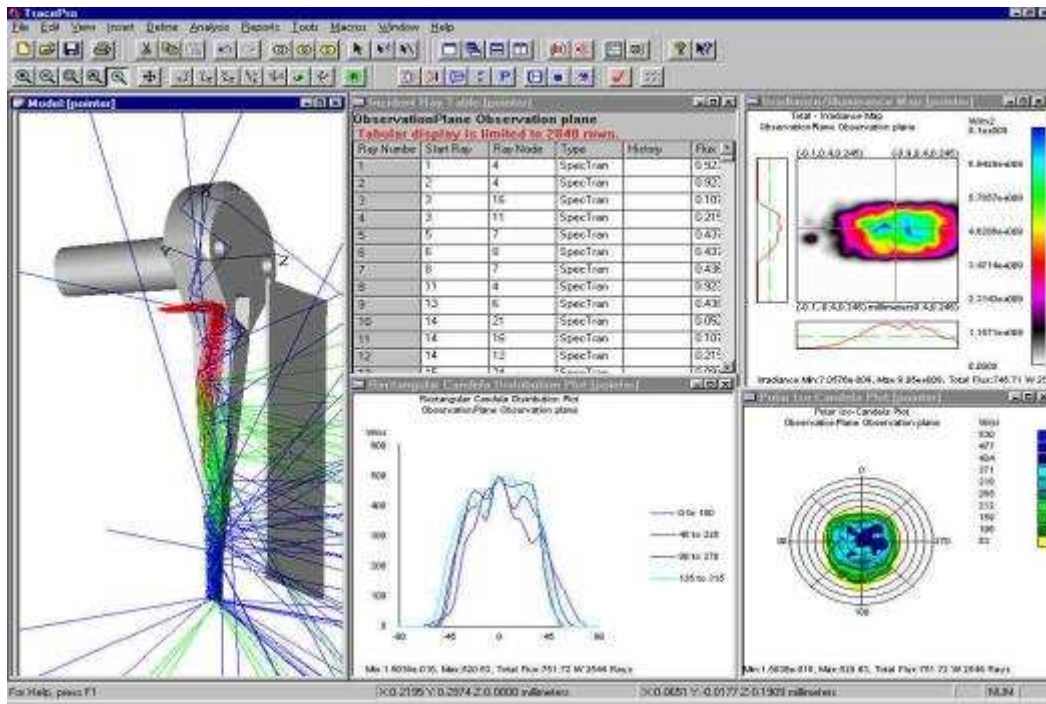


Рис. 31 – Стрілка спідометра, трасування променів, також освітленість і лінії ізокандел. Додатково – “історія” траєкторій перших 12 променів, що досягла площини спостереження.

При звичайному “ітераційному” підході проектування світлотехніки, який включає світловоди, породжує певні проблеми. Вони виливаються в необхідність виготовлення дорогих прототипів (вартість оснащення \$10000-100000), а також вимагають витрат часу. Можна стверджувати, що використання відповідного програмного забезпечення знижує витрати на розробку від 30 до 50%.

Як правило, при проектуванні виробів з світловодами, використовується підхід на базі наявних аналогів. Не факт, що такі проекти оптимальні, тому розроблювач, який має значний досвід, найчастіше відтворює накопичені помилки. Без адекватних розрахункових методик іноді неможливо навіть діагностувати наявність проблем. Їхніми джерелами можуть бути, наприклад, присутність різких вигинів, незадовільне пророблення місць приєднання світловодів, відбиття від гострих кутів, розсіювання потоку на виході зі світловода й т.д. Тому – характерний приклад. Незначна – на одиничному пристрої – економія при заміні вузла із

трьома світлодіодами й невдалою геометрією світловода на вузол із двома джерелами при ретельному проробленні передавального елемента при більших партіях стає відчутною. Того ж ефекту можна домогтися, змінюючи параметри використовуваного СВД. На рис. 32 наведена невдала конструкція, що породжує нерівномірний розподіл світлового потоку на виході.

Все більша кількість підприємств починають використовувати програмне забезпечення для моделювання світловодів і оптичних процесів. Таке ПО в змозі створювати геометричну модель або ж імпортувати геометрію із традиційних САД пакетів. Далі проводиться нескладна процедура – додання властивостей джерелам світла, поверхням і матеріалам. Використання програмного забезпечення для проектування світловодів дозволило збільшити коефіцієнт пропускання з 20...30% до 50...60%. Це дає можливість зменшити число джерел, знизити термічні навантаження й, відповідно, споживання енергії.

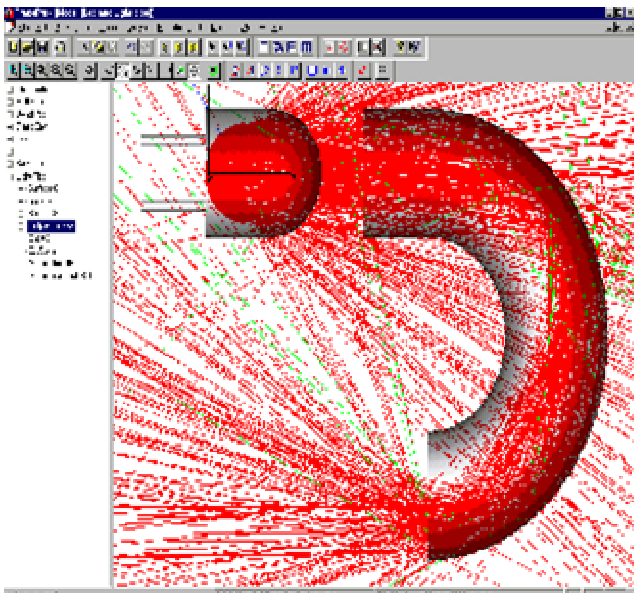


Рис. 32 – Невдала конфігурація світловод-ного пристрою

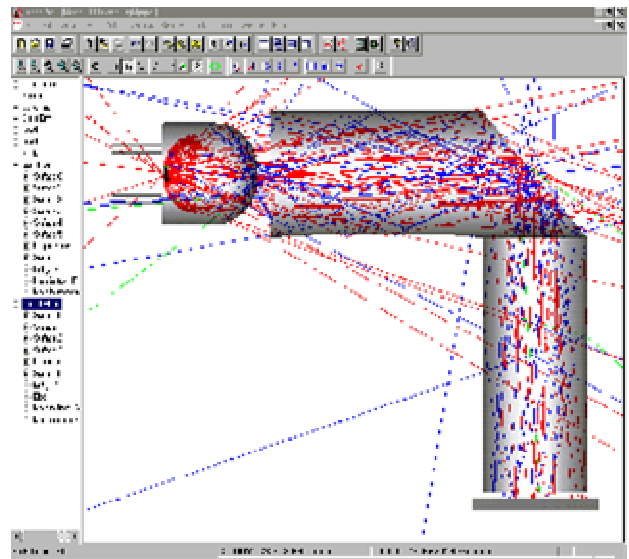


Рис. 33 – Світловод з втратами

Типова проблема для конструкцій з світловодами – розсіювання світла джерелами й втрати в зонах вигинів і поверхонь на виході. Більшість джерел,

використовуваних у світловодах – дисперсійні випромінювачі. Зрозуміло, що проект у цілому виходить доволі неоптимальним, тому що світловий потік на виході становить тільки незначну частку від загального потоку. (рис.34). Люмінесцентні джерела, лампи розжарення, обладнані відповідними відбивачами, дозволяють створити спрямований потік на вході у світловод. Сучасні СВД оснащуються фокусуючими елементами для одержання колімованого світла. Вдало підібраний СВД дозволяє вирішити багато проблем, пов'язаних з втратою інтенсивності. Відзначимо, що невдалий проект приводить до використання надмірно потужних джерел або ж породжує необхідність збільшення числа джерел – це компенсація низької світлової ефективності. Підвищена температура джерела викликає розплавлювання або деструкцію світловода, інших елементів виробу. Очевидно, що оптимізація проекту знижує теплові навантаження.

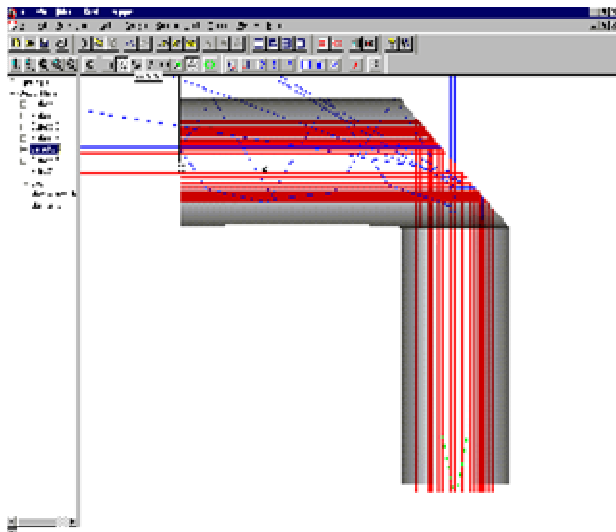


Рис. 34 – Аналогічна конструкція з джерелом направлено випромінювання

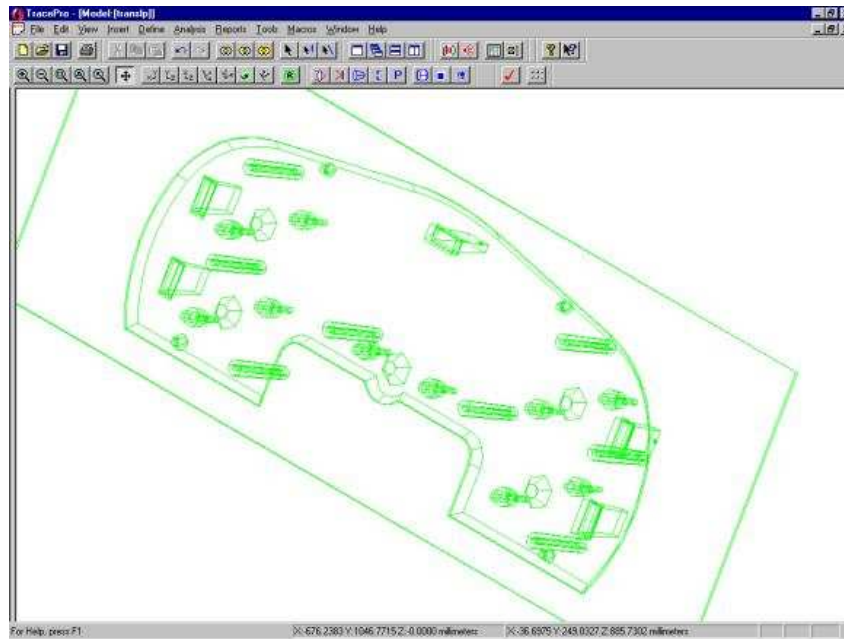


Рис. 35 – Панель приладу в аксонометричній проекції у вигляді силуету

Ця приладова. Вона була розроблена за допомогою ProEngineer і через формат IGES імпортована в TracePro.

