

ТУНЕЛНА ОСВЕТИТЕЛНА УРЕДБА В ГРАД "ПЛОВДИВ" С ПЛАВНО РЕГУЛИРАНЕ НА ЯРКОСТТА НА ВХОДНАТА ЗОНА

Красимир Велинов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, krasiv@satline.net

РЕЗЮМЕ. В доклада е описана реконструкцията на транспортен тунел намиращ се в град Пловдив под централния площад и пощата. Тунелът е част от важна транспортна артерия в центъра на града с голяма интензивност на движението. Проектирането е извършено на базата на новия европейски стандарт за тунелни осветителни уредби.

LIGHTING DESIGN OF TUNNEL ON THE CITY "PLOVDIV" WITH PROPORTIONAL CONTROL

Krasimir Velinov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, krasiv@satline.net

ABSTRACT. The paper presents the results of an implemented project of the lighting and controlling systems for the tunnel, situated on the city "Plovdiv". The design is based on the last European standards and requirements for tunnel lighting, as well on the contemporary technical and technological decisions.

1. Въведение

Осветителната уредба на пътен тунел е сложно съоръжение. При проектирането на такава уредба трябва да се съобразяват много и сложни изисквания. В доклада е описана реконструкцията на транспортен тунел намиращ се в град Пловдив под централния площад и пощата. Тунелът е част от важна транспортна артерия в центъра на града с голяма интензивност на движението. Първоначално осветителната уредба на тунела е изградена с аксиални улични осветители без ясно оформена входна зона. Поради несъответствие на осветителната уредба със нормативните изисквания (БДС 16103-83; Норми за..., 1988; CEN CR 14380:2003; CIE..., 1990) беше извършена реконструкция на тунела.

2. Описание на обекта

Тунелът е с една тръба с две ленти за всяка посока на движение, всяка със ширина 4.2 m. Максималната височина е 4,8 m. Тунелът е в завой с дължина по оста на северното платно 245 m и 283 m – за южното платно. От входа не се вижда изхода. Стените на тунела са изградени от вертикални бетонни панели с ширина 1.3 m. Таванът е от положени напречно на посоката на движение 2Т-панели. Настилка на пътя е асфалтова, която съобразно своите светлотехнически характеристики се отнася към клас R3 с $q_0 = 0,07 \text{ cd/m}^2/\text{lx}$. Максималната допустима скорост на движение на моторните превозни средства е 60 km/h. Интензивността на движение е от 100 до 1000 мпс/h. Липсва разделителна ивица.

3. Осветителна уредба на тунела

3.1. Проучване на светлинния климат пред входа на тунела

Тунелът е изграден в посока изток – запад. В летен слънчев ден бяха измерени следните яркости пред входа на тунела показани на фигура 1 и фигура 2.

Обработката на данните показва, че максималната средна яркост пред двата входа на тунела е приблизително еднаква и няма да надхвърли 4000 cd/m^2 .

