

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ СПОРТИВНИХ СПОРУД

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних
закладів, які навчаються за спеціальністю
«Світлотехніка і джерела світла»

Харків
ХНАМГ
2013

УДК [628.97:004.42](075)
ББК 31.294.9с515я73-6+75.48с515я73-6
К63

А в т о р и:

Назаренко Л. А. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри світлотехніки і джерел світла;
Салтиков В. О. – кандидат технічних наук, професор кафедри світлотехніки і джерел світла;
Васильєва Ю. О. – кандидат технічних наук, доцент кафедри світлотехніки і джерел світла;
Ляшенко О. М. – старший викладач кафедри світлотехніки і джерел світла.

Р е ц е н з е н т и:

Колчигін М. М. – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної радіофізики Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна;

Мачехін Ю. П. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри оптоелектроніки Харківського національного університету радіоелектроніки.

Рекомендовано

Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Світлотехніка і джерела світла»
(лист № 1/11-1578 від 6.02.2012 р.)

Комп'ютерне проектування освітлення спортивних споруд:
К 63 навч. посібник / Л. А. Назаренко, В. О. Салтиков, Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2013. – 217 с.

ISBN 978-966-695-249-6

У книзі розглянуті основні питання нормування, розрахунку і проектування систем освітлення спортивних споруд за допомогою спеціальних комп'ютерних програм. Наведені характеристики освітлювальних приладів, що застосовуються для спортивного освітлення. Надані типові схеми освітлення різних спортивних споруд. Навчальний посібник призначений для студентів технічних спеціальностей.

УДК [628.97:004.42](075)
ББК 31.294.9с515я73-6+75.48с515я73-6

ISBN 978-966-695-249-6

© Л. А. Назаренко, В. О. Салтиков,
Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко, 2013
© ХНАМГ, 2013

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 1 ПРИНЦИПИ СПОРТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	7
1.1 Норми для відкритих і закритих спортивних споруд.....	7
1.2 Освітлювальні засоби.....	21
1.3 Методи освітлення	24
1.3.1 Освітлення відкритих спортивних споруд.....	24
1.3.2 Освітлення закритих спортивних споруд	50
Контрольні питання до розділу 1.....	62
Розділ 2 УСТАТКУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК СПОРТИВНИХ СПОРУД.....	63
2.1 Загальні положення прожекторного освітлення.....	63
2.2 Особливості прожекторного освітлення великих відкритих просторів.....	66
2.3 Сучасні прожектори.....	78
2.4 Розрахунок системи освітлення.....	88
2.5 Монтаж, наладка і експлуатація ОУ.....	99
Контрольні питання до розділу 2.....	102
Розділ 3 ПОРІВНЯННЯ ПРОГРАМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ СПОРТИВНИХ СПОРУД.....	103
3.1 Світлотехнічний розрахунок освітлювальних установок спортивних споруд. Програми світлотехнічного розрахунку. Алгоритм роботи в програмах.....	103
3.2 Проектування освітлювальної установки відкритого простору в Calculux.....	112
3.3 Основи моделювання освітлення в програмі Relux Professional 2007.....	115
3.4 Проектування в програмі Lightscape версії 3.2.....	128
3.5 Основи моделювання освітлення в програмі DIALux...	149
3.6 Проектування освітлювальної установки спортивних споруд у програмі EUROPIC.....	182
Контрольні питання до розділу 3.....	197
ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ.....	198
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	214
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	217

ВСТУП

Посилення інтересу до спортивних змагань з боку широкої маси людей і розвиток телекомунікаційних технологій зумовили підвищення вимог до всіх інженерних систем спортивних споруд, у тому числі до систем освітлення.

Освітлювальні установки спортивних споруд повинні не тільки створювати необхідний рівень освітлення і насиченості ігрового поля або майданчика, але й забезпечувати комфортні умови перегляду змагань і для вболівальників на стадіоні, і для телеглядачів. Для виконання цих вимог необхідно забезпечити високу кольоропередачу, усунути тіні від гравців, елементів ігрового поля і спортивних снарядів залежно від видів спорту, забезпечити можливість якісної телезйомки з необхідних напрямів, обмеження засліплючої дії від прожекторів.

Урахування зазначених вище факторів при великій кількості світлових приладів освітлювальної системи ускладнили багатоваріантні розрахунки систем освітлення спортивних споруд традиційними інженерними методами і значно подовжили термін проектування і визначення параметрів освітлювальних установок (ОУ). Звісно, в цих умовах застосування сучасних комп'ютерних програм є необхідним для швидкого створення якісного освітлення, гнучкого трансформування систем на етапі проектування для отримання найкращого в кожному конкретному випадку інженерного рішення – надійного, безпечного, комфортного для глядачів, гравців, телезйомки і прийняттого для реального виконання монтажу й наступного обслуговування.

Комп'ютерне світлотехнічне проектування має суттєві відмінності від стандартної методики проектування, основаної на інженерних методах розрахунку світлотехнічних параметрів. Основним інструментом в даному випадку є світлотехнічна програма (розрахункове середовище, що використовує метод Radiosity), а не комплекс спрощених методів розрахунку. Розрахунок світлотехнічних показників освітленості за методом Radiosity виконується на основі методів кінцевих елементів, що і формує головну відмінність розрахункових методик.

На сьогоднішній день не існує досконалих методик проектування освітлювальних установок в умовах використання світлотехнічних програм. Якщо раніше інженеру-світлотехніку для виконання світлотехнічного проекту достатньо було мати знання у галузі світлотехніки, то тепер до цього додається, як невід'ємна частина, знання

комп'ютерної графіки. В руках світлотехніка з'являються потужні інструменти світлотехнічного проектування у вигляді трьохвимірних розрахункових програм.

Та на практиці їх використання без належної методики не завжди призводить до позитивного результату. Що несуть за собою такого роду зміни? Загалом змінюється сам підхід до світлотехнічного проектування. Якщо раніше основний час у проектувальника при розробці освітлювальної установки йшов на розрахунок (значень освітленості і яскравості в контрольних точках), то тепер на розрахунок необхідно декілька секунд.

Що ж дають світлотехнічні програми крім швидкості розрахунку? Щоб відповісти на поставлене запитання, необхідно згадати про різницю використаних в розрахунках методів. Головною перевагою метода Radiosity над інженерними методами розрахунку є можливість отримання фізично точного розподілу випромінювання на моделі освітлювальної установки, яка проектується з урахуванням багаторазових відображень, що неможливо отримати інженерними методами. Цей факт ставить точку на використанні інженерних методів у проектуванні освітлювальних установок (ОУ) закритого типу (інтер'єри, спортивні споруди і т.д.).

Використання у світлотехнічних програмах електронних баз значно скорочує час на пошук оптимального світлового обладнання.

Світлотехнічні програми дозволяють виконувати розрахунок ОУ на основі реальних геометричних розмірів освітлюваного об'єкта, мають засоби для детального моделювання інтер'єрного і оточуючого простору. Вони містять також засоби для моделювання фотометричних властивостей матеріалів, що використовуються у тривимірній сцені, що в цілому дає можливість програмі використовувати метод трасування променів для створення фотореалістичних зображень майбутньої ОУ.

На відміну від інженерних методів розрахунку ОУ при застосуванні світлотехнічних програм використовується інший підхід до світлотехнічного проектування. Існує трьохетапна структура. Першим етапом є геометричне моделювання об'єкта сцени, що освітлюється. Мається на увазі набір методик твердотільного тривимірного моделювання на основі існуючих креслень, фотографій і іншої інформації. Другим етапом є світлотехнічний розрахунок з вибором світлового обладнання. На цьому етапі, в залежності від розрахункової програми, підбираються оптимальні розрахункові параметри: крок розрахункової сітки, метод

розрахунку, точність та ін. Третій етап – це генерація фотореалістичних зображень і виведення на друк розрахункової документації по проекту. Звісно при проведенні проектних робіт постає необхідність переходу з етапу на етап і в зворотньому порядку для досягнення оптимальних кількісних, якісних і естетичних критеріїв ОУ.

Розглянуті у цій роботі світлотехнічні параметри дуже різноманітні, як за засобами проектування, так і за областю застосування. Та при цьому мають подібні риси. В усіх програмах, за винятком програм російського виробництва, як розрахункове ядро використовується метод Radiosity. Тому в даній роботі ми формуємо методи проектування ОУ, спираючись на загальні підходи й принципи до вибору програм і проведення розрахунку. Ключовим критерієм вибору світлотехнічних програм є точність розрахунку значень, яка повинна задовольняти світлотехнічним критеріям і не вносити додаткової похибки. Необхідно також зауважити, що в даній роботі ми розглядаємо найбільш розповсюджені спортивні споруди і методи їх освітлення, тим самим підкреслюючи ще раз актуальність проблеми.

Та не слід забувати, що з переходом від інженерних методів розрахунку до комп'ютерних з'являється ряд проблем, що потребують чіткого розв'язання. Якщо не зупинятися на фінансових труднощах, пов'язаних з модернізацією комп'ютерного парку на підприємствах, то залишаються проблеми і задачі наукового характеру, такі як:

- кількість світлотехнічних програм достатньо велика, що в свою чергу призводить до проблеми чіткого вибору тієї або іншої програми під конкретну світлотехнічну задачу;
- визначення похибки розрахунку світлотехнічних параметрів в програмах, відносно точних аналітичних рішень;
- розробка технології проектування освітлення спортивних споруд програмними засобами;
- формулювання принципів співвідношення світлотехнічних програм з САПР, дизайнерськими і архітектурними додатками;
- розробка методів комп'ютерного аналізу і розрахунку спортивного аналізу на основі метода Radiosity;
- розрахунок і оцінка світлового поля у просторі ОУ.

У рамках даної роботи сформульовані рішення поставлених задач і дані практичні рекомендації з їх застосування у проектній світлотехнічній роботі при освітленні спортивних споруд.

Розділ 1 ПРИНЦИПИ СПОРТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ

1.1 Норми для відкритих і закритих спортивних споруд

Жорсткі вимоги до освітлення повинні виконуватися не тільки на тих об'єктах, де проводяться міжнародні змагання з телетрансляцією, але і на будь-яких майданчиках, призначених для занять спортом. Система освітлення повинна забезпечувати безпеку як гравців, так і глядачів в залі, освітлення проходів і виходів в аварійних ситуаціях, спортсменам, суддям, персоналу, глядачам і телеглядачам, можливість добре бачити спортивний майданчик, ігрові предмети, простір, що оточує ігрову зону. При цьому необхідно забезпечити комфортність зорового сприйняття – зокрема, уникати сліпучої дії світла. Особливі вимоги пред'являються до освітлення при проведенні телевізійних зйомок і трансляцій. Саме від напряму освітлення залежать якість кольорової картини, можливість показу загальних видів гри, крупних планів, а також відповідність зйомки міжнародним нормам і вимогам безперервності.

Отже метою штучного освітлення є створення умов хорошої видимості для тих, хто використовує спортивний стадіон. До списку користувачів належать:

- гравці, судді й офіційні особи (освітлення сприяє максимально повному прояву їх здібностей);
- глядачі на стадіоні (освітлення дозволяє стежити за тим, що відбувається навіть з найвіддаленіших від поля місць);
- глядачі зовні стадіону – біля телевізорів будинку або у величезних телеекранів на міських площах;
- оператори кіно й телебачення, фотографи (освітлення повинне забезпечувати отримання зображень високої якості).

Останнім часом список поповнився новою категорією користувачів: спонсори і рекламодавці (від освітлення потрібна точність відтворення кольору, що забезпечує швидке розпізнавання торгової марки спонсора).

У Україні сучасна нормативна база по проектуванню освітлювальних установок споруд представлена наступними документами, зокрема:

ДБН В.2.2 – 13 – 2003. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди;

ДБН В.2.5 – 23 – 2003. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення;

ДБН В.2.5 – 28 – 2006. Природне і штучне освітлення.

Однак норми для систем освітлення спортивних споруд викладені лише в першому документі. В ньому регламентуються не тільки значення освітленості, але й інші показники, що задаються залежно від виду спорту і масштабу змагань, що проводяться. У зв'язку з підвищенням інтересу в Україні до різних видів спорту, зокрема до футболу, й організацією змагань міжнародного рівня на перший план виходять європейські й світові норми [4 – 15].

Рівнева класифікація різних змагань і відповідної їм освітленості якнайповніше представлена в європейських нормах – DIN EN 12193 «Світло і освітлення – освітлення спортивних споруд», які виділяють три рівні спортивних змагань:

- I – змагання вищої категорії;
- II – змагання середнього рівня;
- III – шкільний спорт і дозвілля.

На підставі українських нормативних документів і по аналогії з європейськими нормами можна визначити чотири класи освітлювальних установок (по рівнях освітлення спортивних споруд). Клас IV – для проведення міжнародних і національних змагань з телетрансляцією. Відзначимо, що клас IV треба розглядати окремо, оскільки кольорове телебачення ставить особливі вимоги до рівнів вертикальної і горизонтальної освітленості. Зокрема, необхідний для телезйомки рівень вертикальної освітленості визначається у кожному конкретному випадку залежно від виду спорту. Клас I – для проведення національних змагань у великих спортивних комплексах без телебачення (з трибунами на 800 глядачів і більш). Клас II – для проведення регіональних змагань в середніх і малих спортивних комплексах (з трибунами менш ніж на 800 глядачів). Клас III – для проведення непрофесійних змагань, шкільного спорту і дозвілля. Значення нормованих параметрів по рівнях освітлення для трьох класів освітлювальних установок наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення нормованих параметрів за рівнями освітлення для трьох класів освітлювальних установок

	Клас	$E_{г\text{ мин.}}, \text{ ЛК}$	$\frac{E_{г\text{ мин.}}}{E_{г\text{ макс.}}}$	$E_{в\text{ мин.}}, \text{ ЛК}$	Коефіцієнт запасу
1	2	3	4	5	6
Відкриті спортивні споруди	Хокей з шайбою (E_e нормується на висоті до 7 м від майданчика)				
	I	400	0,33	150	1,5
	II	—	—	—	—

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
Відкриті спортивні споруди	III	100	0,33	—	1,5
	Плавання, водне поло, стрибки у воду (для водного поло і стрибків у воду E_z нормується на висоті до 2 м від води і в зоні стрибка)				
	I	—	—	—	—
	II	—	—	—	—
	III	100	0,33	50	1,5
	Баскетбол, волейбол, гандбол, бадмінтон (E_z нормується на висоті до 5 м від майданчика)				
	I	400	0,33	150	1,5
	II	—	—	—	—
	III	50	0,33	30	1,5
	Спортивна і художня гімнастика, аеробіка, боротьба				
	I	—	—	—	—
	II	—	—	—	—
	III	30	0,33	—	1,5
	Теніс (E_z нормується на висоті до 7 м від майданчика)				
	I	400	0,33	150	1,5
	II	—	—	—	—
	III	100	0,33	50	1,5
	Настільний теніс				
	I	—	—	—	—
	II	—	—	—	—
	III	150	0,33	—	1,5
	Футбол (E_z нормується на висоті до 15 м від поверхні поля)				
	I	400	0,33	100	1,5
	II	200	0,33	75	1,5
	III	100	0,33	50	1,5
Закриті спортивні споруди	Хокей з шайбою, фігурне катання				
	I	500	0,5	—	1,5
	II	500	0,5	—	1,5
	III	—	—	—	—

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
Закриті спортивні споруди	Спортивна і художня гімнастика, аеробіка та боротьба				
	I	500	0,5	—	1,5
	II	300	0,5	—	1,5
	III	200/300*	0,5	—**	1,4
	Плавання, водне поло, стрибки у воду (для водного поло і стрибків у воду E_z нормується на висоті до 2 м від води і в зоні стрибка)				
	I	400	0,5	200	1,5
	II	300	0,5	150	1,5
	III	150/200*	0,5	—	1,7
	Баскетбол, волейбол, теніс, гандбол, міні-футбол, настільний теніс, бадмінтон (E_g нормується на висоті до 2 м від підлоги)				
	I	500	0,5	200	1,5
	II	400	0,5	150	1,5
	III	200/300*	0,5	75/100*	1,4

* Мінімальні значення освітленості при наявності / відсутності природного освітлення.

** Прочерки в таблиці означають, що в діючій українській нормативній базі значення нормованих освітленостей для даної класифікації не визначені.

Рівень освітленості для різних зон спортивних споруд для окремих видів спорту, а також спеціалізованих приміщень і пристроїв у них слід приймати згідно з ДБН В.2.2 – 13 – 2003, а території ділянок спортивних споруд і комплексів – згідно з ДБН В.2.5 – 28 – 2006.

На спортивних аренах для футболу, хокею з м'ячем і легкої атлетики (з доріжкою для бігу по колу завдовжки 400 м) із трибунами місткістю понад 40 тис. глядачів, у демонстраційних залах і закритих ковзанках із кількістю місць для глядачів понад 5 тис., у критих басейнах, що мають трибуни понад 3 тис. глядачів, а також в інших випадках (визначених у завданні на проектування), коли з демонстраційної спортивної споруди передбачаються передачі кольорового телебачення, освітлювальні установки повинні забезпечувати рівень освітленості згідно з таблицею 1.2.

Таблиця 1.2 – Нормовані значення освітленості для різних зон спортивних споруд

Об'єкт, що освітлюється	Найменша освітленість*), лк	Площина або зона, у якій нормується освітленість
Спортивна зона	1000	Вертикальна по поздовжній і поперечній осях арени на висоті 1 м. Горизонтальна**) на рівні поверхні арени
Трибуна***)	500****)	Вертикальна в напрямку телевізійної камери на висоті 1 м
Дзеркало води ванни басейну	1000	Вертикальна по поздовжній і поперечній осях ванни

*) Коефіцієнт запасу освітлювальних установок слід приймати 1,2. Джерела світла повинні мати суцільний або близький до суцільного спектр випромінювання з колірною температурою, як правило, 6400 К.

**) Відношення горизонтальної освітленості до вертикальної повинно прийматися не більшим 3:1.

***) Нерівномірність освітленості трибуни (із плавним переходом від одного рівня до іншого) допускається не більше 1:3 у бік зниження від наведеного у таблиці.

****) Освітленість зон показу глядачів зблизька повинна бути збільшена до 750 лк. Ці зони визначаються завданням на проектування, але не повинні перевищувати 20 % площі трибуни.

Коефіцієнт нерівномірності електричного освітлення трас для катання на лижах по рівнинній місцевості слід приймати не менше 0,04; трас лижних гонок – не менше 0,1; трас для гірських видів лижного спорту – не менше 0,2; відкритих площинних спортивних споруд для спортивних ігор і місць для легкоатлетичних стрибків, а також трамплінів для стрибків на лижах – не менше 0,33, стрілецьких мішеней – не менше 0,5.

Рівень середньої горизонтальної освітленості трибун спортивних споруд слід приймати 50 лк у критих спорудах, а при відкритих спорудах – не менше 10 % рівня освітленості, передбаченої у ДБН В.2.5–23–2003 для споруд з відповідних видів спорту і з урахуванням місткості трибун. Рівень мінімальної горизонтальної освітленості залів і відкритих майданчиків для підготовчих занять у басейнах слід приймати на поверхні підлоги залу і поверхні майданчика 150 і 50 лк відповідно. Рівень мінімальної горизонтальної освітленості приміщень і відкритих площинних споруд для фізкультурно-оздоровчих занять слід приймати на поверхні підлоги приміщень і поверхні відкритих площинних споруд 150 і 50 лк відповідно.