Для скорочення втрат потрібно дотримуватися наступних правил. Не використовувати вигини з малим радіусом кривизни – відбувається повне внутрішнє відбиття з поверненням частини потоку назад до джерела. Якщо неможливо використати вигин з малою кривизною, то можна застосувати відбивач, орієнтований під кутом 45° . Він, однак не вирішує до кінця проблем, пов'язаних з присутністю джерел розсіяного світла. У кожному разі відбивач повинен мати достатні розміри, щоб повністю покривати світловий пучок. Ці міркування ілюструються рис.36 і 37. На першому малюнку наведена невдала конфігурація, де ефективність передачі енергії становить тільки 25%. На наступному наведена схема із джерелом колімованого світла. Тут “ККД” світловодного пристрою – 85%.

TracePro дозволяє моделювати неканонічну геометрію, яка необхідна для аналізу складних оптичних конструкцій: призматичних, багатогранних відбивачів, розсіювачів, ефектів об'ємного поглинання. Істотною особливістю

продукту є легкість вивчення. Звичайний користувач може, використовуючи покрокові інструкції, опанувати основами протягом тижня. Інша важлива риса – повністю 3-х мірна візуалізація виробів, джерел світла, траєкторій променів з відображенням їх “інтенсивності” потоку. Результати розрахунку поширення енергії в системі доступні також у табличній формі.

Стандартні результати аналізу TracePro включають традиційні 2-х і 3-х мірні картини щільності потоку випромінювання/освітленості, а також лінії ізокандел. Наступна обробка даних можлива в тому числі й з використанням стандартних команд Windows clipboard. Так, дані можуть бути витягнуті з таблиць TracePro і вставлені в таблиці Excel або подібних програм. ПО забезпечує доступ до більш детальної інформації, зокрема, у табличній формі перебувають дані про падаючі промені, відбиті й поглинені кожною поверхнею або тілом, а також про об'єкти, з якими взаємодіє кожний промінь. Такого роду відомості досить корисні при ідентифікації причин втрат енергії і їхньому усуненні.

Світловодні конструкції зі складною геометрією можуть бути створені в CAD пакетах. Однак питання про те, як відбувається повне внутрішнє відбиття при наявності поверхонь зі значною кривизною – це окрема проблема. Найчастіше незначна модифікація геометрії елементів, взаємодіючих зі світловим потоком, приводить до істотних змін у картині освітленості. Зараз вимоги до зменшення світлових втрат усе більше посилюються. Очевидно, що через неергономічність панелі, породженої втратами світлової енергії, нерівномірністю освітленості й “незапланованими” світловими ефектами, робота з нею може приводити до напруги очей і ускладнювати оперативне одержання інформації, зокрема в сукупності з наявністю прямого світлового потоку від зустрічних автомобілів (рис. 35, 36 і 37).

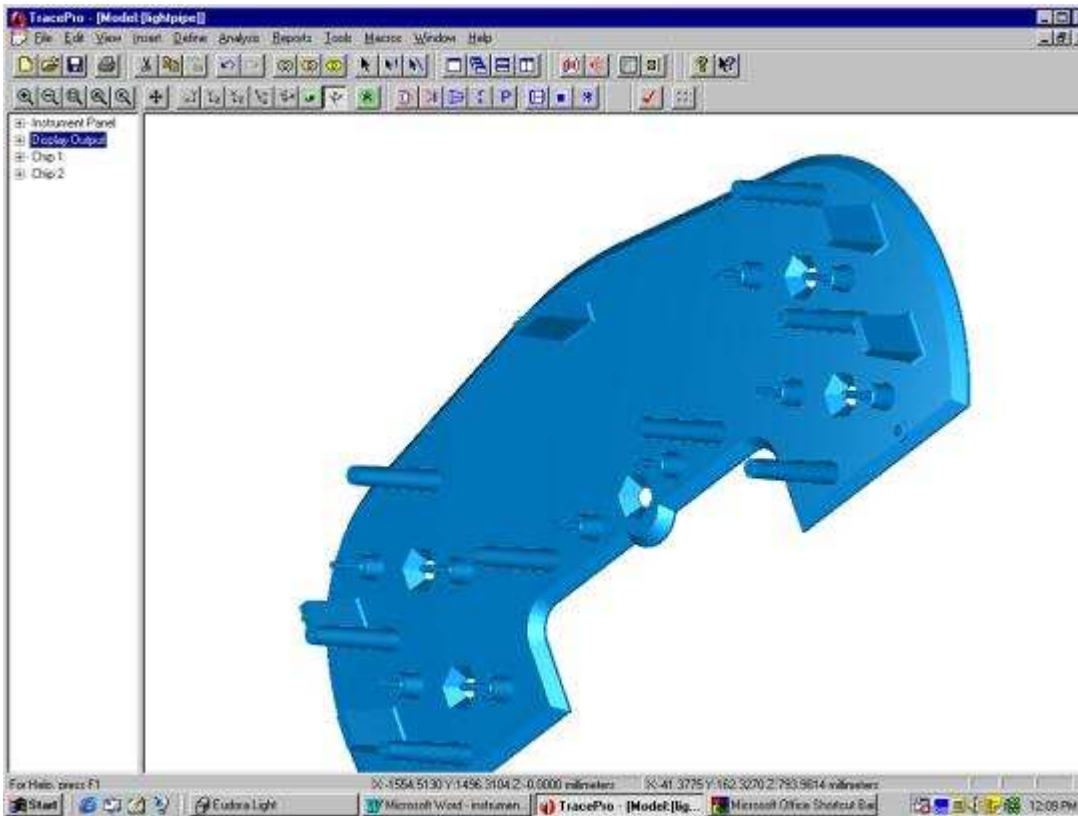


Рис. 36 – Ізометричний зафарбований вид зворотної сторони приладової панелі

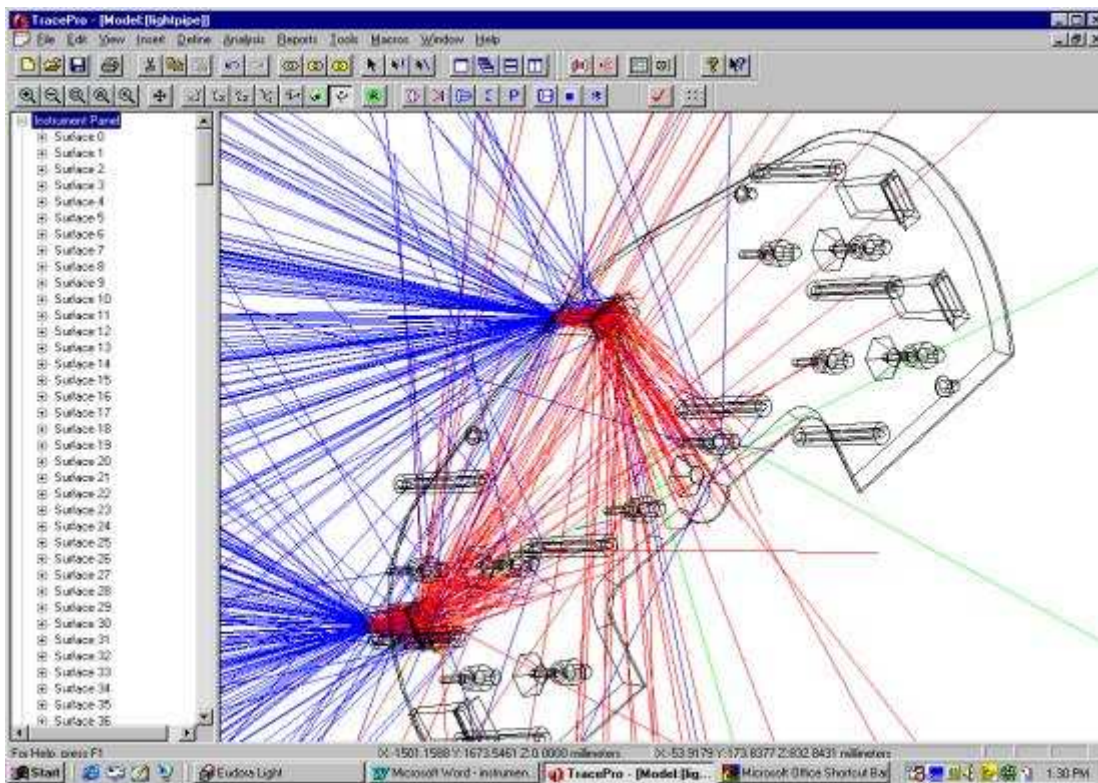


Рис. 37 – Два світлодіода, що випромінюють “у тіло” панелі, виготовленої з полікарбонату. Частина світлового потоку, що не попадає усередину панелі, показана синіми кольорами.

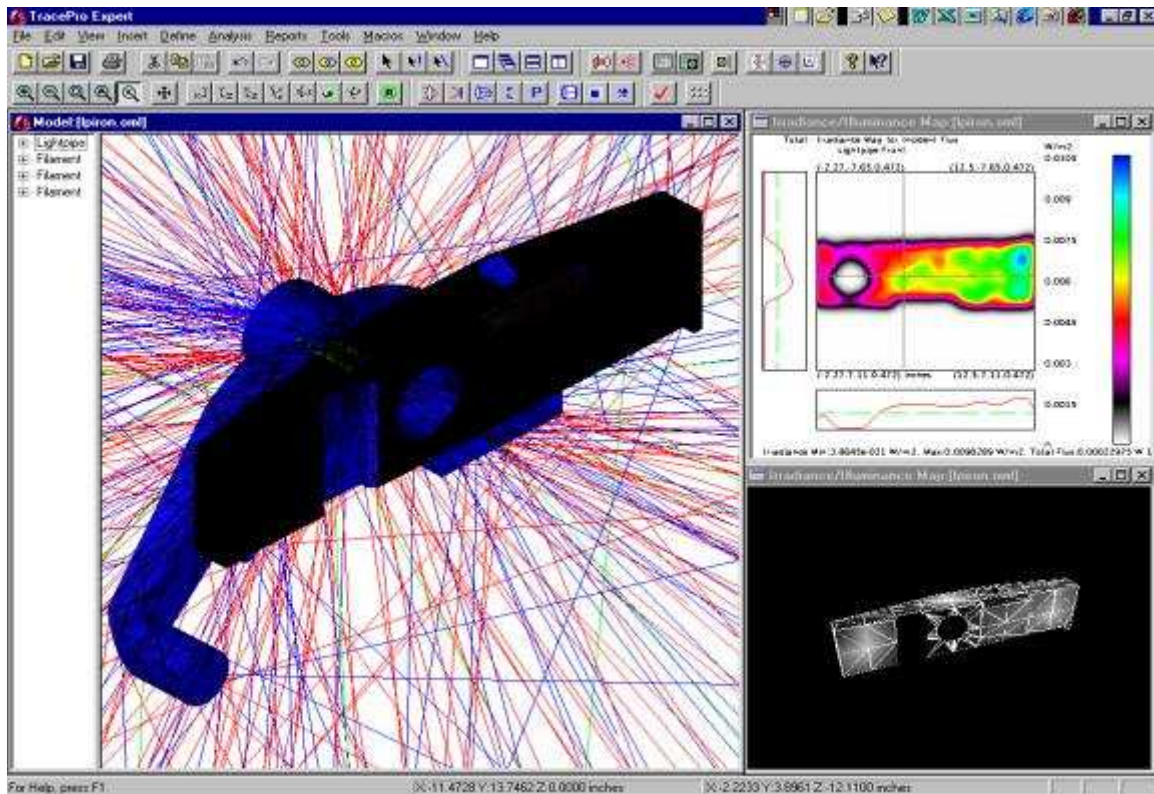


Рис. 38. –Світловод для освітлення панелі автомобільного кондиціонера.

Діаграма щільності потоку випромінювання, розташована праворуч праворуч, ілюструє розподіл світлового потоку на виході із світловода. Ліворуч і знизу діаграми показані її перетини. Тривимірна картина світлового потоку для світловода в цілому показана у вікні праворуч. Ці ілюстрації роблять очевидним висновок про нерівномірність розподілу світлового потоку.

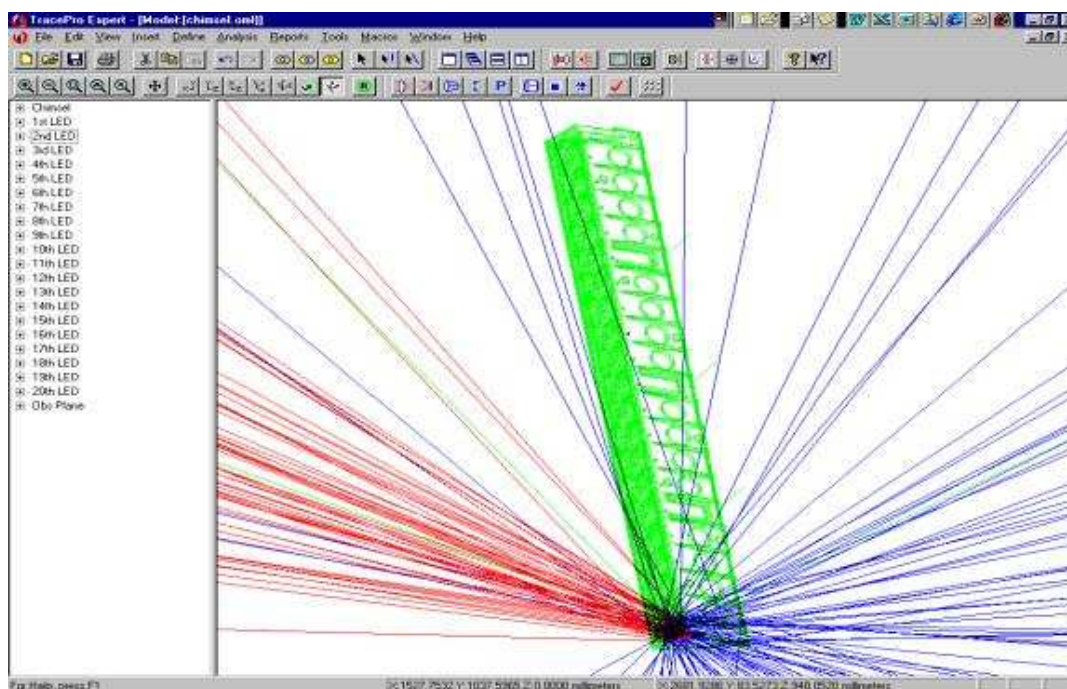


Рис. 39 – Гальмовий ліхтар для салону з 20 СВД. Результати трасування показані для одного з світлодіодів.

На рис. 39 показаний додатковий стоп-сигнал, створений у зовнішньому CAD пакеті й імпортований в TracePro. Пристрій має більше 2500 поверхонь. Вони утворюють набір оптичних елементів, кожним з яких є лінза Френеля. При трасуванні променів у конструкції, апроксимованій “справжньою” геометричною моделлю, витрати часу становлять біля години. Однак в TracePro є присутнім новий алгоритм, названий RepTile™ (“повторюваний мозаїчний елемент”). Він призначений для трасування променів в об’єктах, поверхня яких утворена сукупністю повторюваних елементів. Наприклад, використовуючи можливості, надавані методом RepTile, протягом декількох хвилин проводиться розрахунок об’єкта, що включає 30 лінз Френеля. Аналіз для “повної” геометрії зайняв би години. Результати ж для обох підходів виходять ідентичними.

СТОП-СИГНАЛИ

Аналогічним способом можна виконувати розрахунок стоп-сигналів. У цей час переважна більшість таких виробів розробляються за допомогою CAD систем з наступним експортом в TracePro. Однак більш доцільно створювати геометричну модель безпосередньо в TracePro. В інженерних CAD така геометрія, як правило, базується на поданні поверхонь неоднорідними раціональними B-сплайнами. Кожна така поверхня задається набором точок, пов'язаних з деякими кривими, причому “ступінь впливу” точок на форму кривої визначається набором вагових коефіцієнтів. В TracePro поверхні можуть бути задані рівняннями, або ж як сукупність твердотільних примітивів. У цьому випадку трасування променів відбувається значно швидше. З огляду на те, що в оптичних системах сучасних автомобілів присутні масиви лінзових елементів, то – беручи до уваги відповідні можливості TracePro – геометричне подання може бути не менш точним, ніж в CAD. На рис. 40 наведена модель типового гальмівного сигналу, побудована в TracePro.

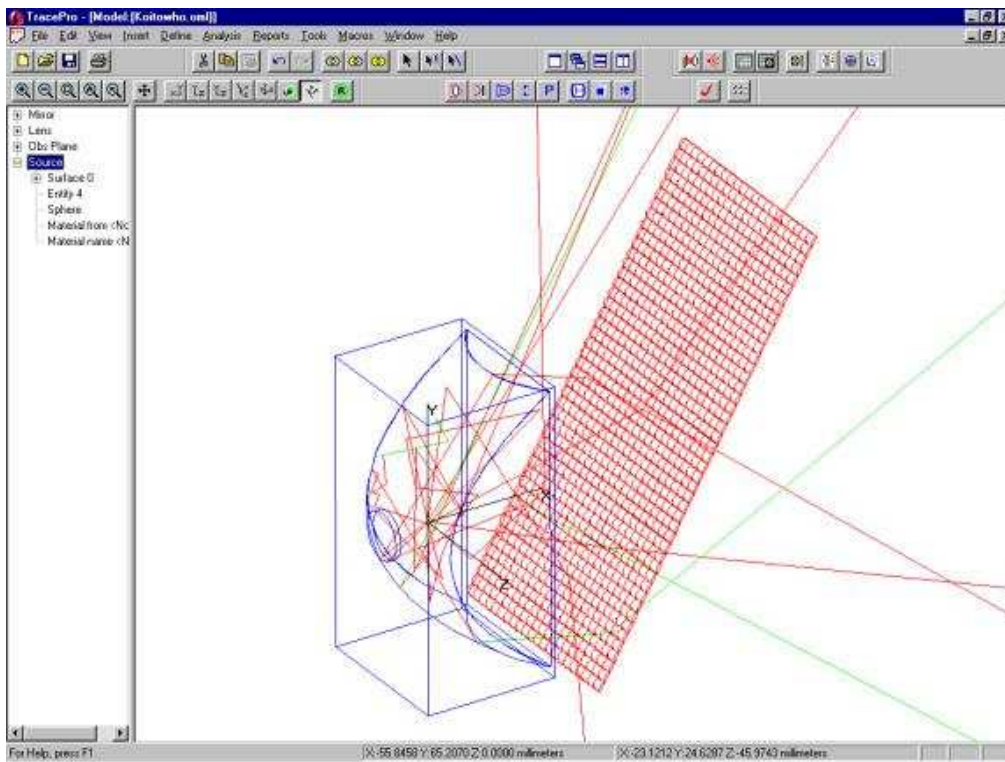


Рис. 40 – Стоп-сигнал з відбивачем і масивом лінзових елементів.

ФАРИ

Незважаючи на зовнішню простоту, автомобільні фари – досить нетривіальна конструкція. Екстравагантний дизайн сполучається з необхідністю дотримання строгих сучасних стандартів, що визначають освітленість дороги. Відмінності від ранніх моделей, що встановлювалися в “коробкові” автомобілі й описувалися сукупністю найпростіших об’єктів, цілком наочні. В “залізаних” гладких виробах можуть спостерігатися ефекти повного внутрішнього відбиття при поширенні світла в масивах різноманітно орієнтованих заломлюючих елементів. На рис.41 показана стандартна фасетна фара. Поверхня відбивача являє собою безліч граней, що відбивають світловий потік на відповідні ділянки дороги перед автомобілем. Необхідність аналізу функціонування світловідбиваючих дорожніх знаків додає проблем при розрахунку фар. Можливість ітераційного розрахунку на базі зручного CAD інтерфейсу є істотною перевагою для пігонки проекту під вимоги стандартів SAE.