Для освітлення спортивних і фізкультурно-оздоровчих споруд рекомендується застосовувати, як правило, газорозрядні лампи; при цьому коефіцієнт пульсації слід приймати згідно з таблицею 1.3.

Таблиця 1.3 – Нормативні значення коефіцієнта пульсації

Вид спорту, для якого призначається споруда	Максимально допустимий коефіцієнт пульсації освітленості, %
Відкриті площинні спортивні споруди	
1. Бадмінтон, баскетбол, волейбол, гандбол	15
2. Теніс	10
3. Городки	20
4. Регбі, футбол, хокей на траві, хокей із м'ячем	15
5. Легка атлетика	20
6. Швидкісний біг на ковзанах	20
7. Фігурне катання на ковзанах	20
8. Хокей	10
Спортивні зали і закриті ковзанки	
9. Бадмінтон, баскетбол, волейбол, гандбол, теніс, футбол	10
10. Теніс настільний	10
11. Акробатика, бокс, боротьба, гімнастика спортивна і художня, фехтування	20
12. Легка атлетика, важка атлетика, швидкісний біг на ковзанах	20
13. Хокей, фігурне катання на ковзанах	10
Басейни	
14. Плавання (у тому числі оздоровче, купання, загально-розвиваючі вправи і ігри у воді та навчання плаванню)	15
15. Стрибки у воду	15
16. Водне поло	15
Лижні бази	
17. Лижні гонки, гірські види, стрибки на лижах	Не нормується
Тири (мішені і спеціалізовані приміщення)	
18. Стрільба кульова	10
Веслувальні бази	
19. Веслувальні басейни	20

Показники умов освітлення спортивних об'єктів, що регламентуються

Освітленість на горизонтальній площині (E_g) – найважливіший показник, оскільки горизонтальна площина формує основну частину поля зору як гравців, так і глядачів. Вимірюється в люксах (лк).

Середня горизонтальна освітленість поверхні поля дозволяє оцінювати умови адаптації ока і характеризує зоровий фон, на якому сприймаються гравці і м'яч.

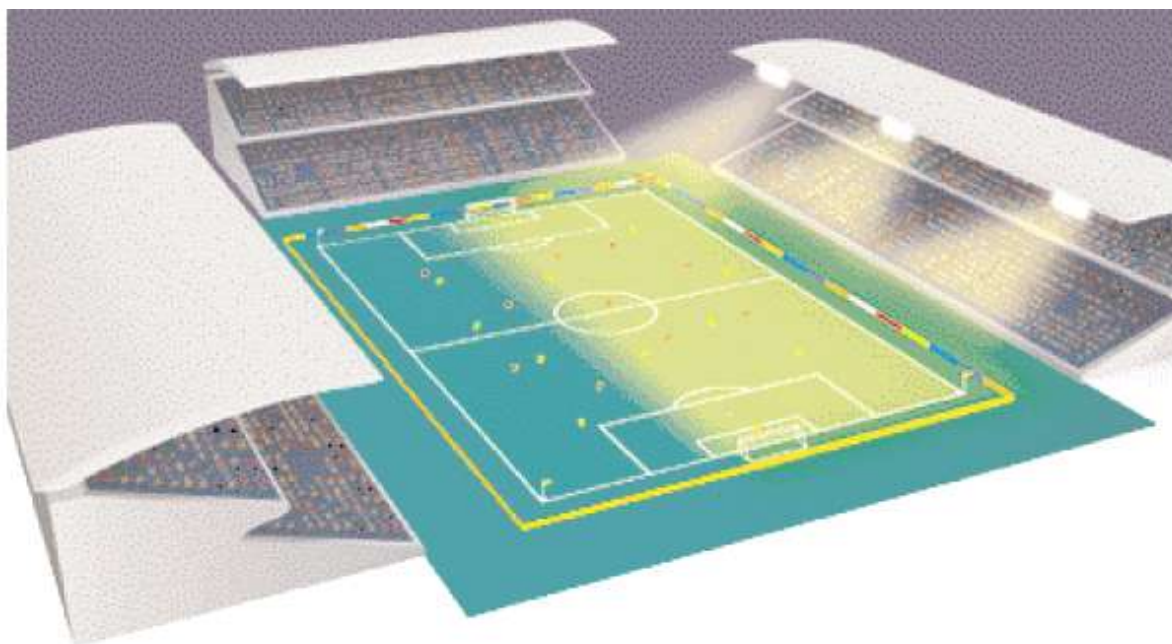


Рис.1.1 – Візуалізація горизонтальної освітленості

Освітленість у вертикальній площині (E_v) важлива для спостереження вертикальних об'єктів. Скажімо, вертикальною площиною може бути поданий гравець (з урахуванням відповідних кутів до лінії огляду спостерігача). Щоб гарантувати оптимальний огляд і розпізнавання гравців зі всіх напрямів, потрібне особливе освітлення по-різному орієнтованих вертикальних площин.

Крім того, освітленість на вертикальному плані повинна забезпечувати бачення у будь-який момент часу рухомого над ігровою зоною спортивного об'єкту (наприклад, м'яча). Вертикальна освітленість має вирішальний вплив на якість теле- або кінокартинки. Вимірюється в люксах (лк).

Освітленості у вертикальних площинах використовують при моделюванні падіння світла на тіла гравців (рисунок 1.2).



Рис. 1.2 – Моделювання видимості гравця в вертикальних площинах

Рівномірність освітленості як у вертикальній, так і в горизонтальній площині дозволяє уникнути різких перепадів освітленості в полі зору гравців, глядачів, TV-камер.

Нерівномірність розподілу освітленості знижує видимість ігрового предмета або гравця в певній позиції на полі.

Виражається як відношення мінімальної освітленості до максимальної ($E_{\min} / E_{\max}$) або до середньої ($E_{\min} / E_{\text{ср}}$).

Рівномірність розподілу освітленості характеризується двома співвідношеннями освітленностей: U_1 і U_2 ; $U_1 = E_{\min} / E_{\max}$ обмежує загальний діапазон рівнів освітленості (яскравості), в межах якого спостерігач або камера повинні зорово адаптуватися, тобто це чинник, що впливає на зорову працездатність. $U_2 = E_{\min} / E_{\text{ср}}$ визначає співвідношення освітленостей адаптації очей спостерігача і найтемнішої ділянки поля, тобто характеризує «зоровий дискомфорт».

Приклади нерівномірного і рівномірного розподілу освітленості у горизонтальній та вертикальній площинах наведені відповідно на рисунках 1.3 і 1.4.

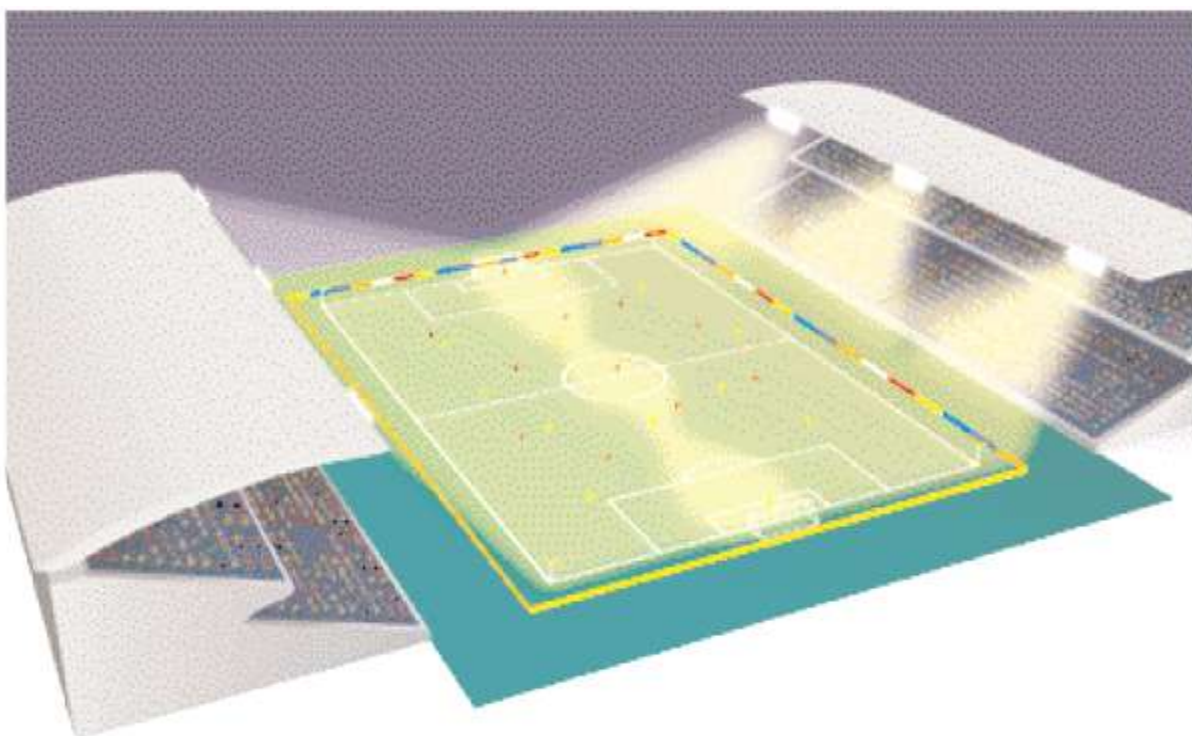


Рис. 1.3 – Приклад нерівномірного освітлення

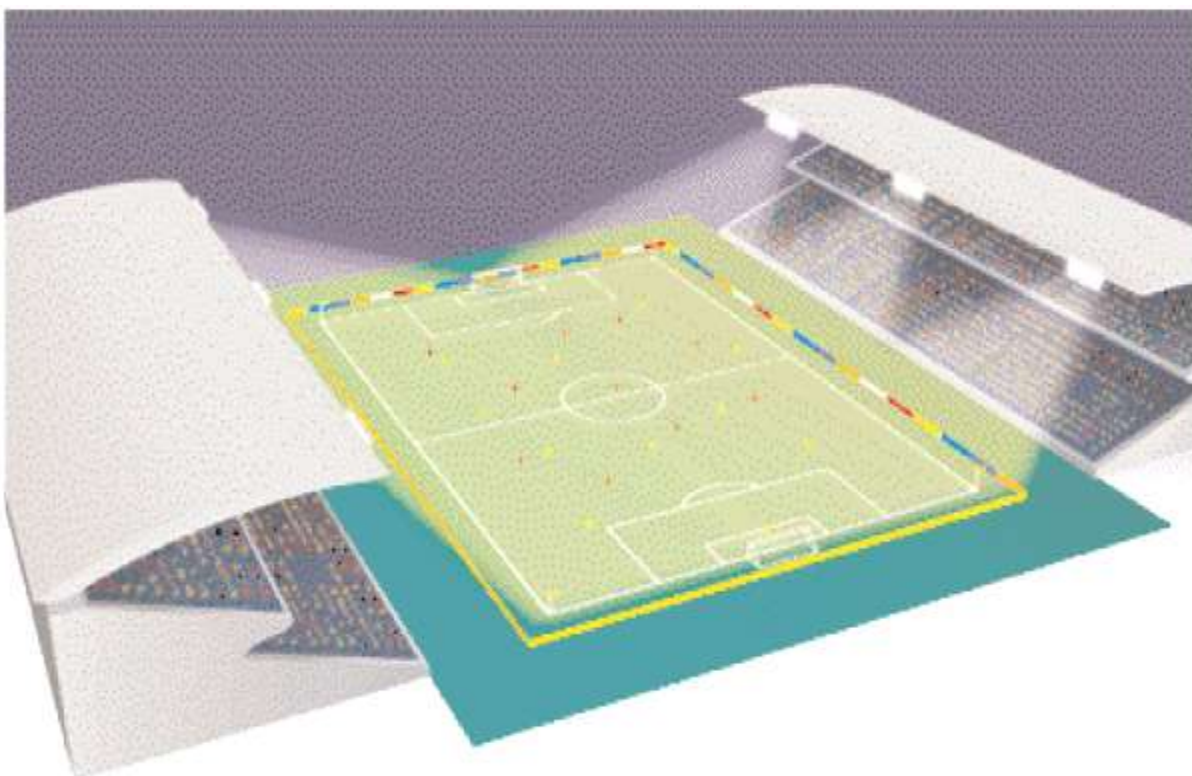


Рис. 1.4 – Приклад рівномірного освітлення

Сітки контрольних точок, для яких проводиться розрахунок і вимірювання характеристик освітлення. Узаконені сітки контрольних точок з кроком між вузлами, рівним 5 м. Крайні контрольні точки не повинні відстояти від кромки поля на відстань, що перевищує 2,5 м.

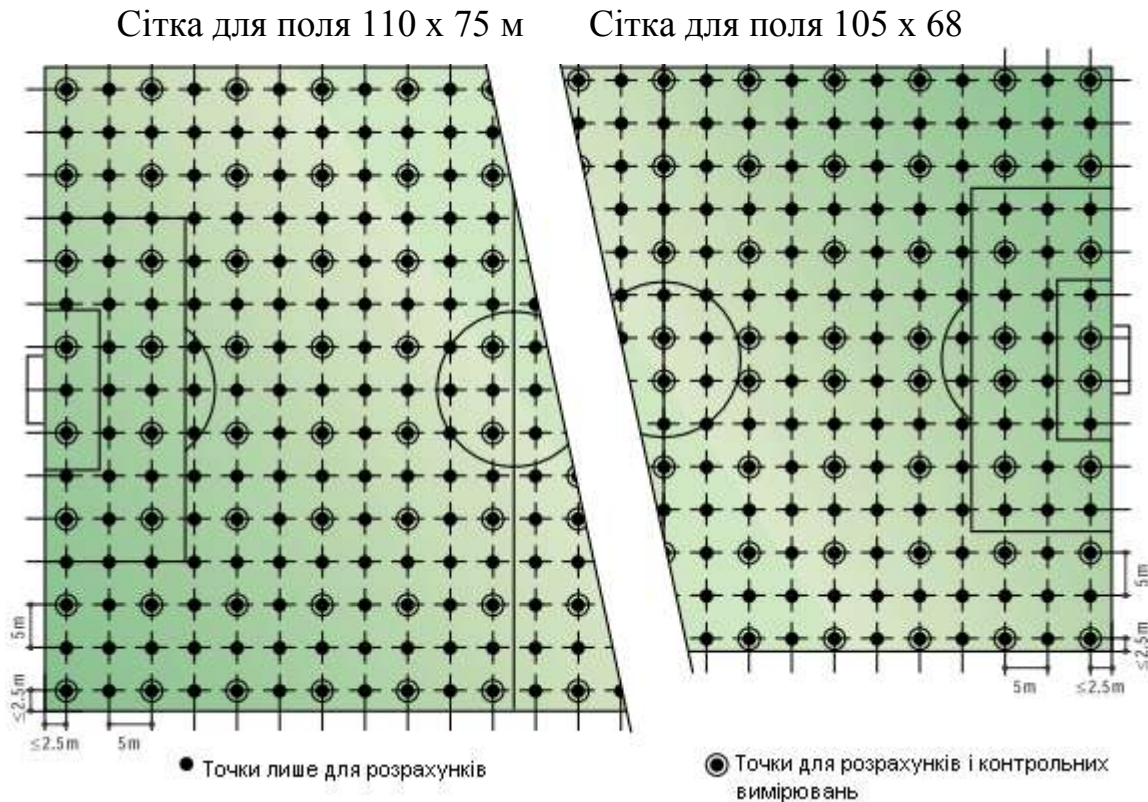


Рис. 1.5 – Розміщення розрахункових точок і точок для контрольних вимірювань для різних кроків сітки

Градiєнт освітленості. Тоді як показники рівномірності розподілу освітленості дають загальну оцінку видимості по полю, контроль градієнта освітленості дозволяє запобігти різким перепадам рівнів освітлення в сусідніх або близьких контрольних точках. Дуже швидкі зміни освітленості можуть викликати несподівані зміни яскравості телевізійного або фотографічного зображення. Зміни горизонтальної або вертикальної освітленостей між сусідніми контрольними точками не повинні перевищувати 20 % в режимах освітлення, призначених для телевізійних трансляцій, і 55 % – без трансляцій. Градієнт освітленості між точками, відстань між якими 5 м, не повинен перевищувати 55 %.

Значення індексу блискоті складає від 10 до 90. Ці крайні значення за шкалою суб'єктивних відчуттів означають: «непомітна сліпуча дія» і «нестерпна сліпуча дія». При освітленні футбольних полів індекс

блискості не повинен перевищувати значення 50 («ледве допустима сліпуча дія»). Російські норми штучного освітлення і рекомендації по освітленню спортивних споруд [3] оперують з поняттям «показник засліпленості», який не повинен перевищувати 60 для установок внутрішнього освітлення і 150 – для установок зовнішнього освітлення.

Показник засліпленості – розрахунковий параметр, що оцінює сліпучу дію освітлювальної установки. Вимірюється у відносних одиницях. Вказані нормативні документи створені давно і не відображають сучасні потреби. Вимоги до освітлення, представлені в них, не мають достатньо чіткої структури. Крім того, відсутність єдиної класифікації змагань по рівнях серйозно ускладнює використання цієї бази в проектуванні.

Сліпуча дія освітлювальної установки. Сліпучу дію ОУ пропонується оцінювати величиною «індекса блискості» («glare rating – GR»). Визначення «індексу блискості» і процедура його розрахунку викладена в Публікації МКО № 83.

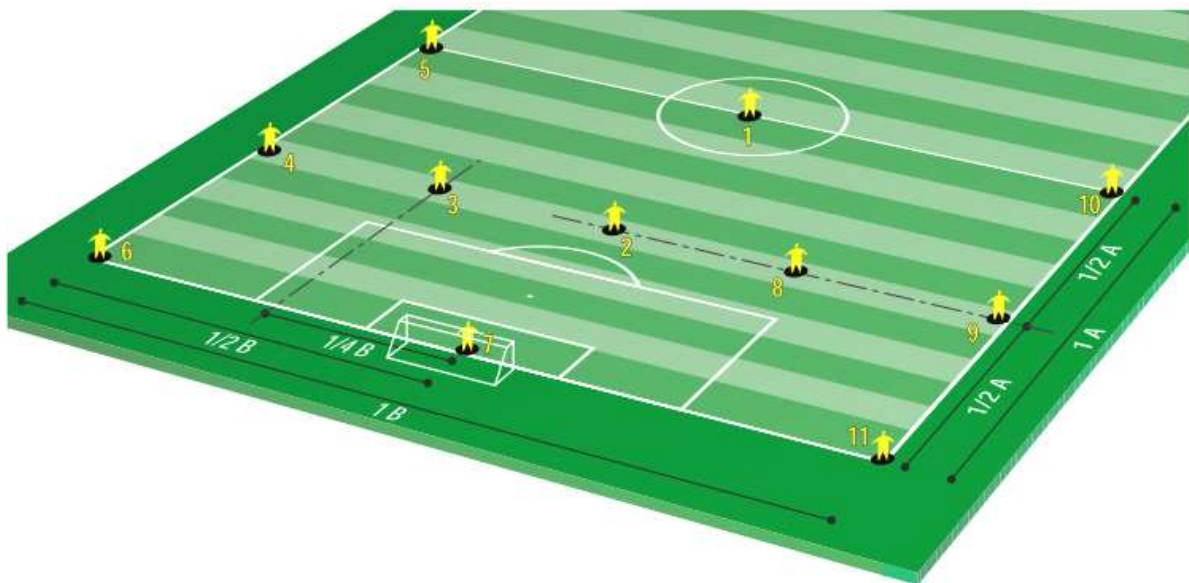


Рис. 1.6 – Положення спостерігачів, для яких необхідно оцінювати сліпучу дію ОУ

Колірні характеристики випромінювання джерел світла: колірна температура випромінювання і кольоропередача випромінювання. Наведені основні вимоги до освітлювальної установки щодо колірної температури і кольоропередачі. В загальному випадку (без телебачення) для освітлення відкритих полів можна використовувати джерела світла з

колірною температурою від 2000 К до 6500 К, а для закритих споруд – від 3000 К до 6500 К. Для телезйомок оптимальними є джерела з $T_{\text{кол}} > 5500$ К.