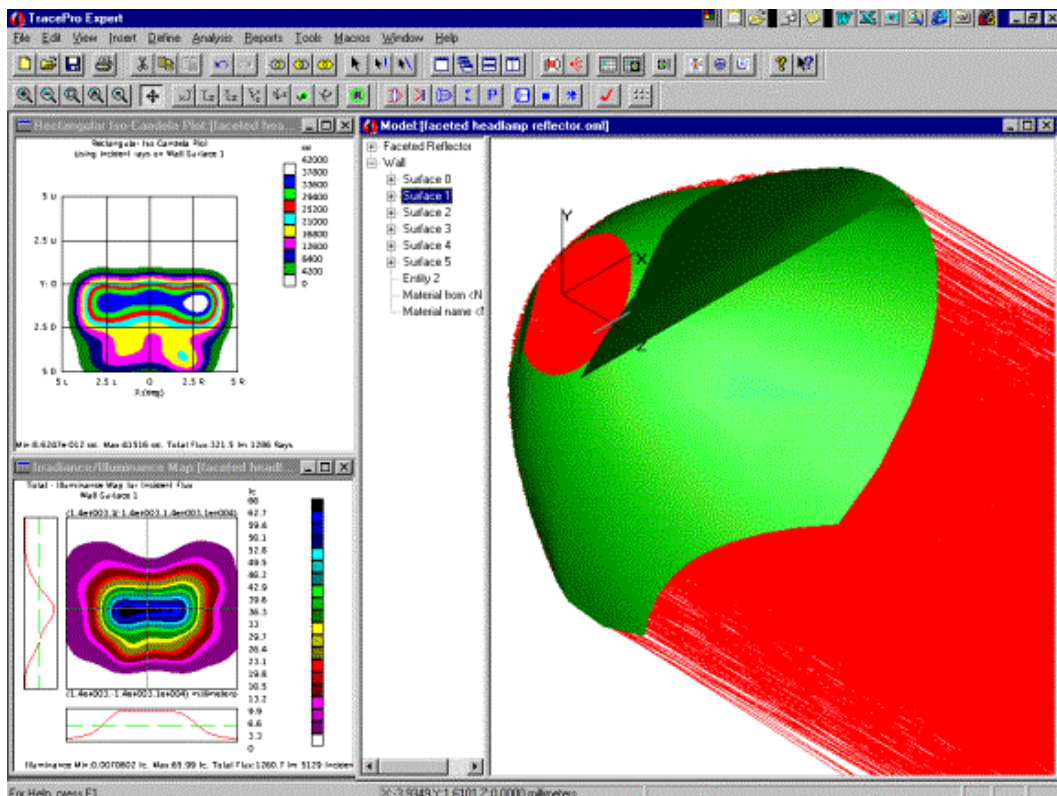


Рис. 41 – Фасетний відбивач, трасування променів, а також стандартні криві ізокандел і ізолінії освітленості.

ДИСПЛЕЙНІ СИСТЕМИ

У цей час TracePro існує в 4-х конфігураціях: RC, LC, Standard and Expert. Фундаментальною характеристикою конфігурації TracePro Expert є наявність згаданого модуля RepTile™. Він, зокрема, дозволяє аналізувати системи, що містять тисячі й мільйони розсіюючих і заломлюючих елементів, характерні для стоп-сигналів на основі СВД, а також пристроїв із РК панелями. Приклади розрахунку подібних конструкцій наведені на рис.42, 43. Елементарними структурами можуть бути – крім лінз Френеля – піраміди, півсфери, конуси, кути кубів, усічені призми, “дахоподібні” багатогранники.

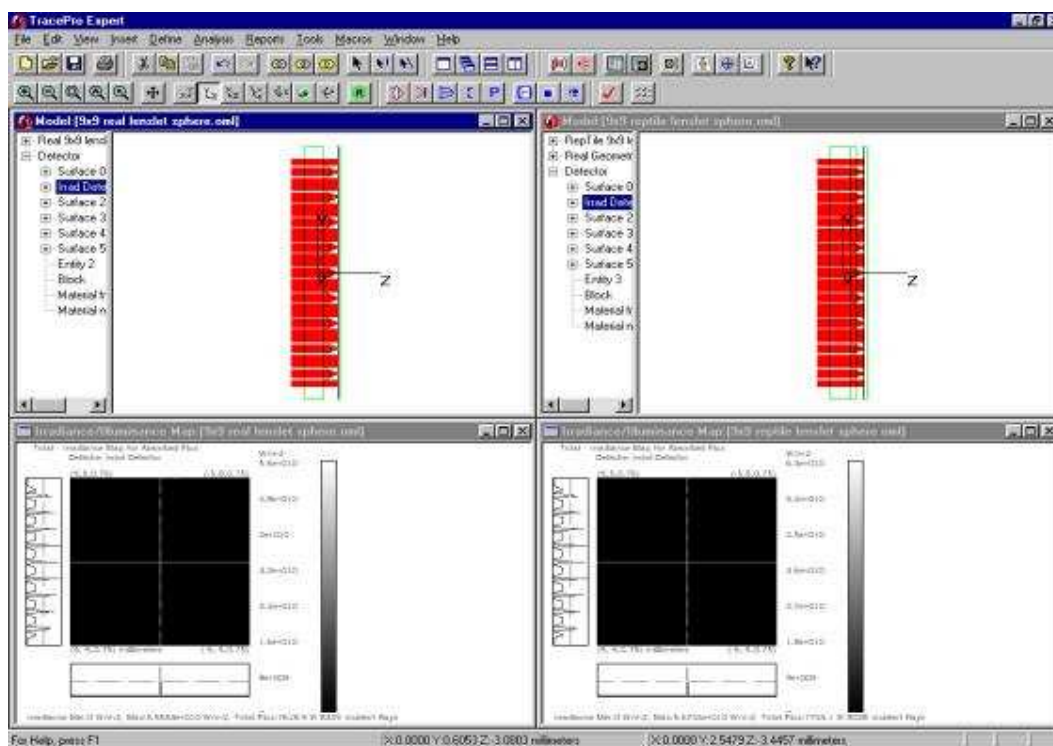


Рис. 42 – Масив лінзових елементів 9x9. Розрахунок для “істинної” моделі – 19 сек. і за допомогою RepTile – 5 сек. 10000 променів, Pentium III, 800 MHz. Результати тотожні. Для масиву 81x81, 1 млн. променів- 42/11 хв. Пам'ять для моделі 5М/89ДО.

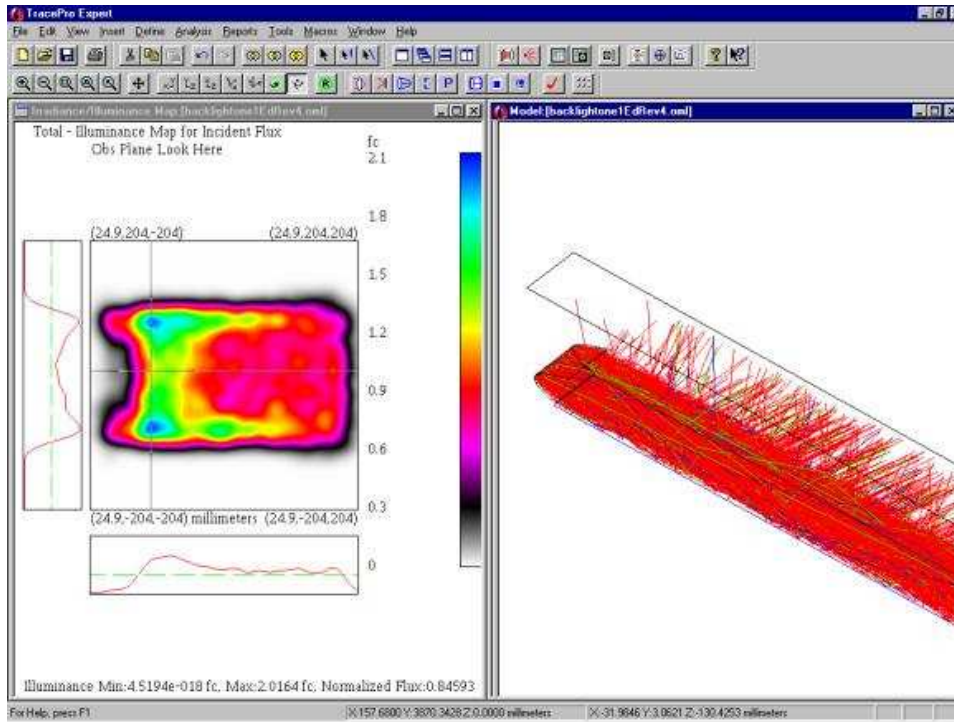


Рис. 43 – LCD стоп-сигнал. Істинну геометрію створити неможливо. Виріб містить 7 млн. точок в 3000 стовпцях. Щільність стовпців змінна. Розрахунок з використанням RepTile, 100000 променів, 8 хв. Смуговий режекторний фільтр може бути врахований у розрахунку як окрема RepTile поверхня.

ЛЕКЦІЯ 17

Порівняльний аналіз основних САПР для оптичного програмного забезпечення

Оптичне програмне забезпечення

<http://www.opticalres.com/>

Optical Research Associates (ORA) є лідером в області комп'ютерного проектування оптичних систем. Програма CODE V, розроблювана в компанії вже протягом декількох десятиліть, найбільший арсенал засобів для синтезу, аналізу й оптимізації оптичних систем. Результати, отримані за допомогою CODE V, мають безумовний авторитет. Становить інтерес і відносно новий програмний продукт LightTools, створений фахівцями цієї компанії.

<http://www.focus-software.com/>

Компанія Focus Software, Inc. є розроблювачем найвідомішої й популярної на сьогоднішній день програми для розрахунку оптики на персональних комп'ютерів ZEMAX. Ця програма дозволяє аналізувати оптичні системи на основі послідовного або непослідовного розрахунку променів, виконувати глобальну й локальну оптимізацію параметрів оптичної системи. Програма має всі необхідні можливості, що дозволяють проектувати сучасні оптичні системи. Додатковий програмний модуль ZELUM допоможе розробити освітлювальну оптичну систему. А модулі ZEBASE і LensVIEW дозволяють працювати із найбільшою бібліотекою оптичних систем, що створена й постійно оновлюється фахівцями компанії. Доступні демонстраційні версії: ZEMAX, ZELUM і LensVIEW.

<http://www.lambdares.com/>

Компанія Lambda Research Corporation пропонує програмне забезпечення для проектування й аналізу роботи оптичних систем. TracePro – програма розрахунку променів з урахуванням поглинання, відбиття, переломлення, розсіювання й дифракції світла при поширенні через оптичну систему. Фірма займається поширенням і підтримкою програми для розрахунку оптики OSLO. Доступна безкоштовна версія OSLO LT, а також стара DOS-програма обробки інтерферограм APEX.

<http://www.sinopt.com/>

Фірма Sinclair Optics – розроблювач однієї з найстарших програм для проектування оптики OSLO. Крім інформації про можливості програми на сайті можна знайти навчальні матеріали за розрахунками оптики з використанням OSLO. Права на поширення й подальший розвиток програми

передані Lambda Research Corporation. Доступна безкоштовна версія OSLO LT.