При телевізійних трансляціях необхідно забезпечити правильну передачу колірної гами об'єктів. Тому для освітлення потрібні джерела, випромінювання яких характеризується $R_a > 80$. В першому виданні «Рекомендацій» допускалося значення $R_a > 65$.

Крім перерахованих показників, в розділі європейських норм DIN EN 12193, де наводяться стандартні розміри полів і загальні рекомендації по розміщенню освітлювального устаткування, яке не повинне створювати перешкод для перегляду подій, що відбуваються на полі, є параграф, де введено поняття світло, що «заважає».

Даному явищу надається все більше уваги. У ряді країн прийняті рекомендації по обмеженню «світлового забруднення середовища».

Світло, що «заважає» («obtrusive light»), виявляється в трьох якостях (див. рисунок 1.7):

- • «розсіяне світло» (stray or spill light) – світло, яке падає на вертикальні поверхні або проникає в вікна будинків і викликає незручності для їх мешканців;
- • «інтенсивне свічення у бік спостерігача» («intensity toward an observer») – світло, що заважає спостерігачу, який дивиться у бік освітлювальної установки;
- • «світлове забруднення» («waste light») – світло, випромінюване прожекторами вгору вище за горизонтальну площину, часто призводить до явища, що називається «свіченням неба».

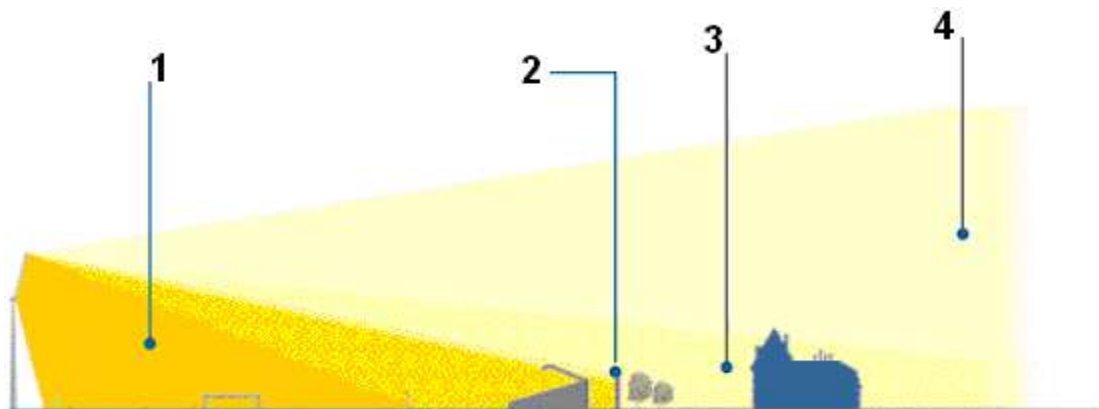


Рис. 1.7 – Елементи заважаючого світла:

- 1 – корисний світловий потік, 2 – межа стадіону,
3 – засвічення навколишніх будівель,
4 – засвічення, що створює світіння неба

Спеціальні вимоги до освітлення спортивних змагань з трансляцією кольорового телебачення (СТV) і кінозйомкою

Вертикальна освітленість. Освітленість у вертикальній площині є основою, на якій будуються вимоги для системи кольорового телебачення і кінозйомки.

У таблицях світлотехнічних вимог вказані нормовані значення вертикальної освітленості в розрахункових точках на висоті 1м від поверхні землі. Якщо положення основної камери не визначено, наприклад, вона розташовується десь в зоні, що межує з однією з бічних ліній, наприклад футбольного поля, освітленість у вертикальних площинах, паралельних цій бічній лінії, повинна повною мірою відповідати вимогам за рівнем і рівномірністю.

В окремих випадках, коли визначено тільки одне фіксоване положення головної камери, для виконання вимог можна взяти вертикальні площини, паралельні напрямку на головну камеру.

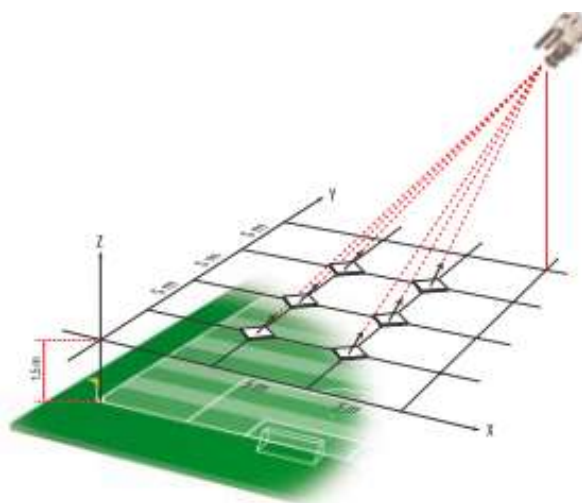


Рис. 1.8 – Розрахункові точки в площинах, що перпендикулярні осям камери

У разі невизначеного положення камери освітленість розраховують у вертикальних площинах, паралельних всім чотирьом сторонам футбольного поля.

ПРИМІТКА: Якщо рекомендована площа має не таку просту форму, як прямокутне футбольне поле (наприклад, трек), орієнтація вертикальних площин, паралельних напрямку на головну камеру, повинна бути визначена відповідно до загальних принципів, викладених в Публікації МКО (Міжнародної комісії з освітлення) № 67.

Рівень вертикальної освітленості. Рівень вертикальної освітленості залежить в основному від швидкості дій, відстані, на якій проводиться зйомка, і кута огляду об'єктів камер.

Види спорту можуть бути розділені на три групи А, В і С залежно від швидкості дій, які відбуваються при зйомці, і розмірів об'єкту передачі. Знання максимальної відстані зйомки і ЦТВ – групи для певного виду спорту дозволяє визначити відповідний рекомендований рівень вертикальної освітленості з графіку на рисунку 1.9. Цей графік не підходить для випадку, коли регулярно виконується сповільнена зйомка рухів спортсменів. У таких випадках потрібні вищі рівні освітленості.

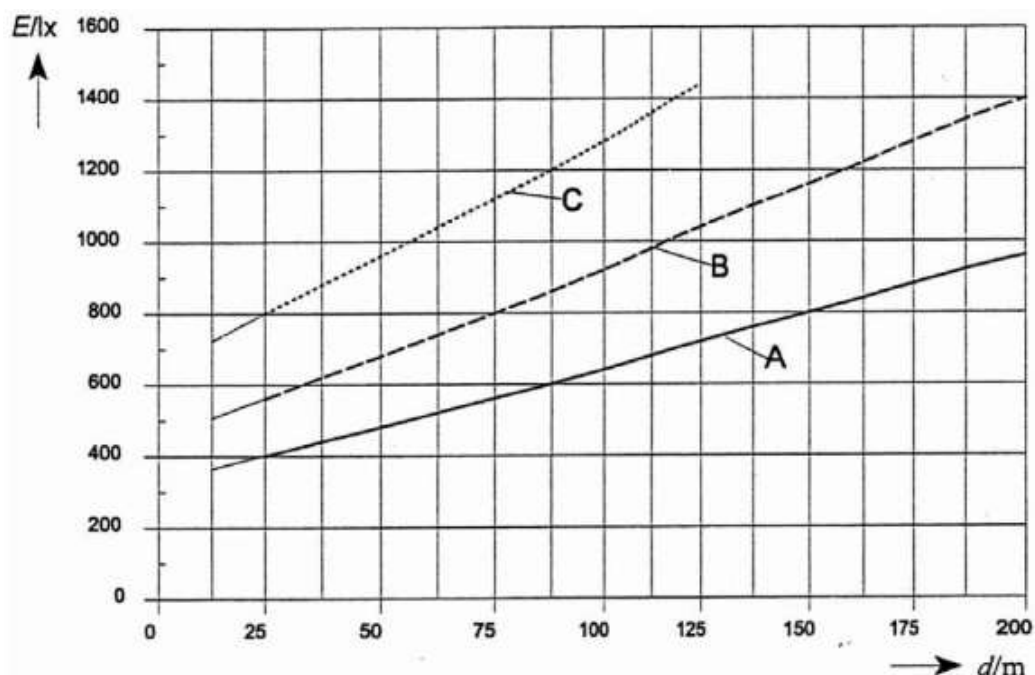


Рис. 1.9 – Нормований рівень вертикальної освітленості у функції максимальної відстані зйомки

Рівномірність вертикальної освітленості

1 Рівномірність у площинах, звернутих до бічної лінії гравального майданчика або фіксованого положення головної камери. Вона повинна бути:

$$E_v \text{ мін} / E_v \text{ макс} \geq 0,4, \quad (1)$$

де $E_v \text{ мін}$ – мінімальне значення вертикальної освітленості, лк;

$E_v \text{ макс}$ – максимальне значення вертикальної освітленості, лк.

2 Рівномірність вертикальної освітленості в кожній точці сітки.

Рівномірність вертикальної освітленості в кожній точці сітки для чотирьох площин, звернутих до сторін ігрового майданчика, повинна бути:

$$E_{\text{в мін}} / E_{\text{в макс}} \geq 0,3$$

де $E_{\text{в мін}}$ – мінімальне значення вертикальної освітленості, лк;
 $E_{\text{в макс}}$ – максимальне значення вертикальної освітленості, лк.

На рисунку 1.10 показана схема розміщення телекамер, яка зараз найбільш популярна у телевізійних компаній. Камера 1 дає загальний план поля, камера 2 – вигляд зверху з кута стадіону, камера 3 – вигляд зверху через ворота, камери 4 і 5 – вигляд через ворота на рівні поля, камери 6, 7 і 8 – види від бічної лінії поля, камера 9 формує план з протилежної сторони. Мінімальний набір камер, який необхідно враховувати при розрахунку освітлення, – це камери 1, 2 і 4.

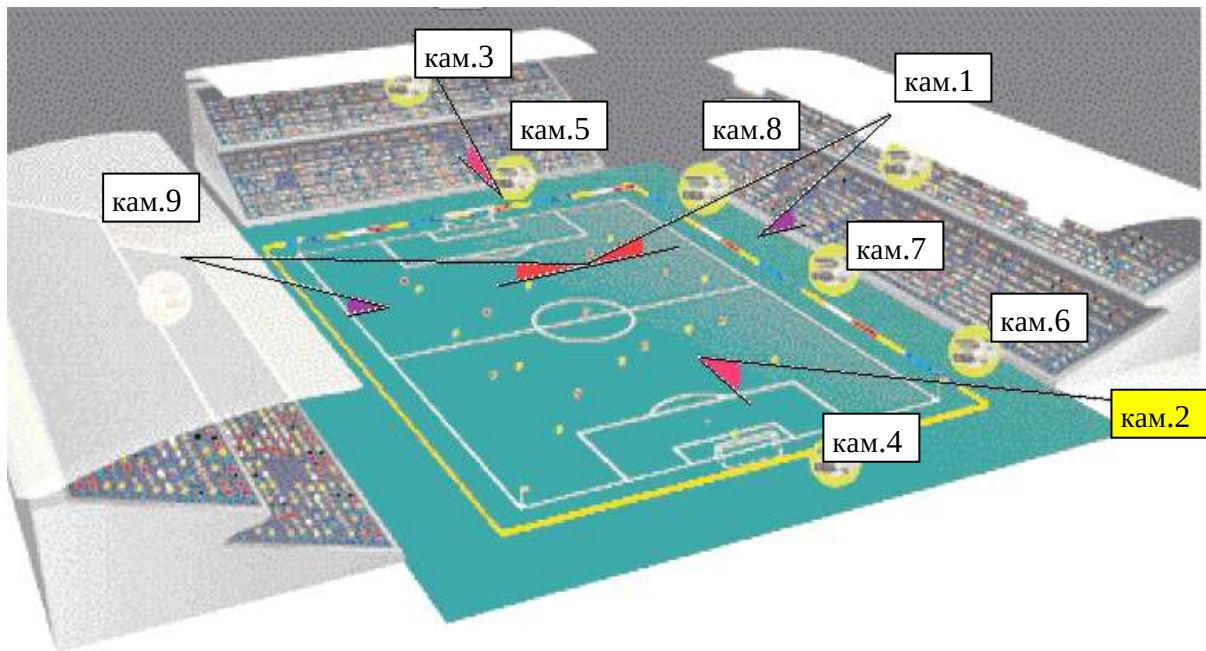


Рис. 1.10 – Найпоширеніша схема розміщення телекамер

1.2 Освітлювальні засоби

Вибір джерел світла при проектуванні освітлювальних установок спортивних споруд залежить від електричних, світлотехнічних і експлуатаційних характеристик цих джерел. Нижче наведені найважливіші з них:

Напруга живлення (U) – напруга електричної мережі, необхідна для запалення і стабільної роботи лампи. Вимірюють у вольтах (V). Для ламп

розжарювання напруга живлення відповідає напрузі мережі. Для запалення газорозрядних ламп напруга живлення істотно перевищує напругу мережі. Тому їх включають через пускорегулюючу апаратуру (ПРА).

Потужність (W) – електрична потужність, споживана лампою. Одиниця вимірювання – ват ($Вт$). Для газорозрядних ламп необхідно враховувати як потужність самої лампи, так і потужність, яка витрачається на ПРА.

Світловий потік (Φ) – потужність випромінювання джерела, яка оцінюється по реакції ока людини, що вибірково реагує на випромінювання, що випускається лампою. Вимірюється в люменах ($лм$).

Світлова віддача (H) – показник продуктивності лампи, що визначається як відношення світлового потоку до електричної потужності лампи. Чим воно більше, тим ефективніше перетворення споживаної електричної енергії в світло. Вимірюється відношенням люмен на ват ($лм/Вт$).

Колірна температура (T_c) – характеристика, що визначає ступінь білизни світла, що випромінюється лампою. Вимірюється за температурною шкалою Кельвіна (K), оскільки виражається через температуру нагрітого чорного тіла, однакового за колірністю з випробовуваним джерелом світла.

Загальний індекс передачі кольорів (R_a) – показник якості відтворення кольору даною лампою порівняно з еталонним джерелом світла. Властивості передавання кольору визначаються характером спектру випромінювання ламп. Чим нижчий індекс передачі кольорів, тим гірші ці властивості. Максимальне значення R_a – 100.

Середній термін служби – усереднений статистичний термін служби лампи, що визначає терміни заміни ламп у світильниках. Вимірюють в годинах.

За принципом дії електричні джерела світла можна розділити на дві великі групи – лампи розжарювання і розрядні лампи. Згідно російськими і міжнародними нормами для освітлення спортивних споруд, як правило, слід використовувати металогалогенні й люмінесцентні лампи, що відносяться до групи розрядних ламп. При неможливості або техніко-економічній недоцільності використання розрядних ламп на окремих об'єктах допускається вживання ламп розжарювання, які використовуються тільки для освітлення спортивних об'єктів в аварійних режимах.

Лінійні люмінесцентні лампи вважаються вдалим варіантом освітлення для невеликих спортивних залів, що обумовлено широким асортиментом таких світильників, а також можливістю задовольнити практично будь-яку вимогу дизайнера з їх розміщення. Але мала одинична потужність (до 80 Вт) робить їх малопридатними для освітлення високих приміщень, оскільки можлива установлена висота таких світильників не перевищує 7 метрів. До того ж в нормах електричного освітлення спортивних споруд (ДБН В 2.2 – 13 – 2003) мінімальна висота підвісу світильників над гральним майданчиком обмежується діапазоном від 6 до 12 метрів (залежно від виду спорту). Таким чином, відносно низька вартість люмінесцентних світильників нівелюється їх великою кількістю для досягнення заданого рівня освітленості.

Істотними недоліками люмінесцентних ламп є великі розміри, складність концентрації світлового потоку в просторі, а нестабільність роботи при низьких температурах не дозволяє встановлювати їх на відкритих спортивних майданчиках. Газорозрядні лампи високого тиску (наприклад, металлогалогенні) звичайно використовуються при установці світильників на висоті від 6 метрів і там, де потрібна висока ефективність системи освітлення.

Незаперечна перевага металогалогенних ламп – малі габарити, що дозволяє використовувати їх з різними видами відбивачів і ефективніше розподіляти світловий потік. Металогалогенні лампи можна застосовувати як для акцентованого підсвічування об'єктів, так і для загального освітлення (при використуванні розсіюючих відбивачів). Застосування прожекторів, що концентрують потік лампи у вузький пучок, дає можливість освітити віддалені об'єкти мінімальною кількістю приладів. Світлова віддача металлогалогенних ламп – 74 - 108 лм/Вт, що зрівнюється з світловою віддачею люмінесцентних ламп (50 - 104 лм/Вт) і значно перевищує аналогічний параметр галогенних ламп розжарювання (до 22 лм/Вт). При однаковій споживаній потужності світловий потік, випромінюваний газорозрядними лампами, в кілька разів вище, ніж у галогенних.

Відповідно до норм для освітлення спортивних змагань лампи повинні мати колірну температуру близько 4000 К (нейтрально-білі), а при телевізійних зйомках і репортажах потрібні лампи із ще вищою колірною температурою, чого галогенні лампи забезпечити не можуть, оскільки їх колірна температура лежить в діапазоні від 2500 до 3400 К. В зв'язку з цим

для освітлення спортивних споруд слід застосовувати металлогалогенні або люмінесцентні лампи, колірність випромінювання яких – від теплобілої до денної білої.

Індекс передачі кольорів ламп, що використовуються для освітлення змагань, повинен бути не нижчим 65, а для зйомок і телерепортажів – не нижче 80. Цій умові задовольняють як металлогалогенні, так і люмінесцентні лампи. Індекс передачі кольорів галогенних ламп формально рівний 100, оскільки за еталонне джерело світла були прийняті лампи розжарювання і фактично лампа порівнюється сама з собою. Проте на практиці при освітленні ними об'єкту мають місце втрати в передачі синьо-блакитних тонів і перебільшення теплої колірної гамми. Тому при підвищених вимогах до кольоророзрізнення галогенні лампи застосовувати не рекомендується.

Важливим параметром лампи є середній термін служби, який у газорозрядних ламп досягає 15000 годин, тоді як у галогенних не перевищує 4000 годин.

Порівняння основних параметрів різних типів ламп свідчить, що якнайкращим рішенням для освітлення спортивних залів і відкритих спортивних майданчиків є застосування в освітлювальній установці металогалогенних ламп.

1.3 Методи освітлення

1.3.1 Освітлення відкритих спортивних споруд

Основне призначення освітлювальних установок відкритих спортивних споруд полягає в створенні достатньо хорошої видимості об'єкту спостереження для спортсменів і глядачів в темний час доби. Залежно від виду спорту об'єктами спостереження можуть бути самі спортсмени (гімнастика, біг, стрибки і т. п.) або спортивні снаряди (м'яч, диск, спис і т.п.).

Для того, щоб забезпечити необхідну видимість об'єкта спостереження, потрібно створити на ньому деяку освітленість, тобто певну густину світлового потоку. Ця величина виражається в люксах і для різних споруд й видів спорту може мати різні значення, які наводяться в нормах з освітлення [1, 5-10].

Ця різниця визначається тим, що об'єкти спостереження рухаються з різною швидкістю, мають різні розміри, знаходяться на різних відстанях

від спостерігачів і утворюють з фоном, на якому їх видно, контраст. У нормах наведені величини освітленості в горизонтальній площині, що найпростіше піддаються розрахунку і вимірюванню, а в найвідповідальніших випадках нормується також освітленість в основних вертикальних площинах. На спортивні об'єкти спостереження частіше дивляться з різних сторін, тому в загальному випадку повинно бути їх об'ємне освітлення.

Не менше значення у створенні рівня видимості має контраст об'єкта спостереження з фоном, тобто відмінність в яскравості об'єкта і фону. Високий контраст може бути одержаний за рахунок різного освітлення об'єкту і фону, а також за рахунок їх різного забарвлення.

Для отримання високої якості освітлення спортивних споруд важливо правильно вибрати напрями, в яких виконується освітлення. При правильному напрямі падіння світла на освітлювану споруду створюються і необхідні рівні освітленості, об'ємність освітлення, і необхідний контраст. Проте освітлювальні прилади мають сліпучу дію, погіршуючу видимість об'єктів спостереження.

Сліпуча дія освітлювальних приладів характеризується коефіцієнтом засліпленості, який показує, в скільки разів погіршується видимість об'єкту спостереження при дії сліпучого джерела. Величина коефіцієнта засліпленості зростає при збільшенні освітленості, створюваної цими джерелами світла на зіниці ока спостерігача, і зменшується із зростанням кута, під яким видно джерело світла, і звичної для ока спостерігача яскравості фону, на якому розглядають об'єкт спостереження.

Особливо сильно сліпуча дія залежить від кута дії джерела світла. Тому для його зменшення світильники і прожектори встановлюють на достатньо великій висоті і в таких місцях, щоб вони знаходились якнайдалі від нормального напрямку лінії зору спортсменів і глядачів. До освітлення ставиться також вимога рівномірності розподілу світла. Це необхідно для того, щоб в різних місцях спортивного майданчика змагання проходили в однакових умовах. Так, на ігрових майданчиках відношення максимальної горизонтальної освітленості до мінімальної не повинне бути більше 3:1.

Разом з чисто технічними питаннями при освітленні спортивних споруд доводиться вирішувати й економічні питання. Вартість установки має іноді вирішальне значення для її виконання. Дійсна економічність установки залежить не тільки від її первинної вартості, але і від кількості

споживаної електроенергії, і від терміну служби установки, і її надійності в експлуатації. При проектуванні необхідно враховувати всі ці питання.

Способи освітлення відкритих і закритих спортивних споруд значно розрізняються, тому ми розглянемо окремо питання, пов'язані з освітленням цих двох великих груп споруд.

Типові схеми освітлення і особливості освітлення споруд для різних видів спорту

Розглянемо тепер приклади деяких типових схем освітлення наймасовіших відкритих спортивних споруд. З'ясуємо, як слід розмістити і спрямувати освітлювальні прилади на різних спорудах, щоб одержати найвигідніше і високоякісне освітлення, які повинні бути при цьому рівні освітленості для різних видів спорту відповідно до діючих норм.

Освітлення стадіонів для гри у футбол і хокей з м'ячем одержало найширший розвиток.

Ці установки виконують звичайно за однією з трьох систем, схеми яких показані на рисунку 1.11 (а, б і в).

Система чотирьох щогл (рисунок 1.11,а): система, найпоширеніша в нашій країні і за кордоном. При освітленні стадіону за цією системою прожектори встановлюються на чотирьох високих щоглах, розташованих в кутах футбольного поля, дещо позаду його лицьової лінії. Це робиться з тією метою, щоб воротар бачив м'яч достатньо об'ємно освітленим перед воротами. Прожектори з кожної щогли при цій системі освітлення спрямовані на все поле і створюють, разом з необхідними рівнями освітленості в горизонтальній площині, достатньо високі рівні освітленості у вертикальній площині, що проходить через повздовжню вісь поля. При такому напрямку прожекторів створюється задовільна рівномірність освітлення в межах футбольного поля.

Висота установки прожекторних батарей визначається залежно від відстані між основами щогл і подовжньою віссю поля. При цьому перпендикуляр, опущений з будь-якого прожектора на повздовжню вісь поля або її продовження, повинен складати з горизонтальною площиною кут не менше 270. Практично, якщо відстань між місцем установки щогли і подовжньою лінією поля лежить в межах між 60-80 м, висота щогл повинна бути приблизно 35-45 м.

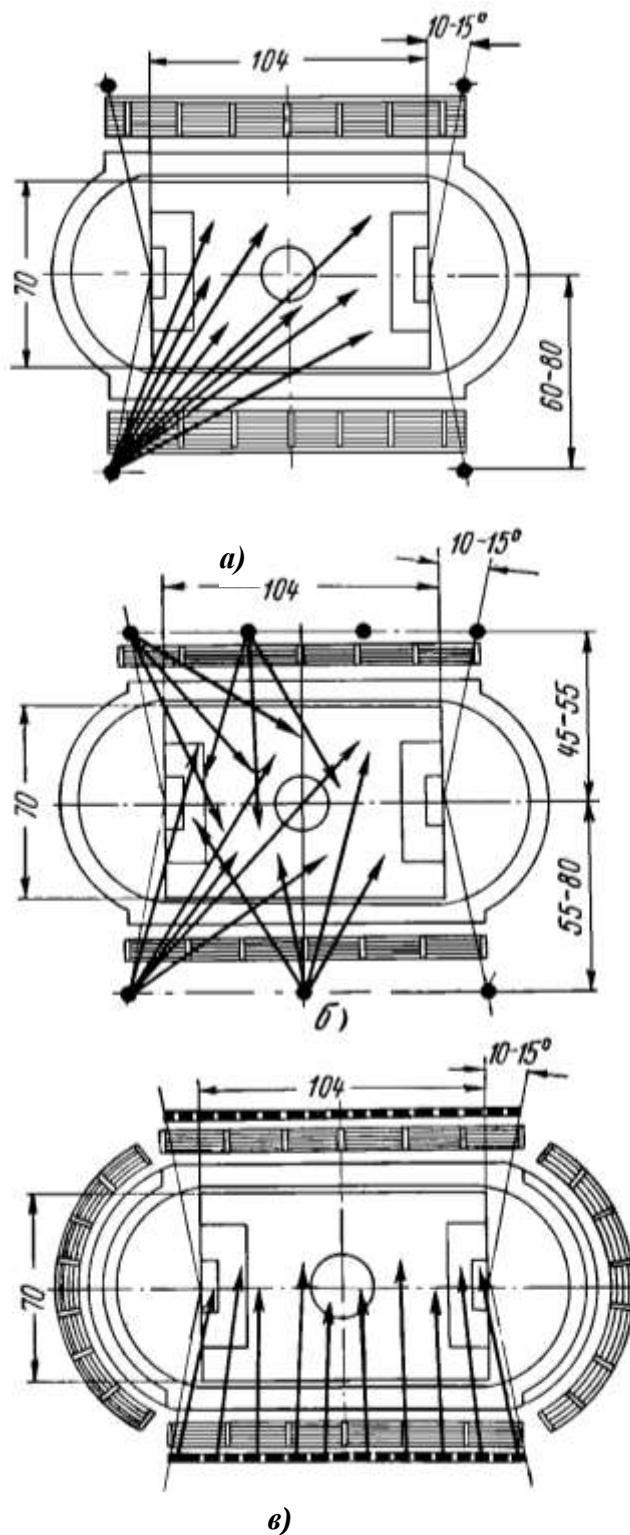


Рис. 1.11 – Схеми розташування освітлювальних приладів при освітленні стадіонів для гри у футбол і хокей з м'ячем:

- а) система чотирьох щогл;
- б) система шести/восьми щогл;
- в) лінійна система.

(Розміри наведені в метрах)

Основи щогл повинні заходити за лицьову лінію поля настільки, щоб кут між напрямом від основи щогли на центр воріт і лицьовою лінією поля складав 15° (рисунк 1.12).

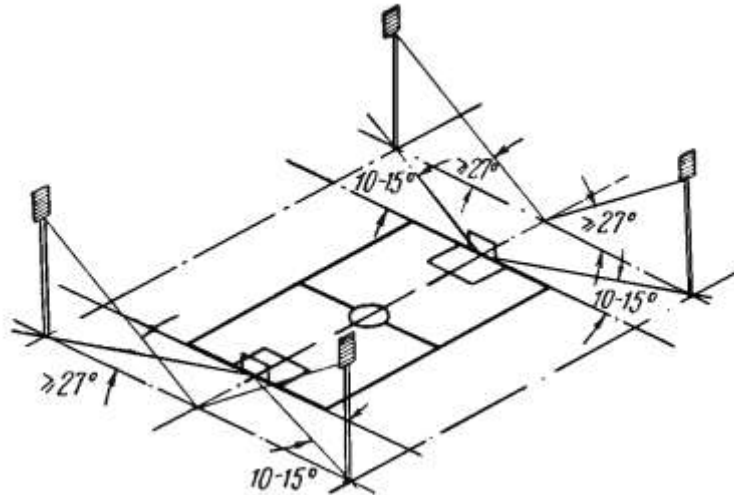


Рис. 1.12 – Схема, що пояснює вимоги до висоти і розміщення прожекторних щогл для освітлення стадіонів

За наявності трибун для глядачів прожекторні щогли рекомендується розміщувати позаду трибун або вмонтовувати на їх верхній частині. При виконанні цих умов прожектори, встановлені на чотирьох щоглах, розміщуваних поблизу кутів футбольного поля, створюють якнайменшу сліпучу дію для гравців і суддів, що знаходяться на полі. Глядачі також мають нагоду без напруження, спокійно спостерігати за подіями на полі. Істотною перевагою установок, виконаних за цією системою, є їх нижча вартість в порівнянні з іншими системами. Це пояснюється якнайменшим числом щогл, вартість яких складає значну частину загальної вартості установки. Тому ця система і набула найбільше поширення. Основним недоліком, характерним для освітлення футбольних стадіонів за системою чотирьох щогл, є неприємні, а у ряді випадків заважаючі грі тіньстворюючі властивості цієї установки, пов'язані з обмеженим числом джерел світла. Насправді, прожекторна батарея, встановлена на вершині високої щогли, є по відношенню до гравця, що знаходиться на полі на відстані приблизно 100-150 м від неї, єдиним джерелом світла. А оскільки таких батарей всього чотири, то вони створюють чотири різкі тіні від кожного гравця, так званий «хрест тіней», який «бігає» за гравцем по всьому полю.

Крім того, «система чотирьох щогл», як правило, не застосовується при освітленні особливо великих стадіонів, для яких потрібні високі освітленості, оскільки при цьому кількість необхідних прожекторів зростає настільки, що їх стає важко розмістити на чотирьох щоглах. У цих випадках при освітленні крупних стадіонів, а також при освітленні малих стадіонів і тренувальних футбольних полів набула поширення «система шести/восьми щогл», встановлюваних уздовж бічних сторін поля (рисунок 1.11, б). Така установка має кращі тінестворюючі властивості, оскільки кількість прожекторних батарей зростає і тіні від гравців стають м'якшими. При використанні цієї системи прожектори з кожної щогли спрямовують вже не на все поле, як у системі чотирьох щогл, а на 2/3 або на 1/2 частину поля, найближчу до даної щогли. Поліпшуються рівномірність і об'ємність освітлення. Проте сліпуча дія освітлювальної установки, виконаної за системою шести / восьми щогл», дещо вище, ніж при чотирьох щоглах, оскільки кількість засліплюючих батарей в полі зору гравців і глядачів зростає.

При освітленні великих стадіонів за цією системою може бути достатньо просте збільшення освітленості поля у зв'язку із збільшеним числом прожекторних батарей. У разі освітлення малих стадіонів і тренувальних футбольних полів трибуни для глядачів малі за розмірами або зовсім відсутні. Це дозволяє розмістити щогли дуже близько до межі поля. При цьому також стає вигідним застосовувати систему шести / восьми, а іноді і ще більшої кількості прожекторних щогл, оскільки ця система дозволяє уникнути великих провалів освітленості в центрі поля, біля його кутів і в середині бічної лінії, які присутні звичайно при установці чотирьох прожекторних щогл дуже близько до межі поля.

Щогли в цьому випадку можуть приймати вид тонких і легких опор, встановлюваних перед трибунами в безпосередній близькості від бокової лінії поля. Висота їх при такій установці може бути знижена приблизно до 20 м, це дозволяє вести обслуговування прожекторів з автовежі. Взагалі до висоти розташування прожекторів і до розміщення щогл повинні бути пред'явлені ті ж вимоги, що й при «системі чотирьох щогл». Звичайно, в цьому випадку тільки крайні щогли повинні заходити за лицьову лінію поля. Виконання цих установок обходиться, як правило, дещо дорожче за чотирьохщоголові системи.

Конструкції щогл, що використовуються для установки прожекторних батарей, можуть бути найрізноманітнішими. Їх виконують у

вигляді ґратчастих ферм з кутової, трубчастої сталі і із залізобетону з різною конфігурацією. Дуже добре виглядають щогли, виконані у вигляді труби циліндричної або слабкоконічної форми, усередині якої встановлюються сходи для доступу до прожекторного майданчика. Останнім часом досить часто для зменшення висоти щогл застосовують конструкції, нахилені убік поля.

Крім надавання щоглам певної витонченості, це дозволяє дещо скоротити їх висоту і зменшити їх вартість. В тих випадках, коли стадіон має козирки, що накривають значну частину трибун і розташовані на достатній висоті, знайшла застосування «лінійна система» освітлення (рисунок 1.11, в). Ця система набула найбільше поширення в країнах з жарким і дощовим кліматом, де наявність козирків викликано метеорологічними умовами. Спеціально для освітлення козирки над трибунами, як правило, не будуються через їх високу вартість. При лінійній системі освітлення прожектори встановлюються з двох бічних сторін футбольного поля у вигляді суцільних або переривчастих ліній в один або декілька рядів на козирках трибун. Коли козирок є тільки з одного боку, то для установки прожекторів в лінію іноді з другого боку будують спеціальну естакаду. При устрої освітлювальних установок за цією системою необхідно, щоб краї ліній прожекторних батарей заходили за лінію воріт для отримання об'ємного освітлення м'яча в межах всього поля. На торчових сторонах козирків прожектори для освітлення футбольного поля встановлювати не слід, оскільки прожектори, розміщені в цих зонах, дуже сильно сліплять нападаючих гравців в моменти ударів по воротах.

Визначити висоту козирька трибун, необхідну для розміщення на ньому прожекторних батарей, що діють за лінійною системою, можна виходячи з тих же вимог, які зазначені для визначення висоти установки прожекторів в описі системи освітлення за схемою «чотирьох щогл». Лінійна система освітлення футбольних стадіонів дозволяє одержати рівномірне освітлення поля. Практично повністю усуваються тіні від гравців, створюється високий ступінь «об'ємності» освітлених об'єктів спостереження. Гравці і глядачі відчувають комфортні умови, що створюються на стадіоні при устрої освітлення за цією системою. Недоліком лінійної системи є велика протяжність прожекторних батарей, що займають значну частину поля зору практично при будь-якому положенні гравців на полі. Це створює підвищену сліпучу дію на них.

Тому особливо важливо при устрої лінійних освітлювальних установок, щоб прожектори діяли під достатньо великими кутами до горизонту. Іншим специфічним недоліком лінійної системи освітлення є ефект «зникнення м'яча» при його високих передачах. У момент перетину м'ячем лінії прожекторних батарей він абсолютно зникає із виду. Це не дозволяє безперервно простежувати траєкторію руху м'яча і ускладнює його точний прийом. Крім того, при прийомі цих верхніх передач гравці мимоволі якийсь час сприймають прожектори найчутливішим до засліпленості центральним зором, що додатково ускладнює їх точну гру. На глядачів, що знаходяться на трибуні напроти протяжної прожекторної батареї, також впливає збільшена сліпуча дія. Обидва ці недоліки лінійної системи не є вирішальними і можуть бути ще декілька зменшені за допомогою розчленування безперервної лінії прожекторів на окремі батареї і установки захисних жалюзі, наприклад так.

При проектуванні освітлювальних установок футбольних стадіонів необхідно мати на увазі, що до них пред'являються різні вимоги за рівнем освітленості в залежності від розмірів трибун для глядачів, тобто залежно від найбільшої відстані між об'єктом спостереження (м'ячем) і найбільш віддаленим глядачем, що знаходиться на останньому ряді трибун.

Для стадіонів із спортивними аренами і трибунами місткістю понад 10000 глядачів потрібно мінімальна освітленість у горизонтальній площині в межах футбольного поля, рівна 200 лк. Освітленість у вертикальній площині, що проходить через поздовжню вісь спортивної арени, повинна бути не менше 75 лк на висоті від рівня поля до 15 м, горизонтальна освітленість в зоні легкоатлетичних секторів і бігової доріжки має бути не нижче 50 лк. Потрібно також мати на увазі, що ці показники у разі потреби можуть бути збільшені. Для стадіонів із спортивними ядрами і трибунами місткістю від 1500 до 10000 глядачів горизонтальна освітленість на футбольному полі повинна бути не менше 100 лк, а вертикальна освітленість у площині, що проходить через поздовжню вісь спортивного ядра, повинна бути не менше 50 лк на висоті від рівня поля до 15 м. Легкоатлетичні сектори і бігова доріжка в цьому випадку повинні мати горизонтальну освітленість не менше 50 лк.

Трибуни для глядачів місткістю 1500 чоловік і більше в спортивних спорудах повинні мати середню освітленість в горизонтальній площині, нормованій для даної споруди. Освітлювальні прилади освітлення трибун повинні мати окреме включення. Стадіони з трибунами місткістю

менше 1500 глядачів за вимогами до їх освітлення, прирівнюються до футбольних полів без трибун. Ці поля повинні мати горизонтальну освітленість 50 лк і вертикальну в повздовжній осьовій площині 30 лк на висоті від 0 до 15 м. Поля без трибун для хокею з м'ячем повинні мати горизонтальну освітленість 50 лк.