<http://www.breault.com/>

Компанія Breault Research Organization, відома також як BRO, є авторитетним розроблювачем оптичного програмного забезпечення. Програма ASAP (Advanced Systems Analysis Program), розроблена в цій компанії, широко використовується для проектування зображуючих і освітлювальних систем спеціального призначення. Програма APART, призначена для аналізу паразитних засвітлень. Компанія також пропонує спеціалізований програмний продукт ReflectorCAD для конструювання відбивачів. На сайті доступна демонстраційна версія програми ReflectorCAD. На сайті також працює електронна бібліотека джерел світла (BRO Light Source Library), яка містить конструктивні параметри й математичні моделі різноманітних джерел оптичного випромінювання.

<http://www.sciopt.com/>

Компанія SCIOPT Enterprises пропонує широкий спектр оптичних програмних продуктів: PARAXIA-Plus – програма для проектування лазерних систем і моделювання поширення пучків у лазерних резонаторах, OPTES – програма для проектування оптичних систем і розрахунку променів, SIGGRAPH-OPTIK/CAOS – програма для проектування інтегральної оптики.

ЛЕКЦІЯ 18

Програми для розрахунку оптичних систем світлодіодів

OSLO (Optics Software for Layout and Optimization) Sinclair Optics – розроблювач однієї з найстарших програм для проектування оптики OSLO. Права на поширення й подальший розвиток програми передані Lambda

Research Corporation. OSLO призначена для визначення оптимальних розмірів і форм елементів оптичних систем фото- і відеотехніки, систем зв'язку, наукових приладів і т.д. Крім того, вона використовується для оцінки якості оптичних систем і для розробки спеціалізованого програмного забезпечення для оптичного конструювання, тестування й виробництва. Типові завдання, які можуть розраховуватися за допомогою OSLO:

- звичайні оптичні системи,
 - системи змінного збільшення,
 - гаусові пучки й лазерні резонатори,
 - погоджувальна оптика для волоконних систем,
 - трасування променів,
 - поляризаційний розрахунок ОС
- та ін.

Докладну інформацію про програму можна знайти на сайтах [Sinclair Optics](#) і [Lambda Research](#). Крім того, для безкоштовного завантаження доступна версія OSLO LT, яка володіє всіма основними можливостями для розрахунку ОС, але працююча тільки з системами, що містять до 10 поверхонь.

ZEMAX• Компанія Focus Software, Inc. є розроблювачем найвідомішої й популярної на сьогоднішній день програми для розрахунку оптики на персональних комп'ютерах – ZEMAX. Ця програма дозволяє аналізувати оптичні системи на основі послідовного або непослідовного розрахунку променів, виконувати глобальну й локальну оптимізацію параметрів оптичної системи. Програма має всі необхідні можливості, що дозволяють проектувати сучасні оптичні системи. Додатковий програмний модуль ZELUM допоможе розробити освітлювальну оптичну систему.

- А модулі ZEBASE і LensVIEW дозволяють працювати із найбільшою бібліотекою оптичних систем, що створена й постійно оновлюється фахівцями компанії.

- Доступні демонстраційні версії: [ZEMAX](#), [ZELUM](#) і [LensVIEW](#).

TracePro Компанія Lambda Research Corporation пропонує програмне забезпечення для проектування й аналізу роботи оптичних систем. TracePro – програма розрахунку променів з урахуванням поглинання, відбиття, переломлення, розсіювання й дифракції світла при поширенні через оптичну систему.

Основні етапи розрахунку в програмі TracePro

Спочатку по ескізу оптичної системи СД складається параметрична модель, для побудови якої використовується програма INVENTOR.

Розглянемо, наприклад, модель СД типу В-342Бл Для наведеної моделі призначаються властивості поверхонь (Surface) і матеріалів (Material).

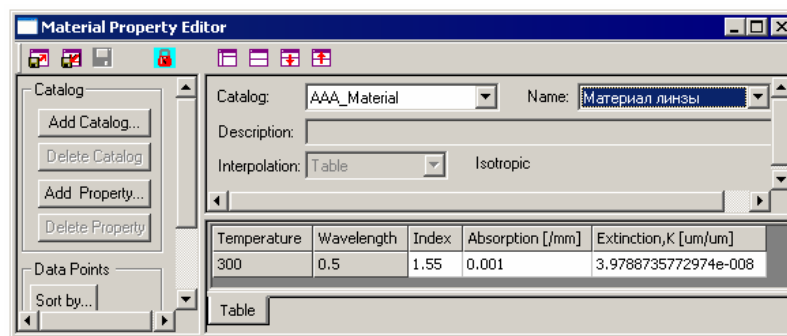


Рис. 44 – Вікно параметрів моделі лінзи.

Для лінзи:

показник переломлення (**Index**)=1,55;

коефіцієнт поглинання (**Absorption coef.**) = 0,001.

Властивості поверхонь1) **Підстава:** коефіцієнт поглинання (**Absorption coef.**) = 0,1;

- коефіцієнт відбиття (**Specular Reflection**) = 0.7;
- коефіцієнт пропусення (**Specular Transition**) =0.
- **2) Відбивач:**• коефіцієнт поглинання (**Absorption coef.**) = 0,05;
- коефіцієнт відбиття (**Specular Reflection**) = 0.9;
- коефіцієнт пропусення (**Specular Transition**) =0.

- Інші коефіцієнти (розсіювання й ін.) програма додає сама.

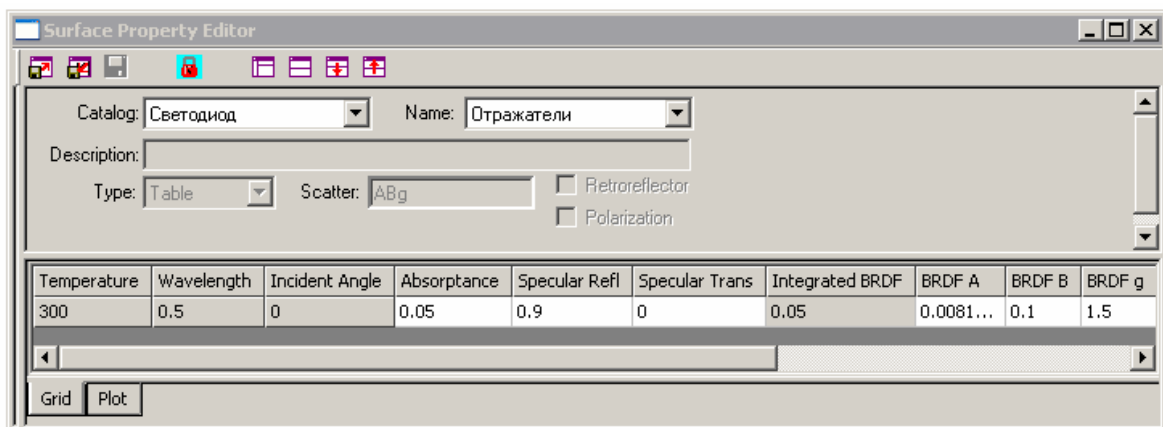


Рис. 45 – Вікно параметрів відбивача світлодіода.

Джерело світла (Surface Source)

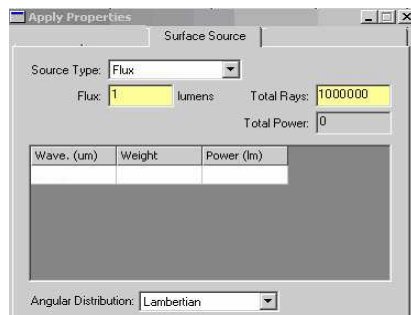


Рис. 46 – Вікно параметрів джерела випромінювання

Тілом, що світить, є поверхня люмінофора.

Тип джерела (**Source Type**): вибираємо значення – **Flux** (потік у лм) = 1.

Кількість променів, що випускають поверхнею (**Total Rays**) = 1000000.

Кутовий розподіл випромінювання з поверхні (**Angular Distribution**) – Ламбертівське (**Lambertian**).

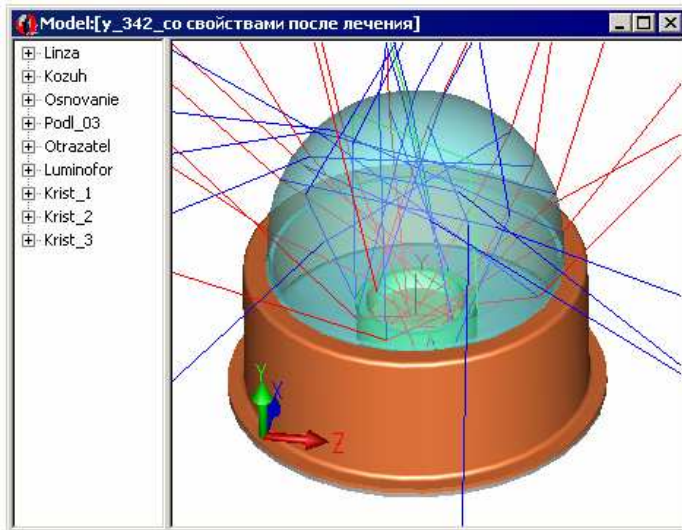


Рис. 47 – Хід променів від СД типу В-342Бл

Після того, як всі потрібні властивості поверхонь і матеріалів призначені, запускається програма трасування променів, кількість яких становить близько 1 млн., і на дисплеї з'являється зображення ходу променів, по-різному зафарбованих залежно від щільності світлового потоку.

Промені найбільшої «інтенсивності» відображаються червоними кольорами, найменшої – синім. Це дозволяє відслідковувати втрати при поглинанні й розсіюванні світла.