Освітлення тенісних кортів є однією з найскладніших задач спортивного освітлення. Труднощі тут пов'язані з тим, що тенісний м'яч має малі розміри і рухається з дуже високою швидкістю. Так, якщо футбольний м'яч в моменти швидких передач має швидкість близько 50 км/год і лише в моменти «гарматних» ударів швидкість його досягає 85-100 км/год, то тенісний м'яч в середньому рухається з швидкістю приблизно 135 км/год, а у гравців високого класу швидкість руху м'яча доходить до 200 км/год. Тенісисти звичайно дивляться уздовж гравального майданчика, але часто їх погляд направлений значно вище лінії горизонту, Аж до положення прямо над гравцем (при виконанні подачі, прийомі «свічок»), що не дозволяє розміщувати освітлювальні прилади над майданчиком. Якщо до цього додати необхідність добре сприймати і навіть передбачати можливі рухи супротивника і напрямок обертання м'яча, від яких у великій мірі залежить спосіб нанесення у відповідь удару і вибір місця, в яке повинен бути направлений у відповідь м'яч, то стане ясною напруженість зорової роботи спортсменів при грі в теніс. Глядачі при спостереженні за цією грою стикаються з іншими складнощами. Вони звичайно розташовуються уздовж бічних сторін майданчика, а м'яч при грі швидко переміщається перед їх очима в основному перпендикулярно до прямої лінії зору, тому нагляд за м'ячем весь час відбувається на фоні предметів з різною яскравістю (майданчика, трибуни, огорожі і т. п.), м'яч рухається з великою кутовою швидкістю щодо глядачів.

Складні умови зорової роботи гравців у теніс і любителів спорту, що спостерігають за грою, описані тут, роблять необхідними високі рівні освітленості кортів і устрою освітлювальних установок найвищої якості. Основним напрямом світла по відношенню до гравального майданчика є верхній бічний напрям, що створює бічне освітлення м'яча, яке забезпечує його високий контраст з фоном і надає якнайменшу сліпучу дію на гравців. Для забезпечення верхнього бічного світла освітлювальні прилади направленої світлорозподілу розташовуються на опорах, встановлених уздовж довгих сторін корту і спрямовують в основному уперек його повздовжньої осі (рисунок 1.13, а).

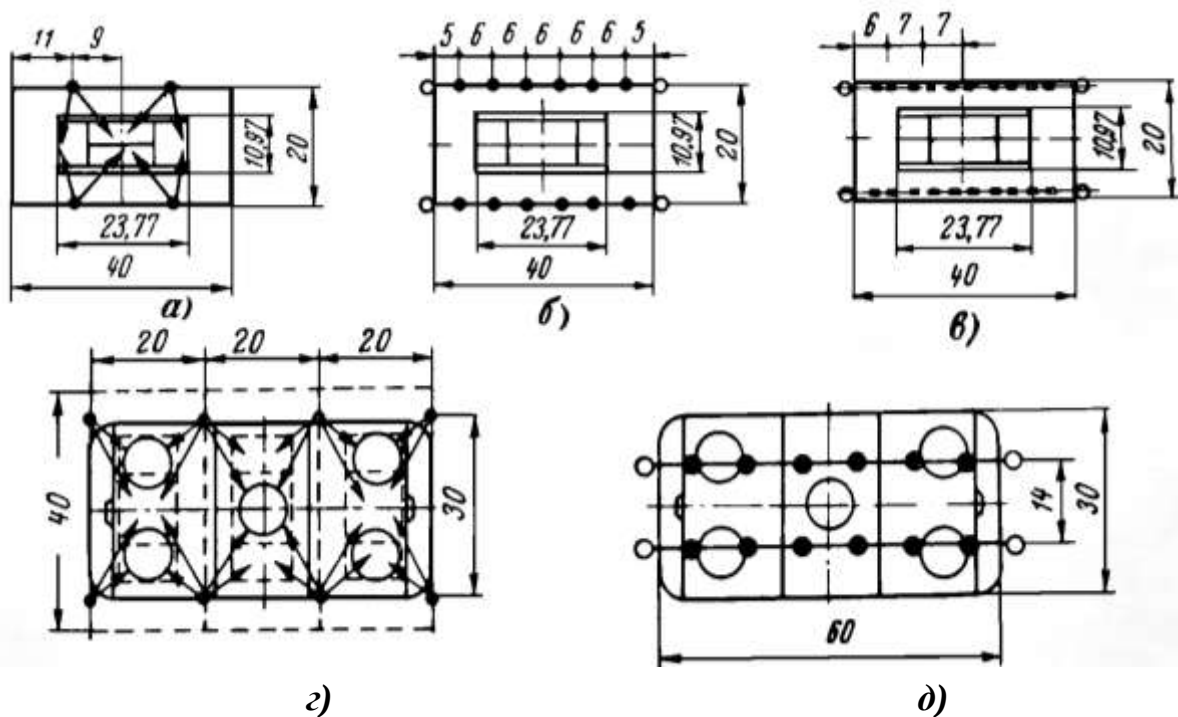


Рис. 1.13 – Схеми розташування освітлювальних приладів при освітленні тенісних кортів і полів для хокею з шайбою:

- а) *схема освітлення тенісного корту світильниками направленою світла, встановленими на чотирьох опорах;*
- б) *схема освітлення тенісного корту підвісними світильниками з лампами розжарювання;*
- в) *схема освітлення тенісного корту підвісними світильниками з люмінесцентними лампами;*
- г) *схема комбінованої установки освітлення трьох суміжних тенісних кортів і тренувального катка для хокею з шайбою;*
- д) *схема освітлення поля для хокею з шайбою підвісними світильниками*

Найбільш прийнятними світильниками для такого роду установки є дзеркальні світильники типу «кососвіт». Рівень освітленості на корті повинен складати не менше 100 лк у горизонтальній площині і не менше 50 - 100 у вертикальній площині, що проходить через повздовжню вісь корту, від його поверхні до висоти 5 м. Установка верхнього бічного світла може бути також виконана за допомогою підвісних світильників, установлених на тросах, натягнутих між опорами, які розміщуються за межами гравального майданчика. Світильники з лампами розжарювання, з ртутними лампами типу ДРЛ або люмінесцентними лампами повинні бути встановлені уздовж бічних ліній майданчика зовні її меж і мати при цьому нахил у бік повздовжньої осі майданчика. Висоту установки світильників вибирають, виходячи з умови, що перпендикуляр, опущений від світильника

на повздовжню вісь корту, повинен складати з горизонтальною площиною кут не менше 270° . Проте ця висота повинна бути не менше 10 м.

Особливий інтерес має створення комбінованих установок, які задовольняли б вимогам до споруд для різних видів спорту. Якщо експлуатація цих споруд носить до того ж сезонний характер і сезони використання їх для різних видів спорту не співпадають, то установка виявляється особливо ефективною. Так, наприклад, може бути запропонована освітлювальна установка для трьох суміжних тенісних кортів, яка в зимовий час може бути використана для освітлення тренувального катка для хокею з шайбою. Як видно на схемі, зображеній на рисунку 1.13. г, планування трьох кортів майже повністю співпадає з плануванням катка для хокею з шайбою. Співпадають також необхідні напрями світла і рівень горизонтальної освітленості, який і для тенісу, і для хокею з шайбою повинен бути рівним 100 лк. При установці восьми опор висотою по 15 м з освітлювальними приладами направленою світла, розподіленими відповідно до схеми на рисунку 1.13.г, може бути одержана установка, яка в літній час служитиме для освітлення ігор в теніс, а в зимовий час для освітлення хокею без будь-якої переробки або переналадження. Це дозволяє використовувати її повноцінніше, представляє певні експлуатаційні переваги і дає помітну економію у вартості створення установки. Фактично замість двох окремих установок для тенісу і для хокею можна обійтися однією.

Приклади освітлення різних футбольних стадіонів і хід променів наведені на рисунках 1.14, 1.15, 1.16, 1.17 і 1.18.

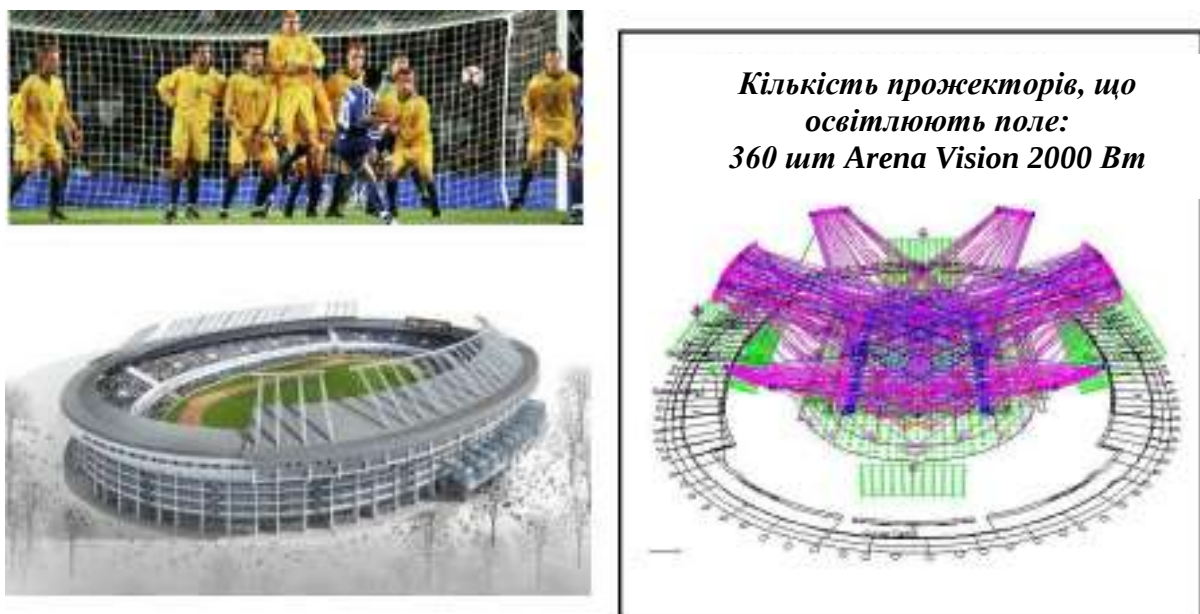


Рис. 1.14 – Пекінський стадіон трудящих WST на 64000 місць (футбол)



**Кількість прожекторів, що освітлюють поле:
400 шт Arena Vision 2000 Вт**

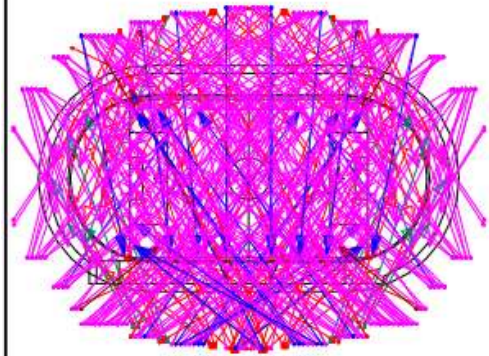
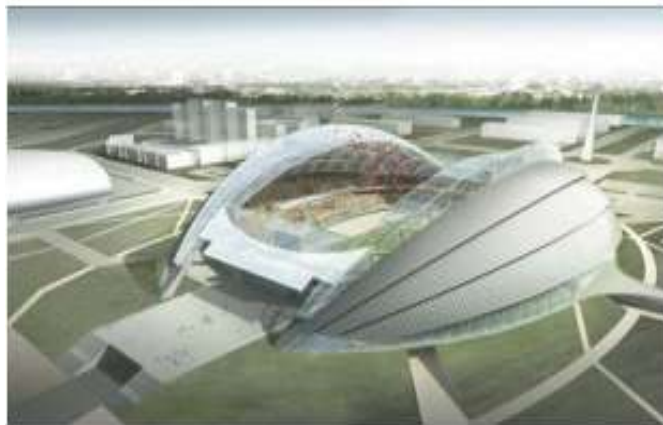


Рис. 1.15 – Шанхайський стадіон (SHS) на 56000 місць



**Кількість прожекторів, що освітлюють поле:
429 шт Arena Vision 2000 Вт**

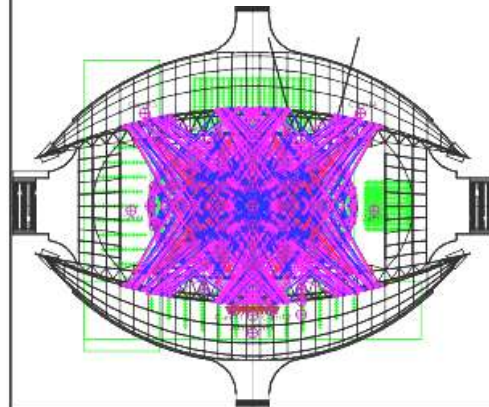


Рис. 1.16 – Шеньянський футбольний стадіон (WLH) на 60000 місць



**Кількість прожекторів, що освітлюють поле:
252 шт Arena Vision 2000 Вт**

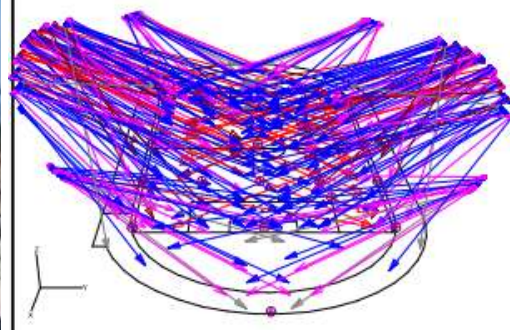


Рис. 1.17 – Стадіон в Гуанджо на 33572 місця



а)



б)



в)

Рис. 1.18 – Приклади освітлення футбольних стадіонів різних за конструкцією і формою

Освітлення хокейних полів

Хокей з шайбою є типовою «наземною» спортивною грою, тому для освітлення хокейного поля може бути застосована установка верхньобічного світла з нахилоно встановленими світильниками концентрованого світлорозподілу або прожекторами на опорах, які розміщуються уздовж довгих сторін поля, наприклад так, як це показано на рисунку 1.13, г, а також установка верхнього світла з підвісними світильниками, змонтованими на тросах, натягнутими над полем на рівні не нижче 6 м (рисунок 1.13, д).

Установка верхнього світла дозволяє повністю усунути тіні від бортів поля, які часто мають місце при бічній і верхньобічній системі освітлення. Не зважаючи на цей недолік верхньобічного світла така система найчастіше застосовується при освітленні відкритих демонстраційних катків з трибунами, оскільки підвісна установка звичайно виглядає не дуже естетично і громіздко. Це стає особливо помітним при збільшеній кількості підвісних світильників, необхідних для отримання підвищених освітленостей (не менше 150 лк) на цих спорудах.

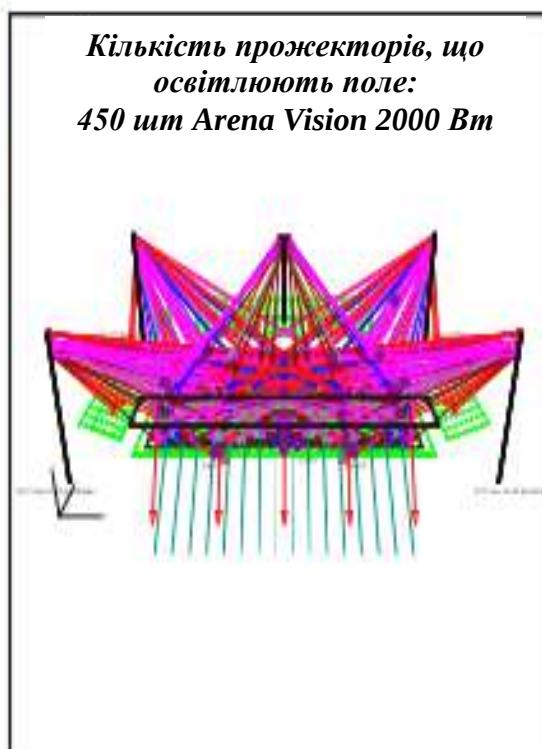


Рис. 1.19 – Олімпійський хокейний центр OGH
на 12000 фікс. місць, 5000 тимчасових місць (хокей на траві)



Рис. 1.20 – Олімпійський хокейний центр ОГН (фігурне катання, шортрек, ковзанярський спорт)



Рис. 1.21 – Олімпійський хокейний центр ОГН (хокей на льоду)



Рис. 1.22 – Олімпійський хокейний центр ОГН (ковзанярський спорт)

Освітлення баскетбольних майданчиків здійснюється системою верхньобічного світла, оскільки баскетбол може служити характерним прикладом «повітряної гри», коли лінія зору гравців часто буває направлена вище за горизонт. На рисунку 1.14,а показана схема освітлення баскетбольного майданчика із застосуванням чотирьох опор для світильників. Висота опор, на яких встановлюються освітлювальні прилади направленої світла, повинна бути не менше 10 м. При освітленні баскетбольних майданчиків установка повинна забезпечувати горизонтальну освітленість не менше 50 лк і вертикальну освітленість у площині, що проходить через поздовжню вісь майданчика, і на поверхні щитів з боку корзини не менше 30 лк. Ці рівні освітленості нормуються для тренувальних ігор і змагань, на яких присутні менше 1500 глядачів. При проведенні змагань з баскетболу на ігрових стадіонах з трибунами місткістю від 1500 до 5000 глядачів освітленості повинні бути підвищені: горизонтальна – до 150 лк, а вертикальна – до 50 лк.

Освітлення волейбольних майданчиків також виконується за системою верхньобічного світла.

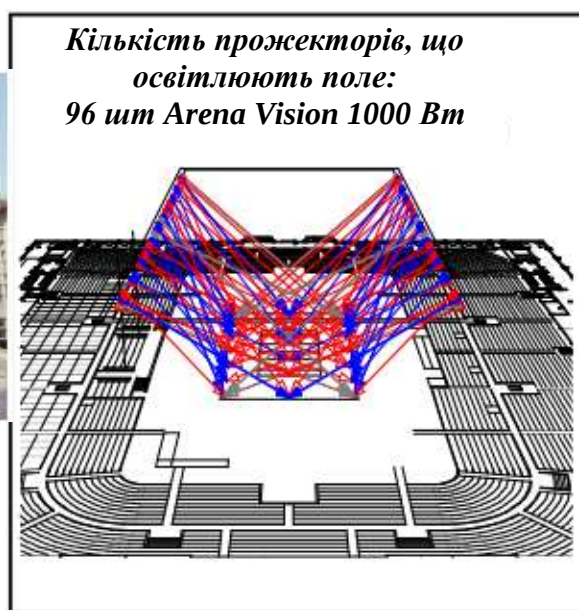


Рис. 1.23 – Крита арена Capital CAS на 18000 місць (волейбол)

Аналіз особливостей гри у волейбол показує, що в цьому випадку доцільніше встановлювати освітлювальні прилади на двох високих опорах (висота не менше 10 м), розташованих біля стовпів, до яких кріпиться сітка (рисунки 1.24, б).