Кінцевим результатом розрахунку є КСС

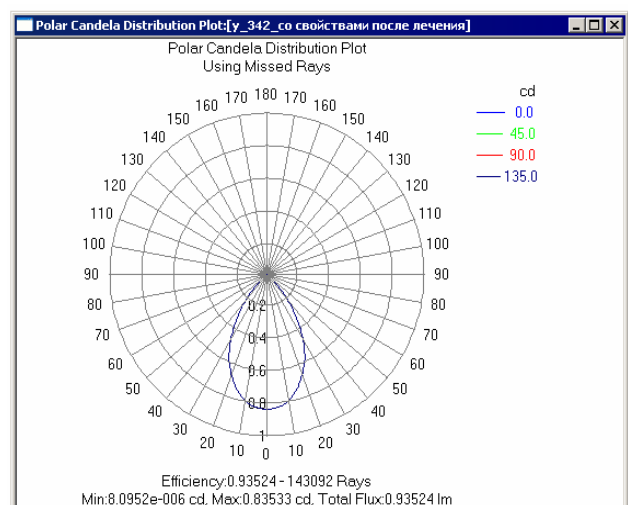
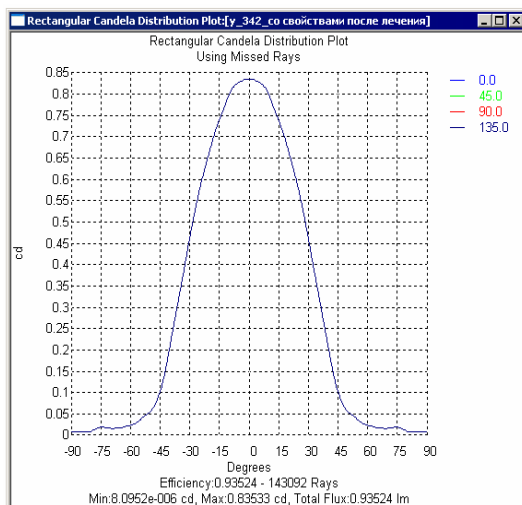


Рис. 48 – Експериментальна й розрахункова КСС СД типу В-342 Бл

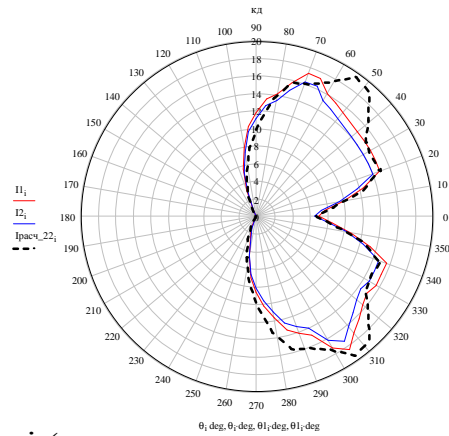
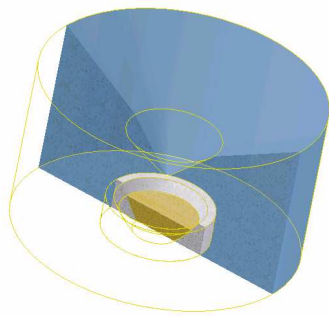
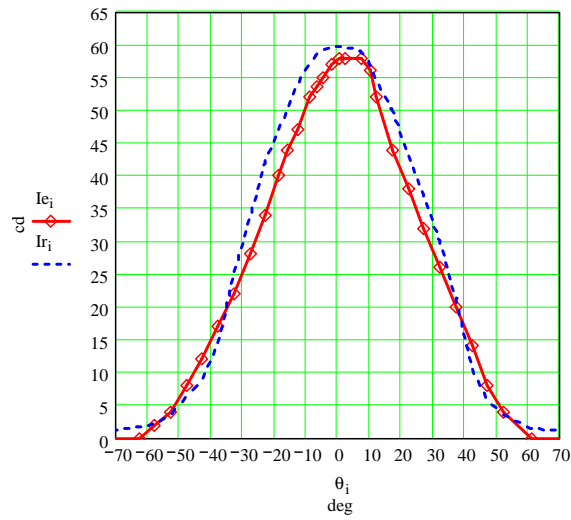


Рис. 49 – Розрахункова й експериментальні (у взаємно перпендикулярних напрямках) КСС СД типу В-360 Бл

Про програму ZEMAX

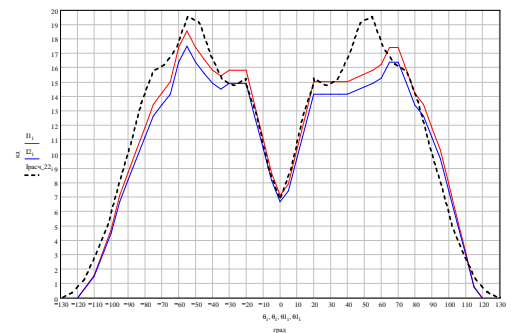
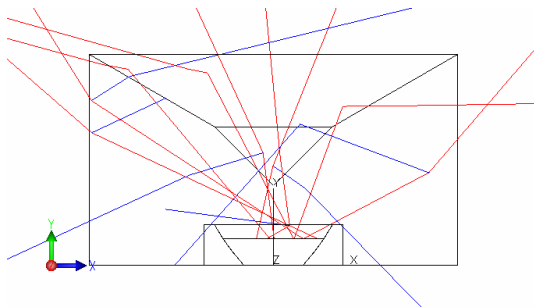


Рис. 50 – Результати застосування програми ZEMAX

Програма ZEMAX зустрічається в трьох варіантах, що відрізняються своїми можливостями: ZEMAX-SE (стандартний варіант), ZEMAX-XE (розширений варіант), і ZEMAX-EE (професійний варіант).

Інтерфейс ZEMAX простий у використанні, і після невеликої практики можна навчитися швидкого діалогового проектування.

ZEMAX містить величезну базу даних по характеристиках різних видів скла, здатна розрахувати дуже складну конструкцію із систем лінз, дзеркал, дифракційних ґрат, інтерференційних і абсорбційних світлофільтрів і інших елементів. Вона відображає хід променів у таких системах, наочно зображуючи поведження променів у різних ділянках спектру, розраховує аберації системи, її роздільну здатність, втрати світла й безліч інших параметрів.

По розрахунках, виконаних за допомогою ZEMAX, можна сміливо будувати оптичний прилад, будучи впевненим, що його реальні параметри будуть мати мінімальні розбіжності з розрахунковими. **Системні вимоги** більш прості, ніж для **TracePro**. Установка ZEMAX можлива в Windows 98, Windows 2000 або Windows NT при наявності 64 Mb простору на диску.

Порівняння програм ZEMAX і TracePro¹. В ZEMAX можна використати твердотільні моделі й середовища САПР (AutoCAD і ін.). В TracePro теж.

2. Наявність файлу джерела випромінювання (один раз увів дані, потім можна змінювати їх), чого не можна сказати про TracePro, у якій цього взагалі немає.

3. Дуже велика бібліотека оптичного скла, що постійно оновлюється компанією ZEMAX. В TracePro вона обмежена й мала.

4. Можливість створення конструкторських документацій (грамотне оформлення результатів). В TracePro цього немає.

5. Можливість автоматичної оптимізації оптичної системи в ZEMAX (є параметри лінзи й приблизний вид КСС, ZEMAX вибирає найбільш оптимальний варіант).

В TracePro такого не реалізовано.

6. Завдання параметрів оптичної системи ZEMAX:

1) TOP-файл – текстовий файл, у якому по певному алгоритму задаються параметри оптичної системи (точки з'єднані лініями)

2) STL-файл – твердотільна модель.

3) У вигляді формул.

В TracePro, у вигляді SAT або OML – файлів.

7. В TracePro ніяк не оцінюється точність розрахунку. У принципі по виду отриманої КСС можна зрозуміти, потрібно ще додати променів чи ні (піки згладжуються при збільшенні числа променів), однак, з якою точністю виконаний розрахунок, зрозуміти неможливо.

ЛЕКЦІЯ 19

Особливості розрахунку характеристик компактних люмінесцентних ламп у програмі LUMEN-COMPACT

Розроблена програма LUMEN-COMPACT (рис. 51), в якій використана програма обробки електронних таблиць QUATTRO PRO for WINDOWS. Вона складається з підпрограм, виконаних у вигляді окремих файлів, які дозволяють реалізувати конкретні етапи розрахунку.

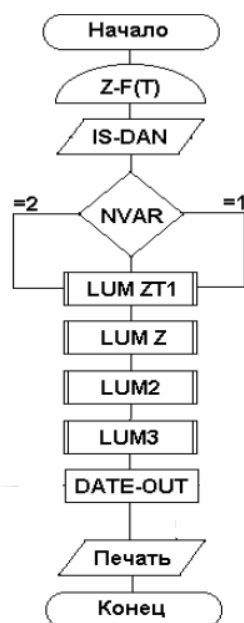


Рис. 51. – Блок схема програми LUMEN-COMPACT

В підпрограмі LUM Z реалізовані наступні етапи розрахунку: розрахунок вірогідності переходу між рівнями Hg в розрахунку на 1 електрон і 1 атом (Z_{ik} , Z_{ki}); розрахунок ефективної вірогідності виходу резонансного випромінювання з розряду $A_{\lambda r}$; розрахунок розподілу концентрацій збуджених атомів n_b по перетину трубки (в 10 кільцевих зонах шириною $R/10$). В підпрограмі LUM2 на основі отриманої залежності $n_b = \varphi(r/R)$ проводиться розрахунок питомих потоків ліній випромінювання розряду.

В підпрограмі LUM3 проводяться розрахунки складових балансу енергії, яка витрачається електронами на пружні втрати з атомами Ar і Hg (W_{ey}^{Ar} , W_{ey}^{Hg}), на випромінювання різних ліній $\Phi_{253,7}$, $\Phi_{184,9}$, $\Phi_{296,7}$, $\Phi_{312,6}$, $\Phi_{365,0}$, $\Phi_{404,7}$, $\Phi_{435,8}$, $\Phi_{546,1}$, на іонізацію W_{ion} , розрахунки повних витрат енергії в розрахунку на 1 електрон W_{1e} , рухомості електронів b_e , градієнту потенціалу E і приведеної потужності в ПС P_1 , приведеного світлового потоку Φ_1 і світлової віддачі ПС $\eta_{ПС}$, частки витрат енергії на випромінювання $\eta_{253,7}$, $\eta_{184,9}$, $\eta_{рез}$, $\eta_{вид}$, $\eta_{уф}$ та на пружні зіткнення η_{np}^{Ar} , η_{np}^{Hg} , на іонізацію η_{ion} , повної кількості атомів Hg в основному стані N_{Hg} і повної кількості електронів N_e в ПС одиничної довжини 1 см, розрахунок середніх значень T , n_e , n_{Hg} , в ПС.