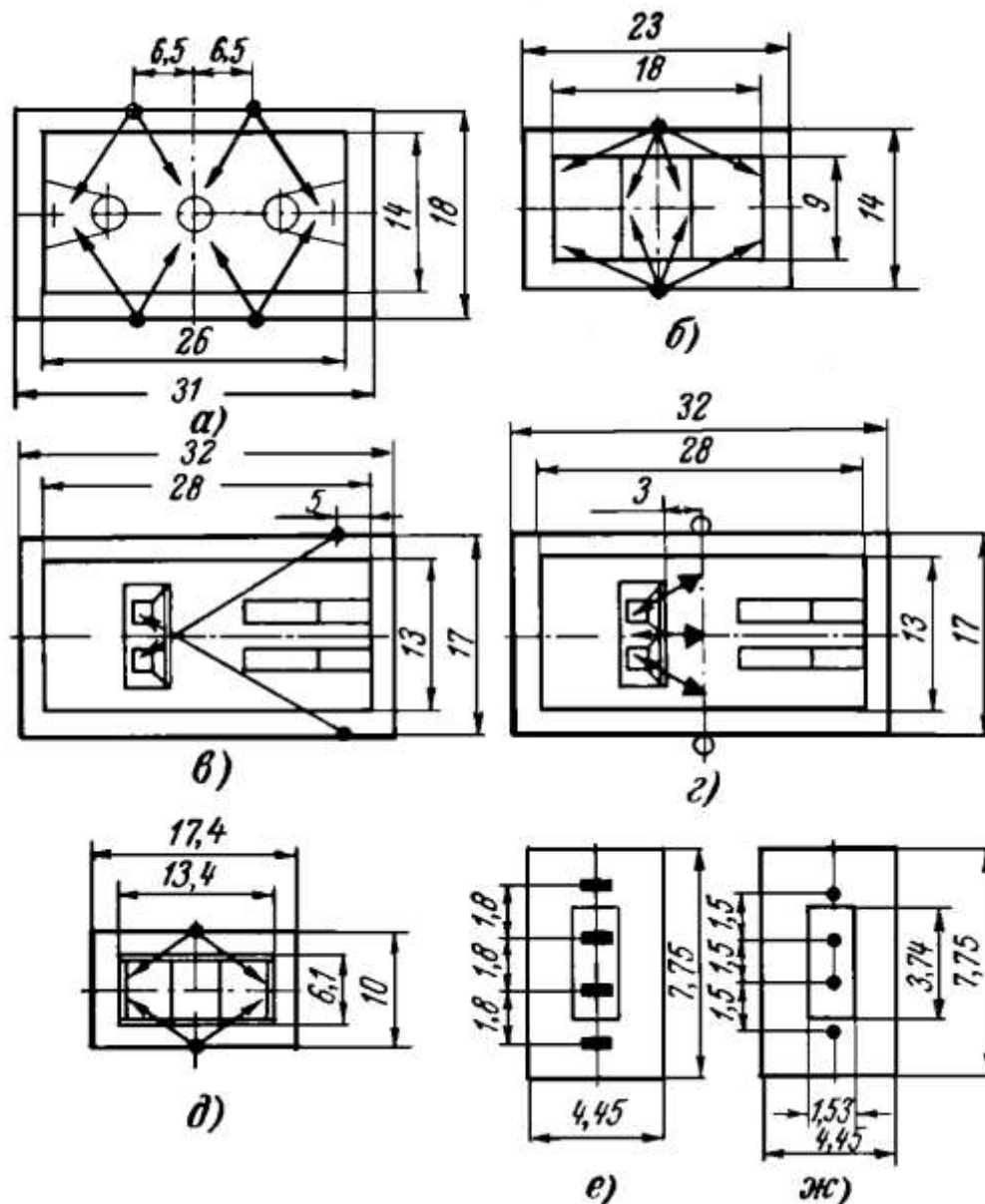


Рис. 1.24 – Схеми розташування освітлювальних приладів при освітленні спортивних майданчиків для гри в баскетбол, волейбол, городки, бадмінтон і столів для гри в настільний теніс:

- а) схема освітлення баскетбольного майданчика світильниками направленої світла, встановленими на чотирьох опорах;
- б) схема освітлення волейбольного майданчика світильниками направленої світла, встановленими на двох опорах;
- в) схема освітлення майданчика для городків світильниками направленої світла, встановленими на двох опорах;
- г) схема освітлення майданчика для городків підвісними світильниками;
- д) схема освітлення майданчика для гри в бадмінтон світильниками направленої світла, встановленими на двох опорах;
- е) схема освітлення столу для настільного тенісу світильниками з люмінесцентними лампами; ж) схема освітлення столу для настільного тенісу світильниками з лампами розжарювання. Розміри дані в метрах

Можуть і самі освітлювальні опори використовуватися для кріплення сітки за умови гарантування їх достатньої жорсткості, що забезпечує відсутність коливань освітлювальних приладів при струсі сітки від ударів м'яча. Рівні освітленості при тренувальних іграх у волейбол і при змаганнях у присутності менше 1500 глядачів повинні вибиратися в межах: горизонтальна освітленість 50 лк і вертикальна освітленість (в повздовжній площині на рівні від 1 до 5 м 30 лк).

При змаганнях з волейболу на ігрових стадіонах норми освітленості приймаються такими ж, як це описано в розділі з освітлення ігор у баскетбол.

Освітлення майданчиків для бадмінтону (рисунок 1.24, д) виконується аналогічно освітленню волейбольних майданчиків з тією лише різницею, що тут освітлювальні опори безумовно можуть застосовуватися для кріплення до них ігрової сітки, оскільки удар в сітку волана, що має малу масу, не може привести до коливань освітлювальних приладів. Норми освітленості для бадмінтону приймаються ті ж, що і для волейболу.

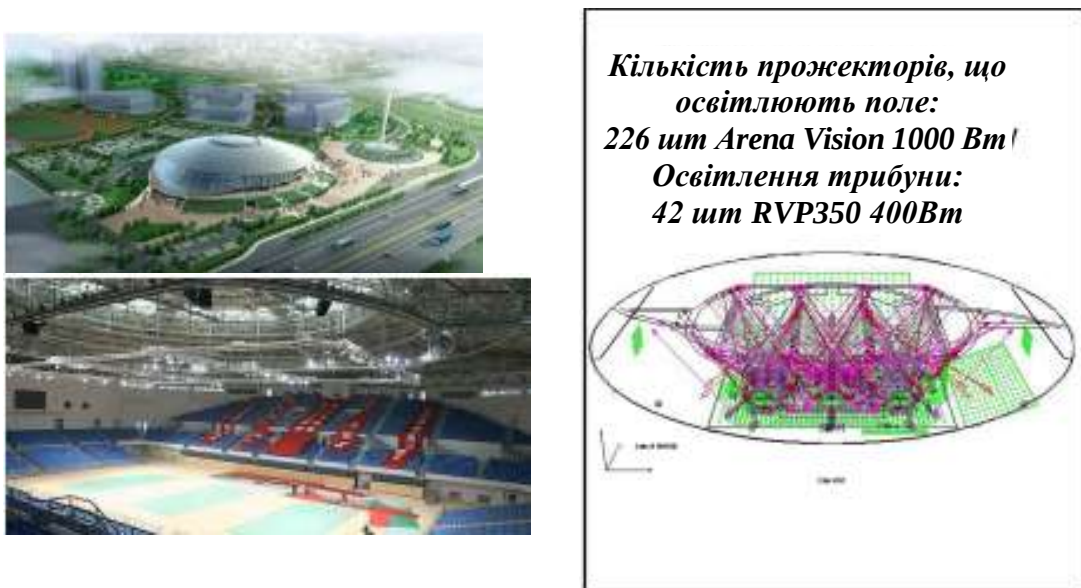


Рис. 1.25 – Стадіон Пекінського технологічного університету на 7500 місць, у тому числі 5800 фікс. місць, 1700 тимчасових місць (бадмінтон і художня гімнастика)

Освітлення майданчиків для гри в городки, однонаправленої наземної гри, повинне здійснюватися світлом, розподіленим уздовж основного напрямку лінії зору гравців і глядачів, увага яких зосереджена на площі з місцями. Освітленість в зоні місць повинна бути не нижчою 50 лк, в інших частинах майданчика вона може бути знижена до 10 лк. Освітлювальна установка міського майданчика може бути виконана за схемою, зображеною на рисунку 1.24, в, з установкою світильників

направленого світла на двох шестиметрових опорах з нахилом їх у бік площі місць або з підвісними світильниками на тросі, натягнутому на цій же висоті так, як це показано на рисунку 1.24, г. Світильникам і в цьому випадку додається деякий нахил у бік місць. Освітлення столів для настільного тенісу здійснюється підвісними світильниками, розташованими відповідно до схем, показаних на рисунку 1.24, е і ж. Необхідно освітлювати з інтенсивністю не нижче 300 лк не тільки поверхню столу, але і простір навколо нього в межах всього ігрового майданчика до рівня 100 лк. Висота установки світильників повинна бути не менше 3,5 м. При люмінесцентному освітленні повинні застосовуватися трьохлампові світильники з підключенням кожної з ламп до різних фаз трифазної живлячої електромережі для зменшення пульсацій освітленості на м'ячі. Захисний кут світильників повинен бути не менше 30°.

Розглянемо тепер декілька схем освітлення відкритих споруд для неігрових видів спорту.

Освітлення велотреків виконується звичайно світильниками направленої світла, що розташовуються на опорах заввишки 10 м з консолями завдовжки 3-5 м, винесеними над полотном трека. Опори встановлюються уздовж кромки трека. Світильникам додається нахил у бік руху спортсменів (рис. 1.26). Система освітлення трека повинна бути розрахована так, щоб зони дії окремих світильників значно перекривали одна одну для усунення глибоких тіней. Рівень освітленості полотна велотреку повинен бути не нижчим 30 лк.

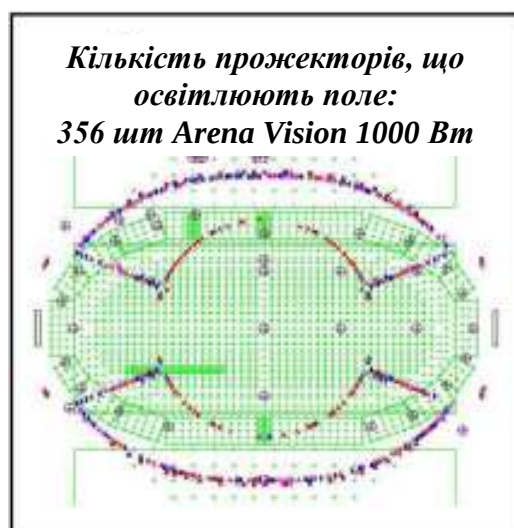


Рис. 1.26 – Велодром в Лао Чан LSV на 6000 місць (велотрек).
 Освітлення майданчика: 356 шт ArenaVision 1000Вт.
 Освітлення трибуни: 42 шт RVP350 400Вт

Освітлення лижного трампліна (рисунок 1.27) повинне забезпечити спортсменам хорошу видимість гори розгону, стола відриву і гори приземлення при мінімальній сліпучій дії, а суддям і глядачам гарну видимість спортсмена на всіх фазах руху його по поверхні гір, у польоті і точну фіксацію місця його приземлення.

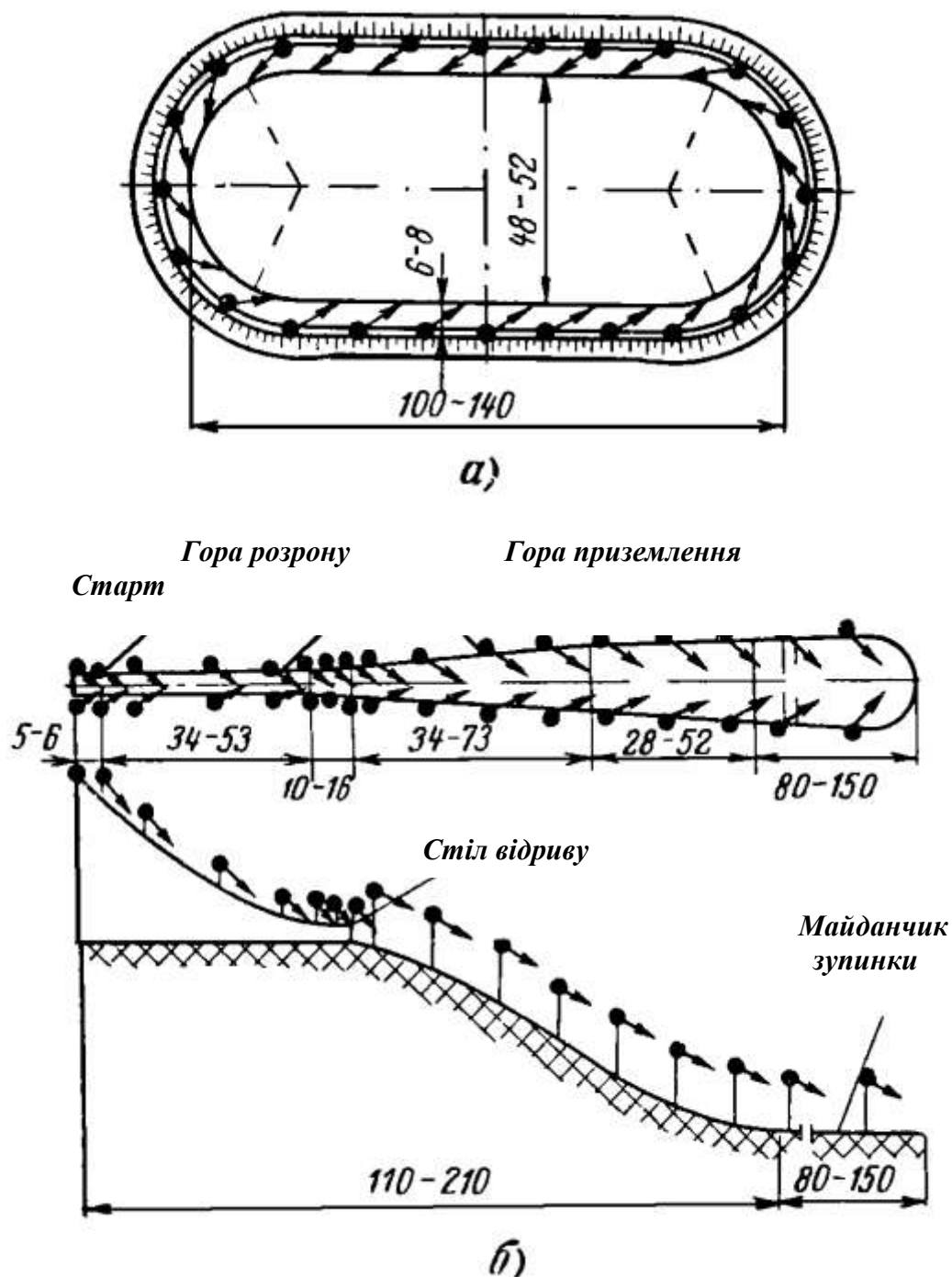


Рис. 1.27 – Схема розташування освітлювальних приладів при освітленні:

- а) схема освітлення велотреку;
- б) схема освітлення лижного трампліну

Для цього освітлювальна установка трампліну повинна створювати наступні освітленості: на поверхні стартового майданчика, гори розгону і гори приземлення 30 Лк, на поверхні столу відриву і у вертикальній площині, що проходить через вісь трампліну, з обох її сторін в зоні траєкторії стрибка 50 лк.

Світильники на стартовому майданчику, уздовж гори розгону і столу відриву встановлюються з двох сторін на стійках заввишки 23 м і спрямовані уздовж руху спортсменів. Гора приземлення і майданчик зупинки освітлюється світильниками або прожекторами, встановлюваними на опорах заввишки 10-20 м з однієї або двох сторін залежно від місця розташування суддів і глядачів. Тут також освітлювальним приладам повинен бути доданий нахил у бік руху спортсменів.



Рис. 1.28 – Стрибки з трампліну

За таким же принципом може бути виконано *освітлення гірськолижних трас* для слалому і швидкісного спуску. Освітлення цих видів спортивних споруд останнім часом набуває популярності. Освітлення лижні доцільно прокладати у вигляді витягнутої петлі, щоб обидві її сторони, по яких спортсмени рухаються назустріч один одному,

могли бути ефективно освітлені світильниками, встановленими на загальній опорі, розташованій між цими гілками лижні.



a)



б)

Рис. 1.29 – Освітлення траси для слалому (*a*), фрістайлу (*б*)

Розберемо тепер приклад освітлення споруди для стрілецького спорту. Як найскладніше розглянемо **освітлення траншейних і круглих стрілецько-мисливських стендів.**

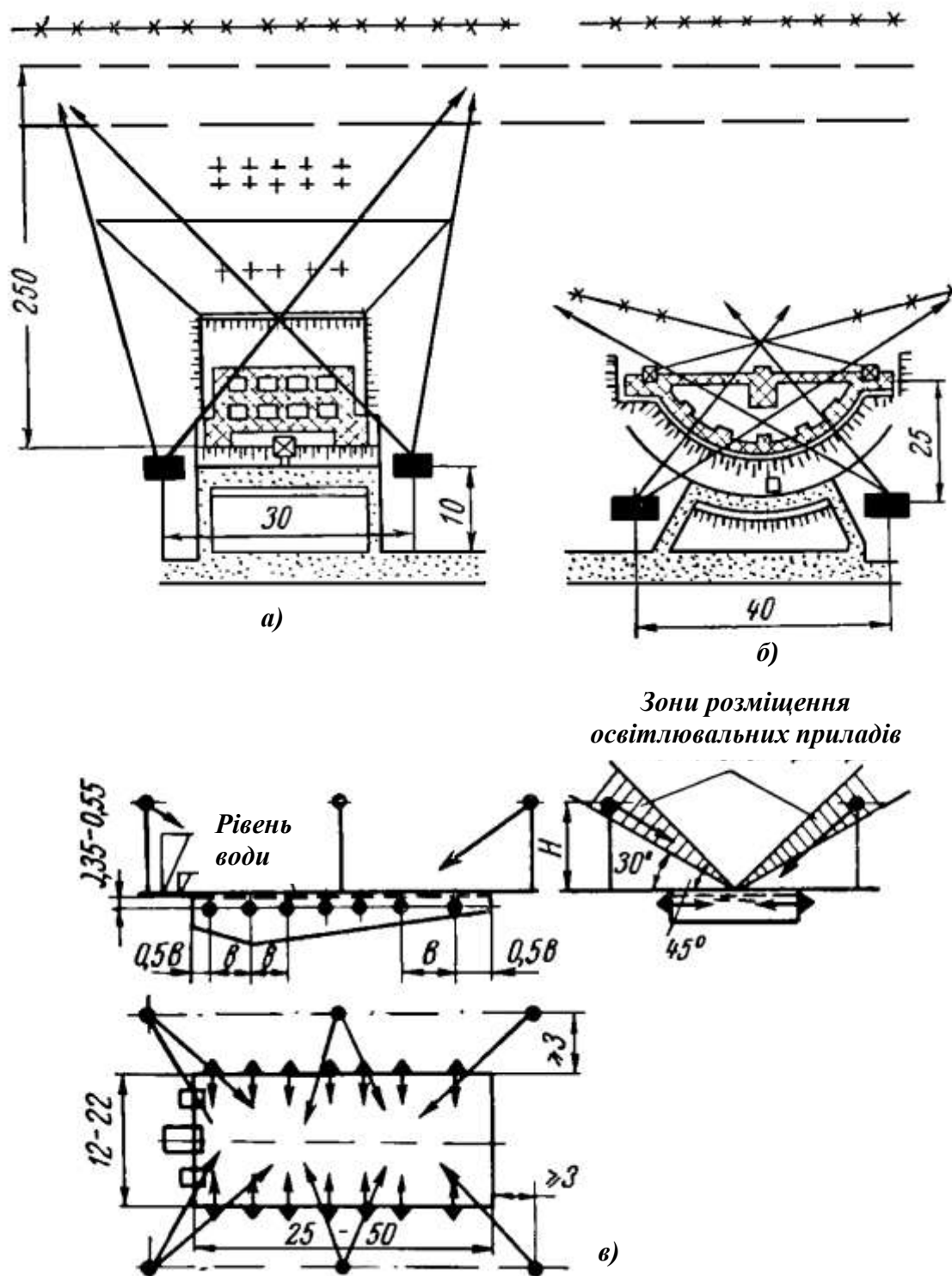


Рис. 1.30 – Схема розташування освітлювальних приладів при освітленні деяких неігрових відкритих спортивних споруд:
 а) схема освітлення траншейного стрілецько-мисливського стенду;
 б) схема освітлення круглого стрілецько-мисливського стенду;
 в) схема освітлення відкритого басейну. Розміри дані в метрах

Складність освітлення цих споруд пов'язана з тим, що мішені-тарілки, по яких ведеться стрільба на стенді, швидко переміщуються на велику відстань (до 70-80 м на траншейному стенді) в різних напрямках. На круглому стенді задача освітлення ускладнюється переміщенням стрільця і зміною напрямку його лінії зору при переході з одного номера на інший. Схема розміщення прожекторів для освітлення стендів і основного напрямку їх наведені на рисунку 1.30, а і б. Висота установки прожекторів повинна складати на траншейному стенді 5-10 м, а на круглому 20-25 м. Установка повинна забезпечувати рівень вертикальної освітленості по всій зоні польоту мішеней з боку розташування стрільців не нижче 50 лк. При освітленні круглих стендів для зменшення сліпучої дії прожекторів доцільно застосовувати додатково їх екранування, установку на них кільцевих або пластинчастих жалюзі і т.п.