Програма включає підпрограму Z-F(T), яка містить таблицю вірогідностей переходів між рівнями Hg в функції електронної температури $Z_{ik} = \varphi(T_e)$, і підпрограму IS-DAN, що містить вихідні дані для розрахунку, які змінюються по бажанню користувача – I , p_{Ar} , r , T_{x3} , характеристики люмінофору і шару люмінофору. Крім того, програма містить підпрограму DATE-OUT, яка створює масив даних, необхідних для побудови графіків. В даний файл копіюються результати розрахунку світлових і електричних характеристик ПС КЛЛ, радіальні значення в 11 точках (на вісі і в 10 зонах) наступних величин: n_e , T_e , T , n_b (на рівнях $6^3 P_0$, $6^3 P_1$, $6^3 P_2$, $6^1 P_1$, $7^3 S_1$, $6^3 D_{1,2,3}$), $A_{253,7}$, $A_{184,9}$, b_e . Крім того можливий перегляд і вивід на друк значень інших

величин: p_{Hg} , I , p_{Ar} , R , T_{xz} , n_{eo} , і T_{eo} , середні по перетину значення : n_e , T , n_{Hg} , b_e , значення F_1/A_e для збудження всіх рівнів з рівня 6^1S_0 , значення Z_{ik} і Z_{ki} , коефіцієнти системи лінійних рівнянь для визначення концентрацій збуджених атомів на всіх рівнях, повні витрати енергії в розрахунку на 1 електрон , питомі (на 1 електрон) витрати енергії на пружні втрати в W_{e1}^{Hg} і W_{e1}^{Ar} , витрати на іонізацію W_{e1}^{ion} . За допомогою розробленої програми проведені розрахункові дослідження залежності мікро- і макрохарактеристик ПС КЛЛ при зміні параметрів в діапазонах, реально можливих при проектуванні КЛЛ: $I_{л}=0,05 \div 0,25$ А (для ламп з $d_{вн} \leq 1,2$ см), $I_{л}=0,1 \div 0,5$ А (для ламп з $d_{вн}=1,2 \div 2,0$ см), $p_{Ar}=1 \div 6$ мм рт. ст. (133÷800 Па), $p_{Hg}=2,8 \cdot 10^{-3} \div 8,9 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст. (0,37 ÷16,8 Па), $T_{xz} = 30 \div 80$ °С, $d_{вн}=0,8 \div 2,0$ см.

Розрахунок струму лампи при роботі на постійному струмі ($I_{л}$) проводиться по програмі LUMEN-COMPACT при допущенні рівності питомих потужностей ПС КЛЛ при роботі на постійному струмі (P_1) і змінному струмі з $f = 50$ Гц P_1'

$$P_1 = P_1',$$

Для значення $I_{л}$, яке забезпечує рівність, по програмі LUMEN-COMPACT розраховуються також значення інших питомих характеристик (E , Φ_1) при роботі лампи на постійному струмі.

IESNA Recommended Standard File Format for Electronic Transfer of Photometric Data.
IESNA LM-63-95. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 1995

ПРАВИЛА

запису рядків із ключовими словами

1. Кожний запис починається з нового рядка. Ключові слова беруться у квадратні дужки, записуються на верхньому регістрі й починаються з першої позиції в рядку.
2. Після ключового слова записується зміст, що відповідає даному ключовому слову. Рядок закінчується символами кінця рядка й перекладу каретки на новий рядок (в ASCII кодуванні).
3. Повна довжина рядка не повинна перевищувати 82 символів. Якщо необхідний запис перевищує цю довжину, то для продовження запису в наступному рядку застосовується ключове слово [MORE]. Число таких рядків не обмежено.
4. Основний набір ключових слів наведений у табл.1. Додаткові ключові слова, встановлені стандартом, наведені в табл.2.
5. Для групування додаткових ключових рядків можна використати блок рядків, що починається рядком із ключем [BLOCK] і який закінчується рядком із ключем [ENDBLOCK]. Між цими рядками можуть бути будь-які інші ключові рядки. Кількість блоків не обмежено.
6. Кожний ключовий рядок, за винятком рядка [MORE], поза блоком і в кожному блоці може бути присутнім тільки один раз.
7. Крім установлених стандартом можуть застосовуватися ключові слова, визначені користувачем. Такі слова повинні починатися з підкресленого пробілу, наприклад, [_USERKEYWORD].
8. Довжина ключових слів (включаючи дужки) не повинна перевищувати 20 символів.

Таблиця 2. Додаткові ключові слова стандарту IESNA:LM-63-1995

Ключове слово	Призначення
[NEARFIELD] D1, D2, D3	Вказує, що використовуються дані по методу фотометрії ближньої зони [1]. D1 – відстань від світлового центра ОП до горизонтальної поверхні. D2 – відстань від світлового центра ОП до вертикальної поверхні уздовж площини 0^0 . D3 – відстань від світлового центра ОП до вертикальної поверхні уздовж площини 90^0 .
[BALAST]	Тип використовуваного ПРА
[BALASTCAT]	Позначення ПРА по каталогу
[MAINCAT]	Приймає значення від 1 до 6, які вказують категорії експлуатації ОП [Ошибка! Закладка не определена.]
[DISTRIBUTION]	Основні показники світлорозподілу ОП, наприклад, Type II, Medium, Direct, SC=1.5) [Ошибка! Закладка не определена.]
[FLASHAREA]	Площа проекції поверхні, що світить, ОП (m^2), видима під кутом 760 до оптичної осі. Використовується при розрахунку показника дискомфорту по методу МКО [1].
[COLORCONSTANT]	Використовується при розрахунку показника засліпленості по методу МКО [Ошибка! Закладка не определена.]
[SEARCH]	Створений користувачем пошуковий рядок, що може бути використаний програмою для пошуку фотометричних файлів, заснованих на кодованих характеристиках.

ПРАВИЛА

запису рядків у випадку залежності світлового потоку лампи від нахилу ОП

1. Якщо світловий потік використовуваної лампи залежить від нахилу ОП, то в рядку з параметром TILT= використовуються запис TILT=INCLUDE або TILT=<ім'я файлу>.
2. Якщо використовується запис TILT=INCLUDE, то після цього рядка розміщуються чотири додаткові рядки, зміст яких наведений в табл.3:

Таблиця 3. Параметри й приклад запису додаткових рядків при TILT=INCLUDE

Номер рядка	Параметр	Приклад запису	Примітки
11	TILT=	TILT= INCLUDE	Нумерація рядків відповідно до табл. 1
	<орієнтація лампи у світильнику>	2	Параметр приймає наступні значення (див. рис. 1): а – поздовжня вісь лампи по оптичній осі ОП; б – поздовжня вісь лампи по осі 90 ⁰ -270 ⁰ ОП; в – поздовжня вісь лампи по осі 0 ⁰ -180 ⁰ ОП.
	<число кутів нахилу>	7	Число кутів нахилу ОП
	<кути нахилу>	0 15 30 45 60 75 90	Список значень кутів нахилу ОП у град. у наростаючому порядку від 0 до 90 або 180
	<множники>	1.0 0.95 0.94 0.9 0.88 0.87 0.94	Список множників, що враховують зміну світлового потоку лампи при нахилі ОП. Послідовність значень множників повинна строго відповідати списку значень кутів нахилу.

3. Цю ж інформацію (чотири рядки 11.1-11.4) можна представити у вигляді окремого текстового файлу, наприклад, з ім'ям tilt.tlt. У цьому випадку в рядку з параметром TILT= використовується запис TILT=tilt.tlt. Довжина імені файлу не повинна перевищувати 75 символів.

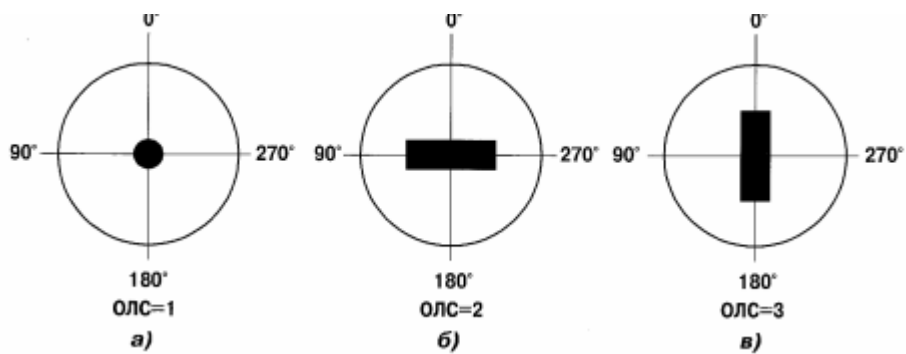


Рис. 1 – Схеми розташування джерела світла відносно вихідного отвору ОП.

Поздовжня вісь джерела світла розташована:

a – по оптичній осі ОП; *б* – по азимутальній осі 90-270°; *в* – по азимутальній осі 0-180°.

ОЛС -параметр (орієнтація лампи у світильнику)

ПРАВИЛА

вибору параметрів, що задають умовну геометрію ОП

За допомогою присвоєння відповідних значень параметрам <ширина світильника>, <довжина світильника> і <висота світильника> можна додати ОП (а точніше, його фотометричному тілу) одну з умовних геометричних форм, прийнятих у даному стандарті, які наведені в табл.4.

Таблиця 4. Значення параметрів <ширина світильника>, <довжина світильника> і <висота світильника> для завдання умовної геометрії ОП

Геометрична форма ОП	Значення параметра		
	ширина світильника	довжина світильника	висота світильника
Точкове джерело	0	0	0
Паралелепіпед шириною W , довжиною L і висотою H	W	L	H
Коло діаметром D	$-D$	0	0
Сфера діаметром D	$-D$	0	$-D$
Вертикальний циліндр діаметром D і висотою H	$-D$	0	H
Горизонтальний циліндр довжиною L і діаметром D , розташований:			
по осі X	0	L	$-D$
по осі Y	L	0	$-D$
Еліптичний диск висотою H і осями L і W розташованими відповідно:			
по осях X і Y	$-W$	L	H
по осях Y і X	W	$-L$	H
Еліпсоїд з розташуванням осі H по осі Z , а осей L і W відповідно:			
по осях X і Y	$-W$	L	$-H$
по осях Y і X	W	$-L$	$-H$

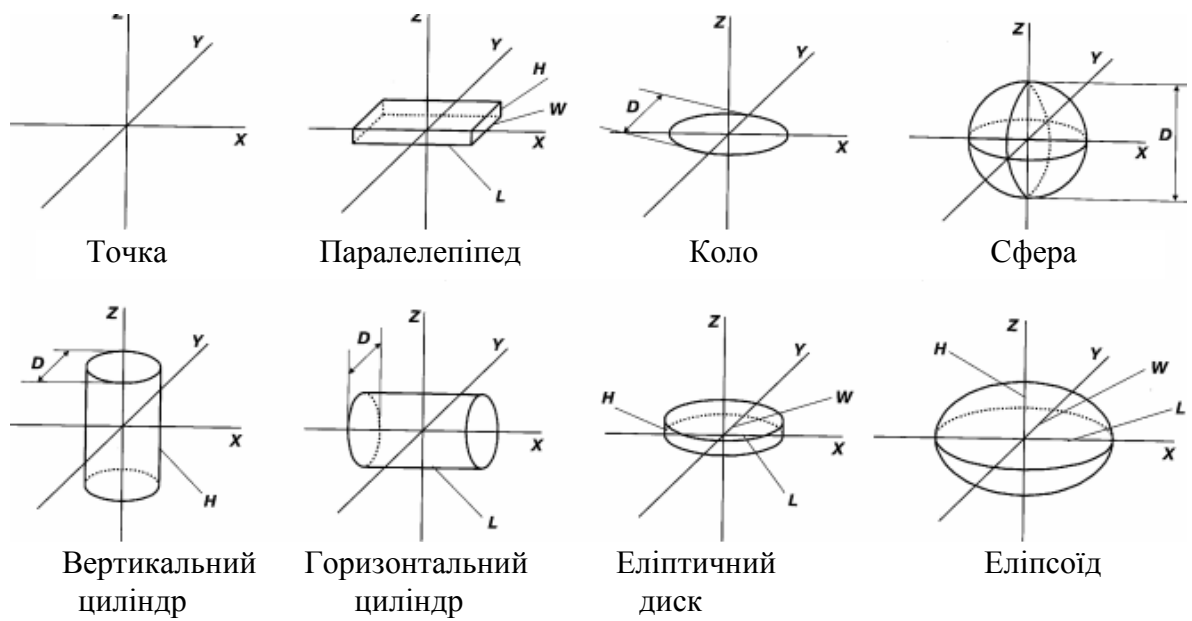


Рис. 2– Схеми умовних геометричних форм ОП.