Рис. 1.31 – Пекінське олімпійське стрільбище BSH на 9000 місць (2300 фікс. місць, 6700 тимчасових місць) (стрільба).
Поле для стрільби з лука OGA на 5000 місць (стрільба з лука)

Освітлення відкритого басейну для плавання і стрибків у воду, а також для гри у ватерполо може бути виконано двома окремими установками зовнішнього і підводного освітлення. Зовнішнє освітлення створює рівень освітленості, необхідний для виконання спортивних занять в басейні, а підводне створює декоративне освітлення ванни басейну і

служить засобом безпеки. Особливо успішно воно використовується при художньому плаванні. Зовнішнє освітлення басейну для плавання може бути виконано установкою верхнього світла. Але якщо басейн передбачається використовувати і для плавання, і для стрибків, і для гри в поло, то установка верхнього світла не може бути застосована, і слід освітлення такого басейну виконати за схемою, зображеною на рисунку 1.30. в, тобто потрібно застосовувати систему верхньо-бічного світла. В басейні для плавання необхідно забезпечити на поверхні води горизонтальну освітленість 100 лк; в басейні для стрибків у воду, крім того, потрібно створити вертикальну освітленість 50 лк в площині, що проходить через поздовжню вісь вежі, в зоні стрибків. Висота установки освітлювальних приладів може бути визначена з умови, при якій перпендикуляр, опущений від джерела світла на поздовжню вісь басейну або її продовження, складе з горизонтом кут від 30 до 45°.

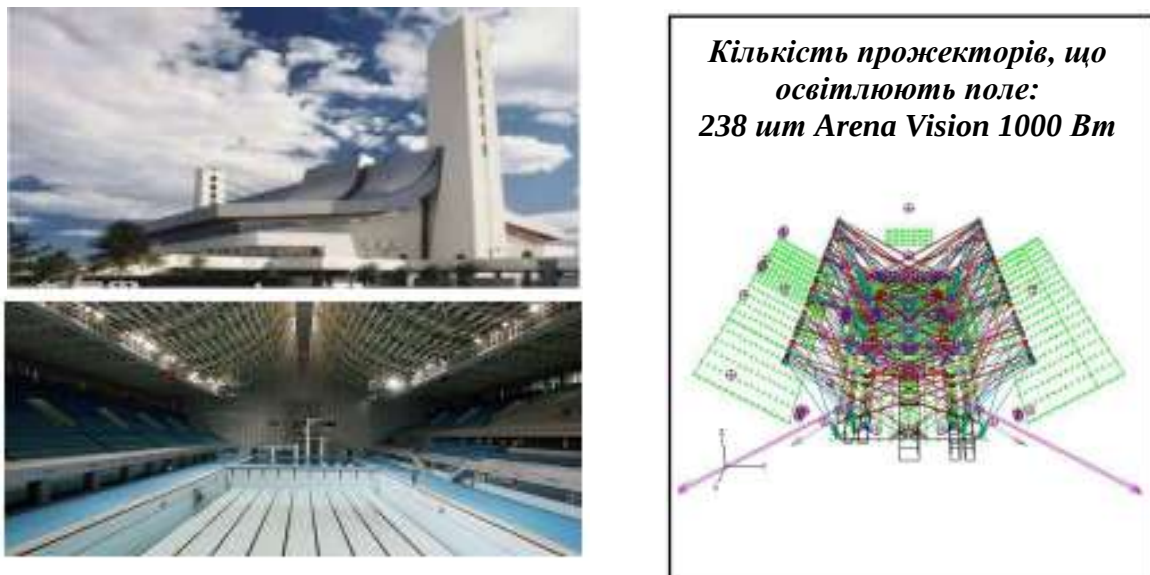


Рис. 1.32 – Басейн "Йін Тун" YNT на 6000 місць
(водне поло/ плавання (МР)).
Освітлення трибуни – 30 шт RVP350 400Вт

Для підводного освітлення басейну може бути використаний метод «сухих ніш», коли прожектори у звичному виконанні встановлюють за ущільненими ілюмінаторами, розміщеними в стіні басейну відповідно до схеми на рисунку 1.30, в, або метод «мокрих ніш», коли герметичні прожектори встановлюються безпосередньо у воді, звично в спеціальних нішах в стіні ванни басейну. Якщо перший метод вимагає для свого здійснення устрою спеціальної обхідної галереї навкруги ванни басейну, то для другого методу потрібні спеціальні водонепроникні і тому дорогі

прожектори. Тому необхідність застосування підводного освітлення повинна бути достатньо обґрунтована, оскільки її здійснення пов'язано з підвищеними витратами. Прожектори підводного освітлення встановлюються в повздовжніх стінках ванни басейну. Глибина занурення прожекторів не повинна перевищувати 0,40 - 0,55 м. Крок установки прожекторів визначається за їх потужністю. При потужності джерела світла 300 - 500 Вт крок слід вибирати рівним 2,53 м, а при потужності 750 - 1000 Вт – 3,5 - 4,5 м. Більші з цих значень кроку відносяться до тих місць ванни, які мають глибину менше 1,5 м, а менші до глибших місць. При цьому слід прагнути до застосування прожекторів максимальної потужності.

Потужність установки підводного освітлення відкритого басейну рекомендується вибирати виходячи з питомої потужності 20 Вт/м² поверхні води в басейні. Для басейнів, ширина яких перевищує 21 м, застосовувати підводне освітлення ванни не рекомендується, оскільки вода в середній частині ванни басейну буде освітлена слабко. Слід також мати на увазі, що ефективність підводного освітлення сильно залежить від чистоти і прозорості води. Тому при устаткуванні басейну підводним освітленням необхідно звернути увагу на забезпечення високої прозорості води, що може бути досягнуте підвищеним обміном її або поліпшеною фільтрацією.



Рис. 1.33 – Манеж Шатін, Гонконг; 18000 місць (кінний спорт).
Освітлення тренувального майданчика – 40 шт RVP350 400Вт

1.3.2 Освітлення закритих спортивних споруд

Загальні вимоги

Загальні вимоги до освітлення закритих спортивних споруд, природно, дуже близькі до вимог, що стосуються освітлення відкритих споруд. Це в першу чергу відноситься до забезпечення хорошої видимості об'єктів спостереження і обмеження сліплячої дії спортсменів і глядачів. Проте при освітленні закритих спортивних споруд виникають деякі характерні проблеми, які слід розглянути детально.

Закриті спортивні споруди мають при будь-якому їх масштабі дещо обмежені розміри, що не дозволяють вільно розміщувати освітлювальні прилади в просторі. Це у ряді випадків призводить до необхідності встановлювати світильники на меншій висоті або під іншими кутами, чим це бажано. При цьому світильники можуть опинитися в зонах, доступних для ударів по них м'ячем під час гри, що вимагає спеціального їх конструктивного виконання або устаткування їх особливим захистом від механічних пошкоджень. Додаткове обмеження на розміщення світильників часто накладає проблема їх обслуговування. Але обмежені розміри спортивних залів дають і певні переваги. При невеликих відстанях до освітлюваних об'єктів можна застосовувати освітлювальні прилади з меншим посиленням і нижчими значеннями сили світла. Такі прилади мають меншу сліпучу дію. Крім того, в закритих приміщеннях стеля і стіни стають активними елементами освітлювальної установки. Тому при устрої освітлення в спортивних залах для створення комфортних умов необхідно забезпечити відповідне освітлення стелі і стін залу і їх забарвлення. Це забезпечить потрібні величини контрасту між об'єктом і фоном, а також створить зорове відчуття насиченості світлом простору спортивного залу, що, в свою чергу, сприяє успішному виконанню спортивних вправ і нагляду за ними. Особливістю освітлення закритих спортивних споруд є те, що не всі види спорту прийнято проводити в закритих приміщеннях.

Однак останнім часом спостерігається тенденція розширення списку видів спорту, якими займаються в закритих спортивних спорудах. Зараз будується і проектується безліч закритих стадіонів для гри у футбол, а проведення відповідальних змагань з спортивних ігор в закритих приміщеннях стало традицією через стабільність умов гри. Проте біг і стрибки на лижах, всі гірськолижні змагання, стендова стрілянина й інші

подібні види спорту ще виконуються виключно на відкритих спортивних спорудах.

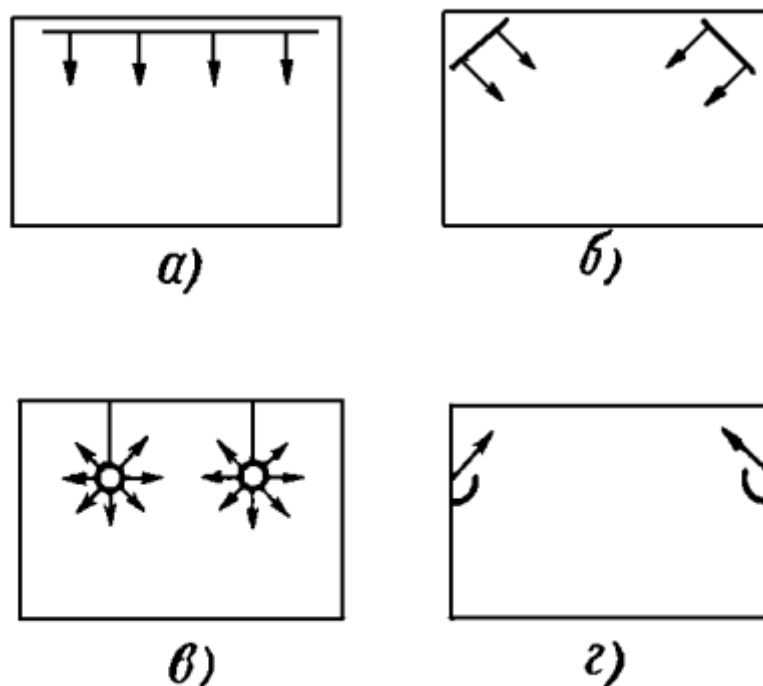


Рис. 1.34 – Схеми основних систем освітлення закритих спортивних споруд:

*а) система верхнього світла; б) система верхньо-бічного світла;
в) система розсіяного світла; г) система відбитого світла*

Особливістю освітлення закритих спортивних споруд є також те, що освітлювальна установка у ряді випадків повинна задовольняти самим різним цілям, оскільки одне і те ж приміщення часто використовується для занять декількома різними видами спорту, а іноді і не тільки для спортивних занять. Тому при створенні освітлення повинні враховуватися вимоги до освітлення всіх тих видів спорту, якими займатимуться в даній споруді. Величини освітленостей в закритих спортивних спорудах визначені «Нормами електричного освітлення спортивних споруд» ДБН В2.2 – 13 – 2003 [1]. На рисунку 1.34 наведені схеми основних систем освітлення закритих спортивних споруд.

Система верхнього світла (рисунок 1.34, а) може застосовуватися для освітлення гри в хокей, а також для занять боксом, боротьбою, гімнастикою, легкою атлетикою, фехтуванням, настільним тенісом та іншими видами спорту.

Система верхньо-бічного світла (рисунок 1.34, б) найкращим чином задовольняє умовам освітлення в ігрових спортивних залах (теніс, волейбол, баскетбол, бадмінтон), а також може успішно служити майже для всіх інших видів спорту. Ця система найбільш універсальна.

Система розсіяного світла (рисунок 1.34, в) створює м'яке освітлення з достатнім насиченням світлом простору і із зниженими контрастами. Не рекомендується для випадків спостереження за об'єктами, що швидко рухаються. Вимагає хорошої обробки і світлого забарвлення стелі і стін.

Система відбитого світла (рисунок 1.34, г) має найм'якший, майже безтіньовий характер освітлення із значно зниженою контрастністю і практичною відсутністю блискоті. Не рекомендується для рухомих видів спорту. Знаходить обмежене вживання в басейнах для усунення відблисків на водній поверхні від джерел світла. Освітлення при цій системі неекономічне і вимагає дуже високих відбиваючих властивостей стелі і верхньої частини стін.

Типові схеми освітлення і особливості освітлення споруд для різних видів спорту і комбінованих споруд

Розглянемо декілька конкретних прикладів освітлювальних установок наймасовіших закритих спортивних споруд з тим, щоб визначити особливості освітлення основних груп споруд різних типів. Ці установки розраховані на виконання вимог норм освітлення, і їх у разі потреби можна застосувати в інших спорудах, схожих за розмірами і призначенням: гімнастичний зал ($9 \times 18 \text{ м}^2$) може служити для занять гімнастикою, акробатикою, боротьбою, боксом, важкою атлетикою, а також як зал розминки. Для цих видів спорту може бути застосована система верхнього світла. Нормована горизонтальна освітленість 75-150 Лк. В залах для змагань загальноміського масштабу і вищих рівнів освітленість повинна бути відповідно 100 і 200 Лк. При освітленні залу лампами розжарювання можна застосувати світильники розсіяного світла з кільцевими затінювачами. Потужність ламп 300 Вт. Для забезпечення освітленості в 100 Лк потрібно встановити 15 світильників відповідно до схеми, наведеної на рисунку 1.36, на висоті 5 – 5,5 м над підлогою. Потужність установки 4,5 кВт, питома потужність 28 Вт/м^2 . Зал повинен мати білу стелю і світлі стіни. Спортивний зал ($18 \times 36 \text{ м}^2$) з балконом для глядачів призначений для спортивних ігор, гімнастики і інших видів

спорту. Найскладнішими видами спорту з погляду вимог до освітлення є спортивні ігри: волейбол, баскетбол, бадмінтон. Ці види спорту і є визначаючими при виборі системи освітлення. Для ігрового спортивного залу повинна застосовуватися система верхньо-бічного світла, придатна також і для інших видів спорту, якими можна займатися в такому залі.



Рис. 1.35 – Освітлення стадіону для хокею на льоду

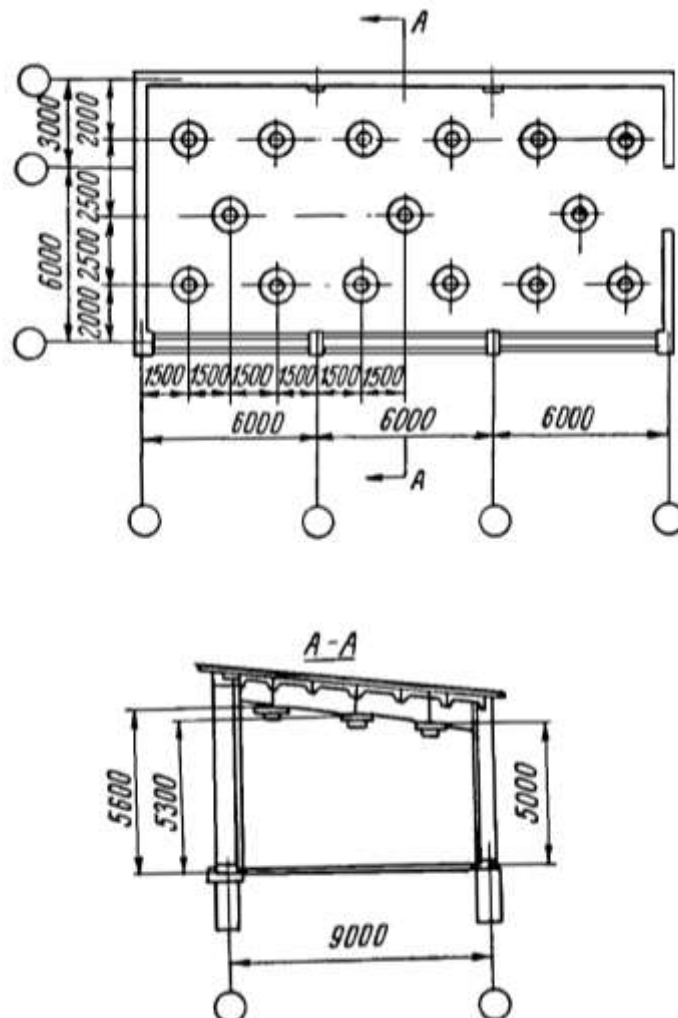


Рис. 1.36 – Освітлення гімнастичного залу ($9 \times 18 \text{ м}^2$) світильниками розсіяного світла. Розміри дані в міліметрах

Нормована величина горизонтальної освітленості в ігровому залі повинна складати 100 Лк. Освітленості у вертикальній площині, що проходить через повздовжню вісь залу, повинні складати 50 і 75 Лк відповідно до висоти 2 м від підлоги. При проведенні змагань в залі ці показники освітленостей повинні бути збільшені: горизонтальні до 150 і 300 лк, і вертикальні до 75-100 Лк. Для створення насиченості світлом приміщення спортивного залу необхідно, щоб деяка частка світлового потоку ламп була направлена на стелю і верхню частину стін, які повинні мати світле забарвлення. У варіанті освітлення залу лампами розжарювання можуть бути використані світильники з лампами потужністю 500 Вт. Світильники розміщуються двома рядами на висоті 6,5 м над підлогою, як показано на рисунку 1.37. Встановлена потужність при освітленості 150 лк складає 12 кВт, питома потужність 18,5 Вт/м². Відбивачі світильників повинні жорстко прикріплюватися до корпусу; на вихідні отвори встановлюються захисні ґрати. При люмінесцентному освітленні можна застосувати світильники переважно прямого світла з екрануючими ґратами з лампами ЛБ потужністю 80 Вт. Для створення освітленості в 300 лк світильники повинні розміщуватися відповідно до схеми, показаної на рисунку 1.37 з нахилом на 20° до повздовжньої осі залу на висоті 7 м над підлогою. Необхідно встановити 64 світильники загальною потужністю близько 13 кВт. Частина світлового потоку ламп через вікна у відбивачах спрямована на стелю залу. Питома потужність в цьому варіанті освітлення складе 20 Вт/м².

Спортивний зал (18 x 45 м²), що має висоту до ригелів 7,5 м, розрахований на проведення в ньому спортивних ігор (теніс, ручний м'яч, волейбол, баскетбол), а також на заняття іншими видами спорту. В такому залі освітлювальна установка повинна створювати верхньо-бічне світло, що найкращим чином задовольняє вимогам до освітлення. Нормовані величини освітленості ті ж, що і в попередньому залі. На рисунку 1.37 показана схема розміщення світильників типу ССО 250/500 з лампами ДРЛ потужністю 500 Вт, яка рекомендується для отримання в цьому залі освітленості в 300 Лк. Світильники кріпляться у верхній частині повздовжніх стін залу на висоті 7,5 м і мають нахил у бік осі залу в 40°. Встановлена потужність близько 29 кВт, питома потужність 34 Вт/м². При освітленні залу світильниками з люмінесцентними лампами можна застосувати стельові плафони, перекриті молочним органічним склом, наприклад типу ПЛГ 2 x 80, або їм подібні за світлотехнічними

характеристиками, при встановленні їх відповідно до схеми, наведеної на рисунку 1.34, б.

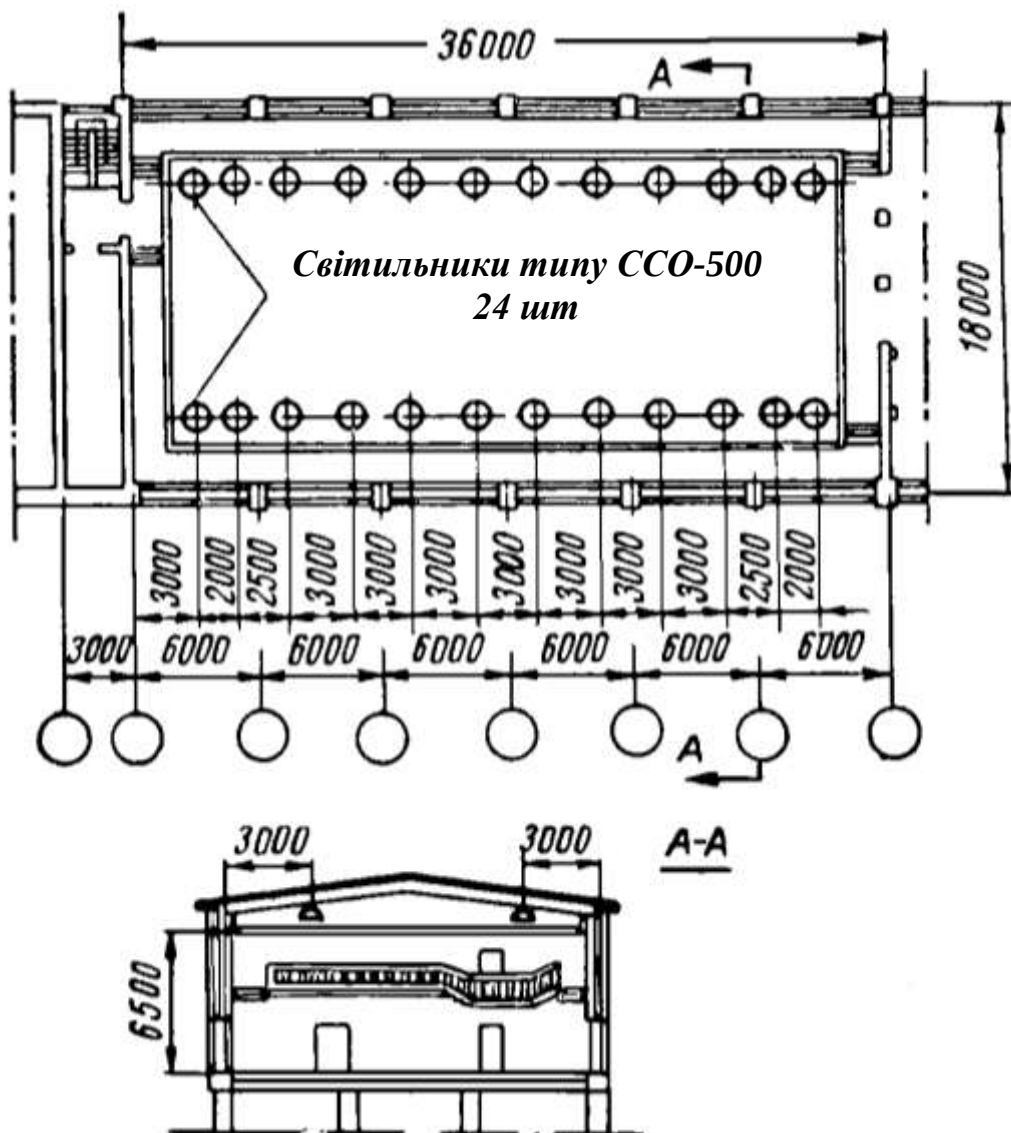


Рис. 1.37 – Освітлення спортивного залу світильниками ССО-500 з лампами розжарювання 500 Вт

За цією схемою світильники встановлюють на стелі залу в проміжках між ригелями перекриття у три поздовжні ряди уздовж кожної з бічних сторін спортмайданчика. Для отримання освітленості в 300 лк достатньо 90 світильників типу ПЛГ 2 х 80 з лампами ЛБ 80 загальною потужністю 18 кВт. Питома потужність $22,2 \text{ Вт/м}^2$. Басейн з ванною $21 \times 50 \text{ м}^2$ призначений для плавання, стрибків у воду й ігри у ватерполо. Басейн має односторонні трибуни для глядачів і похиле перекриття по фермах. Горизонтальна освітленість в межах ванни басейну повинна складати 100 Лк при лампах розжарювання і 150 Лк при люмінесцентних лампах; вертикальна освітленість в площині, що проходить через повздовжню вісь

верхнього майданчика вежі для стрибків, повинна бути у всій зоні стрибка відповідно не менше 50 і 75 Лк. В басейні можна застосувати установку верхнього світла, виконану за допомогою світильників типа ОДОР 2x80 з люмінесцентними лампами ЛБ потужністю 80 Вт. Для отримання освітленості в 150 Лк потрібно встановити відповідно до схеми, показаної на рисунку 1.37, 112 світильників загальною потужністю близько 22 кВт. Питома потужність складає 21 Вт/м². Світильники встановлюються у вигляді повздовжніх рядів по нижньому поясу ферм перекриття басейну. В районі вежі встановлені додаткові ряди світильників.

Для обслуговування світильників уздовж їх ліній до ферм кріплять монорельси, по яких переміщується знімальний візок. Такий прийом добре виправдав себе на практиці в московському Палаці спорту. Підводне освітлення басейну може бути виконано за методом сухих ніш з використанням прожекторів типа ПЗС-45 з лампами розжарювання потужністю 1000 Вт. Кількість прожекторів визначають виходячи з питомої потужності, яка повинна складати 33 Вт на 1 м² водної поверхні басейну. Прожектори світять крізь заklenі ілюмінатори діаметром 65,0 мм, розташовані в повздовжніх стінах басейну. Обслуговування прожекторів ведеться з обхідних галерей, що прокладаються уздовж ванни басейну.

Освітлення закритих катків з штучним льодом для тренувальних занять з фігурного катання і хокею може здійснюватися установкою світильників, що рівномірно розподілені по стелі залу. Якщо установка виконана із застосуванням ламп розжарювання, то повинна бути забезпечена горизонтальна освітленість на поверхні льоду 150 Лк, а при люмінесцентних лампах 300 Лк. При проведенні в цих залах змагань освітленості повинні складати відповідно 200 і 400 Лк.

Слід мати на увазі, що змагання на штучних катках користуються популярністю і проходять звичайно у присутності великого числа глядачів. Улаштування штучних катків коштує достатньо дорого, тому поле штучного льоду оточують трибунами для декількох тисяч глядачів, і, таким чином, замість тренувального катка отримують те, що звичайно називають палацом спорту, тобто багатоцільову закриту спортивну споруду, вимоги до освітлення якої складніші.

Освітлення багатоцільових закритих спортивних споруд типу Палацу спорту повинне задовольняти вимогам, що ставляться всіма видами спорту, якими займаються в даному приміщенні, а також видовищними

заходами, що проводяться в ньому. Ці вимоги суперечливі, і повністю задовольнити їм одночасно буває достатньо складно.

Найчастіше на аренах Палаців спорту влаштовуються штучні катки, які для гри в хокей вимагають верхнього світла, а для фігурного катання високих вертикальних освітленостей. При виступах «балету на льоду», які театралізуються, необхідне направлене кольорове освітлення з супроводом танцюристів, що катаються, світловими пучками.

Спортивна арена звичайно трансформується в ігровий спортивний зал шляхом укладання на лід (або на його основу після танення) щитів з дерев'яним або пластиковим покриттям.

Спортивні ігри: волейбол, баскетбол, ручний м'яч і особливо теніс вимагають, як було зазначено, системи верхньо-бічного світла.

Тут же можуть бути організовані змагання з гімнастики, боротьби, боксу, настільного тенісу і інших видів спорту. Тому при влаштуванні освітлення потрібно дуже ретельно продумати систему, по якій розміщуватимуть, спрямовуватимуть і включатимуть ті або інші освітлювальні прилади і їх групи, щоб забезпечити кожний з видів спорту та інші заходи потрібним в даному випадку освітленням.

Найбільш доцільно систему побудувати так, щоб уникнути переналаджень установки, а для переходу від одного режиму освітлення до іншого достатньо б було тільки перемикати відповідні групи приладів. Слід при цьому прагнути до того, щоб одні і ті ж прилади використовували в більшості потрібних варіантів освітлення для скорочення загальної кількості необхідних приладів. Для освітлення боксерських рингів під час змагань іноді застосовують спускові софіти, що забезпечують освітленість 1500-2000 Лк.

Слід врахувати також вимоги до освітлення споруд такого роду через необхідність проведення в них хронікально-документальних кінозйомок і телепередач. Якщо стаціонарного освітлення для цих цілей немає, то слід передбачити клемники для приєднання переносних освітлювальних приладів.

Досвід освітлення Палаців спорту показує, що при місткості трибун більше 4000-5000 чол. слід застосовувати вельми високі рівні освітленості для досягнення необхідного в таких приміщеннях відчуття насиченості простору світлом. Ці рівні для великих залів досягають 1000-1500 Лк і більше, що перебиває за величиною вимоги до освітлення окремих видів спорту.

Прикладами освітлювальних установок великого універсального спортивного залу, створених останнім часом, в яких достатньо успішно розв'язані описані проблеми, можуть служити установки Палаців спорту в Китаї, виконані до Олімпійських ігор 2008 року. Перемиканням груп світильників забезпечуються необхідні режими освітлення для різних видів змагань (рисунки 1.38, 1.39, 1.40, 1.41, 1.42, 1.43).

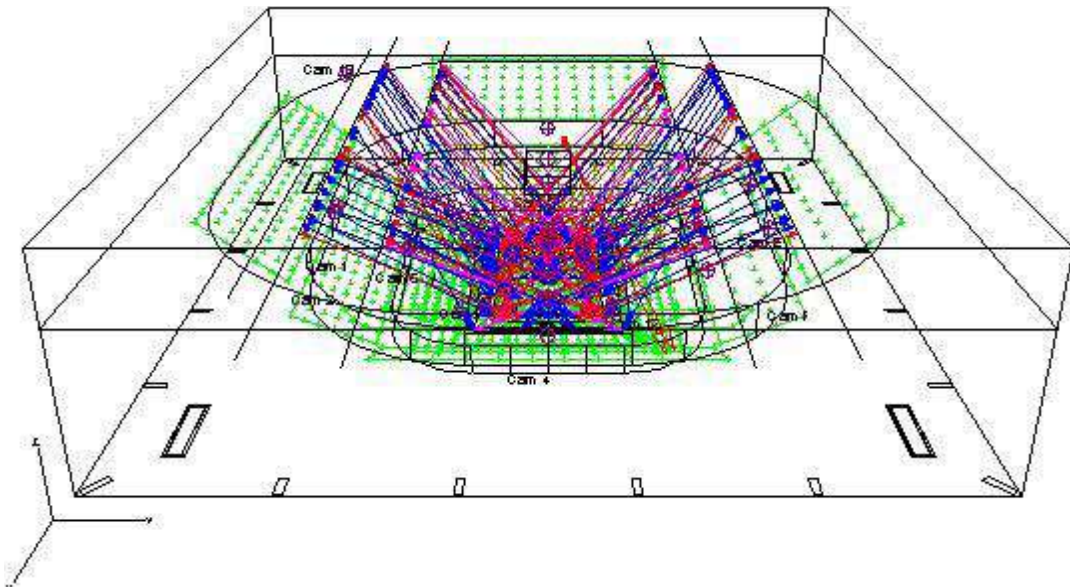


Рис. 1.38 – Критий стадіон «Вукесон WIS» в Пекіні на 18000 місць (баскетбол).

Освітлення виконано таким чином:

освітлення майданчика: 140 шт Arena Vision 1000Вт,

освітлення трибуни: 108 шт RVP350 400Вт,

освітлення тренувального майданчика: 44 шт MDK900 SP 1000Вт



*Кількість прожекторів, що
освітлюють поле:
130 шт Arena Vision 1000 Вт*

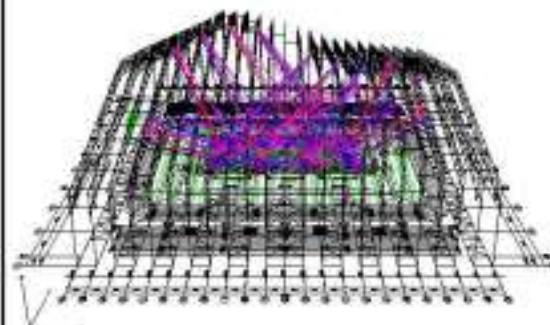


Рис. 1.39 – Китайський сільськогосподарський інститут на 8500 місць (6000 фікс. місць, 2500 тимчасових місць) (боротьба).

*Освітлення трибуни: 40 шт MMF383 400Вт,
освітлення тренувального майданчика: 48 шт MDK900 400Вт*



*Кількість прожекторів, що
освітлюють поле:
134 шт Arena Vision 1000 Вт*

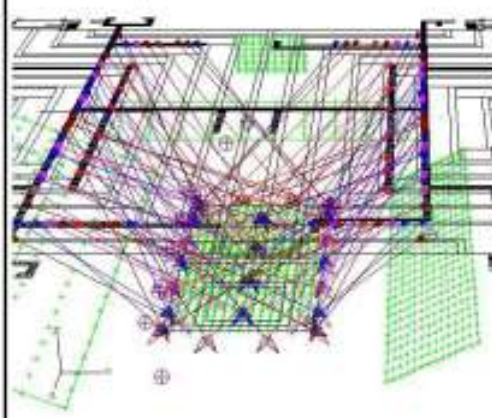


Рис. 1.40 – Пекінський університет науки і технології (STG) на 8012 місць (4080 фікс.місць, 3932 тимчасових місць) (дзюдо і теквондо)



*Кількість прожекторів, що
освітлюють поле:
134 шт Arena Vision 1000 Вт*

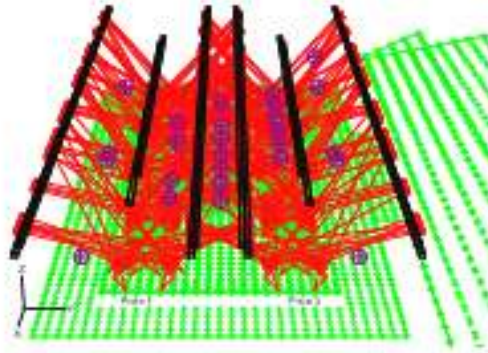


Рис. 1.41 – Фехтувальний зал FCH на 5900 місць.
Освітлення майданчика: 134 шт ArenaVision 1000Вт.
Освітлення трибуни: 204 RVP350 400Вт



*Кількість прожекторів, що
освітлюють поле:
104шт Arena Vision 1000 Вт*

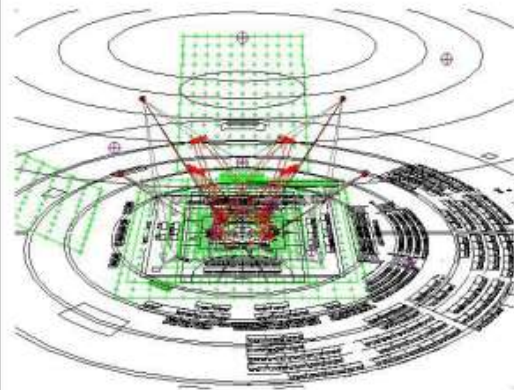


Рис. 1.42 – Пекінський палац спорту трудящих (WIA) на 13000 місць
(12000 фікс. місць, 1000 тимчасових місць) (бокс)



Рис. 1.43 – Пекінський університет (PKG) на 8000 місць (6000 фікс. місць, 2000 тимчасових місць) (настільний теніс)

У рамках проекту по освітленню футбольних стадіонів на Україні і в Польщі для проведення Євро 2012, компанія `Philips` реалізувала систему освітлення для НСК «Олімпійський». Цей проект поєднує рішення для функціонального і декоративного освітлення, що дозволяє створювати ефект «вогняного кільця», охоплюючого дах спортивного комплексу.



Рис. 1.44 – НСК «Олімпійський» (м. Київ) на 68 055 місць (футбол і легка атлетика). Освітлення стадіону – 608 шт. Arena Vision 2000 Вт, з яких 380 шт. – «вогняне кільце», 228 шт. – безпосередньо під кривлею

Контрольні питання до розділу 1

1. Вимоги до освітлення спортивних споруд при проведенні телевізійних зйомок і трансляцій.
2. Рівнева класифікація різних змагань і відповідної їм освітленості. Навести основні класи і вимоги до них.
3. Навести регламентовані показники умов освітлення спортивних об'єктів. Які з них використовують при моделюванні падіння світла на тіла гравців?
4. З якою метою нормується рівномірність освітленості як у вертикальній, так і у горизонтальній площині?
5. Що таке градієнт освітлення?
6. Назвіть параметр, що оцінює сліпучу дію освітлювальної установки.
7. Пояснити поняття заважаючого світла. В яких якостях виявляється це світло? Назвіть його основні елементи.
8. Які джерела світла використовуються для освітлення спортивних споруд? Які вимоги до них ставляться?
9. Назвіть основне призначення освітлювальних установок відкритих споруд. Яким чином можна одержати високий контраст об'єкту спостереження з фоном при освітленні відкритих споруд?
10. Чим характеризується сліпуча дія освітлювальних приладів?
11. Яка найпоширеніша система освітлення стадіонів для гри в футбол?
12. Де розміщуються прожекторні щогли за наявності трибун для глядачів?
13. Яким чином реалізується освітлення спортивних споруд при лінійній системі освітлення?
14. Для освітлення яких спортивних споруд може бути застосована установка верхньо-бічного світла з нахилено встановленими світильниками світильниками концентрованого світлорозподілу?
15. Яка система освітлення велотреків? Її особливості.
16. Для освітлення яких спортивних споруд використовується метод «сухих» ніш? У чому його сутність?
17. В чому полягають вимоги до освітлення закритих спортивних споруд?
18. Наведіть основні системи освітлення закритих спортивних споруд.
19. Що являє собою система відбитого світла закритих спортивних споруд?
20. Яка система освітлення повинна застосовуватися для ігрового спортивного залу?