Позначення: L – довжина (вісь); W – ширина (вісь); H – висота (вісь); D – діаметр

ПРИКЛАДИ

запису файлів фотометричних даних ОП у форматі IESNA:LM-63-1995

Приклад 1. Вихідна таблиця значень сил світла світильника в системі (С,γ). Світлорозподіл – вісесиметричний, тому значення сили світла наведені тільки для однієї площини С₀.

Полярний кут γ, град	Сила світла, кд/м ² /1000лм	Полярний кут γ, град	Сила світла, кд/м ² /1000лм	Полярний кут γ, град	Сила світла, кд/м ² /1000лм
0	11	65	113	130	9
5	11	70	111	135	6
10	12	75	113	140	4
15	15	80	113	145	3
20	19	85	113	150	2
25	27	90	115	155	2
30	40	95	111	160	1
35	59	100	111	165	1
40	74	105	105	170	1
45	88	110	86	175	1
50	95	115	52	180	1
55	103	120	31		
60	110	125	18		

Приклад запису файлу цього світлорозподілу у форматі IES.

```

IESNA:LM-63-1995
[TEST] Протокол №8-36-03
[DATA] 18.05.2003
[MANUFAC] ЛЗСИ "Світлотехніка"
[LUMCAT] ЖТУ08-100-001
[LUMINAIRE] Для скверів і парків
[LAMPCAT] Днат 100
[LAMP] Натрієва лампа високого тиску, 100 Вт
[OTHER] Відбивач перекритий захисним склом із світлостабілізованого
[MORE] полікарбонату
TILT=NONE
1 10000 10 37 1 1 2 -0.25 0 0
1 1 100
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60
65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125
130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180
0
11 11 12 15 19 27 40 59 74 88 95 103 110
113 111 113 113 113 115 111 111 105 86 52 31 18
9 6 4 3 2 2 1 1 1 1 1

```

Приклад 2. Вихідна таблиця значень сил світла світильника в системі (C,γ).

Світлорозподіл має дві площини симетрії, тому значення сили світла наведені тільки для першого квадранта.

Полярний кут γ, град	Сила світла в кд/м ² /1000лм для азимутальних кутів C у град:									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	226.4	226.4	226.4	226.4	226.4	226.4	226.4	226.4	226.4	226.4
5	234.8	234.8	234.8	239	239	230.6	230.6	230.6	230.6	230.6
10	222.2	222.2	218	222.2	222.2	222.2	226.4	226.4	230.6	230.6
15	226.4	230.6	222.2	222.2	213.8	205.4	201.2	205.4	218	222.2
20	230.6	230.6	213.8	205.4	201.2	192.9	184.5	169.9	181.7	201.2
25	239	234.8	213.8	197.1	180.3	166.3	164.1	150.1	142.8	170.1
30	247.4	234.8	205.4	192.9	171.9	136.9	137.8	131.3	120	151
35	255.7	234.8	197.1	180.3	143.4	120.8	114.4	125.7	102.3	126.5
40	276.7	247.4	192.9	156.5	132.1	112.8	95.1	104.7	89.4	112
45	272.5	239	188.7	159.9	128.9	97.5	92.6	88.6	75.7	92.6
50	310.3	247.4	184.5	147.5	116	103.9	72.5	74.1	67.7	75.7
55	348	264.1	180.3	136.9	113.6	90.2	74.9	58.8	57.2	64.4
60	423.5	293.5	159.3	119.2	106.3	91	84.6	54.8	48.3	54
65	461.2	318.6	159.3	108.8	92.6	82.2	68.5	45.9	41.1	44.3
70	431.8	297.7	159.3	110.4	88.6	68.5	60.4	42.7	30.6	32.2
75	192.9	176.1	92.2	57.2	60.4	50.8	49.1	33	18.5	18.5
80	50.3	50.3	25.2	19.3	18.5	28.2	22.6	20.9	11.3	11.3
85	12.6	12.6	12.6	8.9	8.9	8.9	5.6	5.6	5.6	5.6
90	8.4	8.4	8.4	6.4	7.3	5.6	4	4	3.2	3.2

Приклад запису файлу цього світлорозподілу у форматі IES.

```

IESNA:LM-63-1995
[TEST] Протокол №8-25-03
[DATA] 28 4.2003
[MANUFAC] ЛЗСИ "Світлотехніка"
[LUMCAT] ЖКУ16-250-001
[LUMINAIRE] Для вулиць, доріг і площ
[LAMPCAT] Днат 250
[LAMP] Натрієва лампа високого тиску, 250 Вт
[OTHER] Відбивач перекритий захисним склом із світлостабілізованого
[MORE] полікарбонату
TILT=NONE
1 27000 27 19 10 1 2 0.4 0.2 0
1 1 250
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60
65 70 75 80 85 90
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
226.4 234.8 222.2 226.4 230.6 239 247.4 255.7 276.7 272.5 310.3 348 423.5
461.2 431.8 192.9 50.3 12.6 8.4
226.4 234.8 222.2 230.6 230.6 234.8 234.8 234.8 247.4 239 247.4 264.1 293.5
318.6 297.7 176.1 50.3 12.6 8.4
226.4 234.8 218 222.2 213.8 213.8 205.4 197.1 192.9 188.7 184.5 180.3 159.3
159.3 159.3 92.2 25.2 12.6 8.4
226.4 239 222.2 222.2 205.4 197.1 192.9 180.3 156.5 159.9 147.5 136.9 119.2
108.8 110.4 57.2 19.3 8.9 6.4
226.4 239 222.2 213.8 201.2 180.3 171.9 143.4 132.1 128.9 116 113.6 106.3
92.6 88.6 60.4 18.5 8.9 7.3
226.4 230.6 222.2 205.4 192.9 166.3 136.9 120.8 112.8 97.5 103.9 90.2 91
82.2 68.5 50.8 28.2 8.9 5.6
226.4 230.6 226.4 201.2 184.5 164.1 137.8 114.4 95.1 92.6 72.5 74.9 84.6
68.5 60.4 49.1 22.6 5.6 4
226.4 230.6 226.4 205.4 169.9 150.1 131.3 125.7 104.7 88.6 74.1 58.8 54.8
45.9 42.7 33 20.9 5.6 4
226.4 230.6 230.6 218 181.7 142.8 120 102.3 89.4 75.7 67.7 57.2 48.3
41.1 30.6 18.5 11.3 5.6 3.2
226.4 230.6 230.6 222.2 201.2 170.1 151 126.5 112 92.6 75.7 64.4 54
44.3 32.2 18.5 11.3 5.6 3.2

```


Приклад 3. Вихідна таблиця значень сил світла умовного світильника в системі (В,β). Світлорозподіл симетрично відносно головної поздовжньої площини В₀ і обмежено нижньою півсферою, тому значення сили світла наведені тільки для діапазону площин В=[0⁰÷90⁰].

Полярний кут β, град	Сила світла в кд/м ² /1000лм для азимутальних кутів В у град:						
	0	15	30	45	60	75	90
-90	0	0	0	0	0	0	0
-80	9	9	8	5	3	1	0
-70	106	102	89	63	31	8	0
-60	490	473	410	290	145	38	0
-50	2430	2347	2033	1437	719	186	0
-40	4000	3864	3346	2366	1183	306	0
-30	4800	4636	4015	2839	1420	367	0
-20	5100	4926	4266	3017	1508	390	0
-10	5500	5313	4601	3253	1627	421	0
0	5600	5409	4684	3312	1656	429	0
10	5400	5216	4517	3194	1597	413	0
20	5000	4830	4183	2958	1479	383	0
30	4400	4250	3681	2603	1301	337	0
40	3600	3477	3011	2129	1065	276	0
50	2090	2019	1748	1236	618	160	0
60	470	454	393	278	139	36	0
70	146	141	122	86	43	11	0
80	9	9	8	5	3	1	0
90	0	0	0	0	0	0	0

Приклад запису файлу цього світлорозподілу у форматі IES.

```

IESNA:LM-63-1995
[TEST] Протокол № xx-xx
[DATA] 09.09.2002
[MANUFAC] Unknown
[LUMCAT] XX-150
[LUMINAIRE]
[LAMPCAT]
[LAMP] Металогалогенна лампа, 150 Вт
TILT=NONE
1 12000 12 19 7 2 2 0 0 0
1 1 150
-90 -80 -70 -60 -50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
  0 15 30 45 60 75 90
0 8 106 490 2430 4000 4800 5100 5500 5600 5400 5000 4400 3600 2090 470 146 9 0
0 8 102 473 2347 3864 4636 4926 5313 5409 5216 4830 4250 3477 2019 454 141 9 0
0 7 89 410 2033 3346 4015 4266 4601 4684 4517 4183 3681 3011 1748 393 122 8 0
0 5 63 290 1437 2366 2839 3017 3253 3312 3194 2958 2603 2129 1236 278 86 5 0
0 2 31 145 719 1183 1420 1508 1627 1656 1597 1479 1301 1065 618 139 43 3 0
0 1 8 38 186 306 367 390 421 429 413 383 337 276 160 36 11 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Конспект лекцій з дисципліни «Комп'ютерні інформаційні технології у світлотехніці» (для студентів і магістрів 5 курсу денної та заочної форм навчання спеціальності 8.090605, 7.090605 – Світлотехніка і джерела світла).

Укладач: Юлія Олегівна Васильєва

Редактор: М.З. Аляб'єв

Верстка: І.В.Волосожарова

План 2009, поз. 98Л

Підп. до друку 8.09.09	Формат 60x84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі	Умовн.-друк.арк. 6.1	Обл.-вид.арк. 6.6
Замовл. №	Тираж 50 прим.	

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ,
61002, Харків, вул. Революції, 12