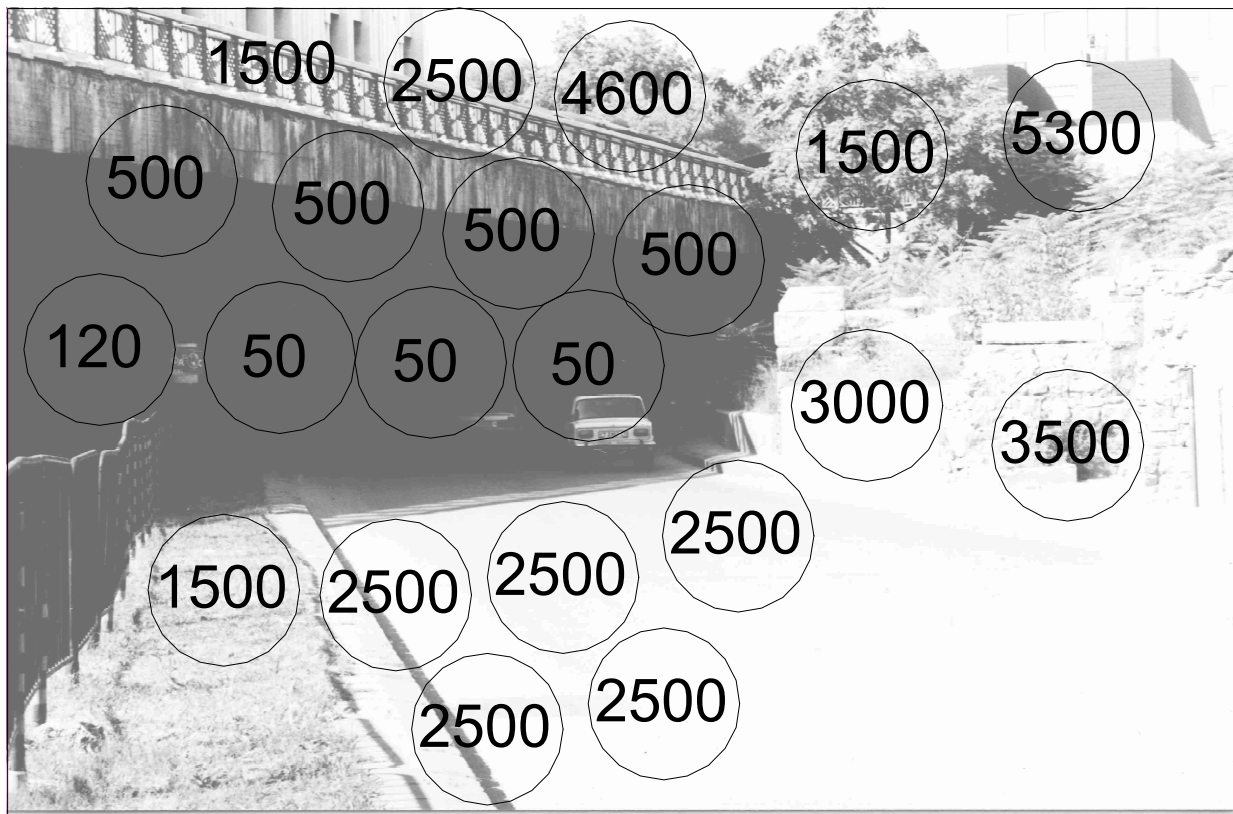
3.2. Определяне на входната яркост

Съгласно действащия у нас стандарт за тунелно осветление и prEN/CEN/TC169/WG6, за входните зони на тунела следва да се реализира яркост - $L_{vx} = 120 \text{ cd/m}^2$ за двата входа.

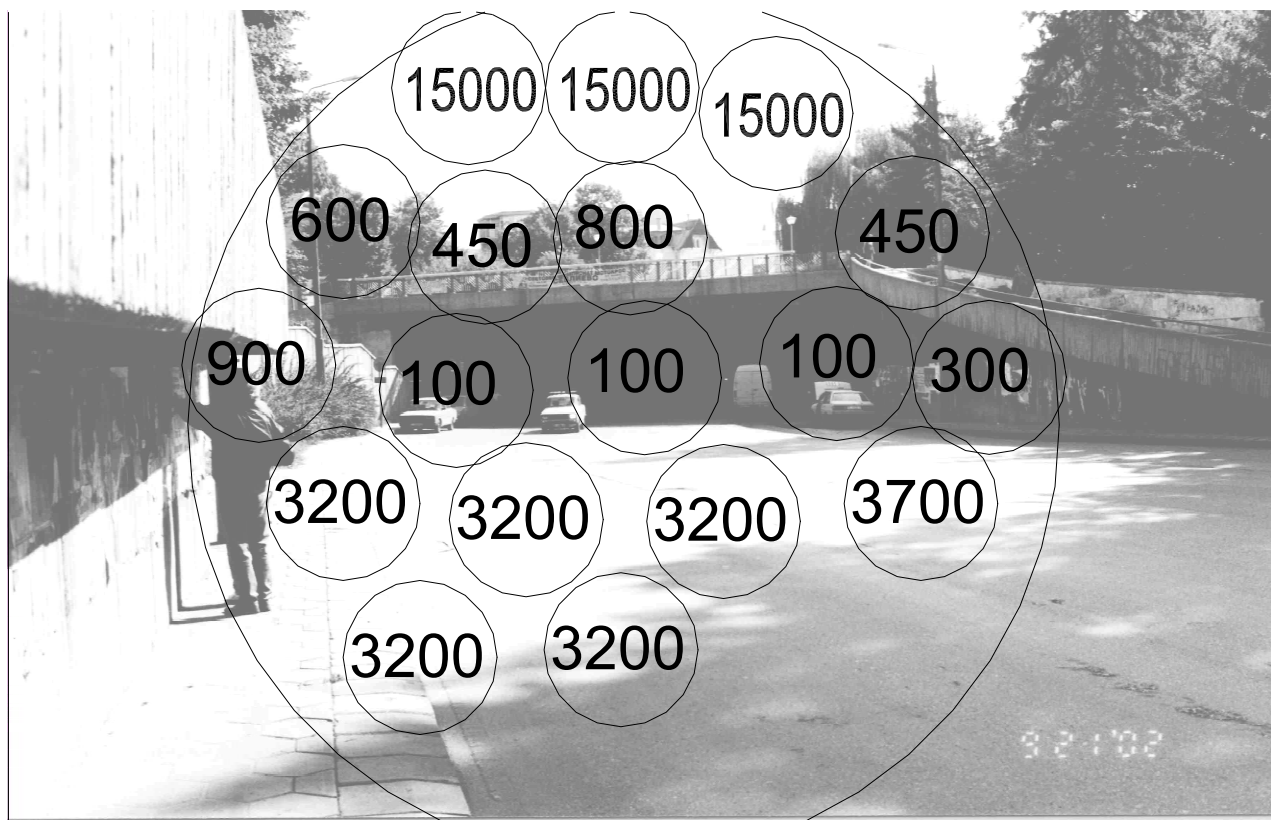
Във вътрешната зона на тунела трябва да се реализира средна яркост на пътното платно $L_{vx.3} = 4 \text{ cd/m}^2$. В нощен режим, чрез превключване на двоен дросел в осветителите, средната яркост на пътното се намалява до 2 cd/m^2 .

3.3. Избор на светлотехническо решение

За осветлението се използва насрещна система на осветление, която е значително по-икономична. Използвани са корозионно-устойчиви осветители, изработени от екструдирания алуминий със степен на защита IP-65.

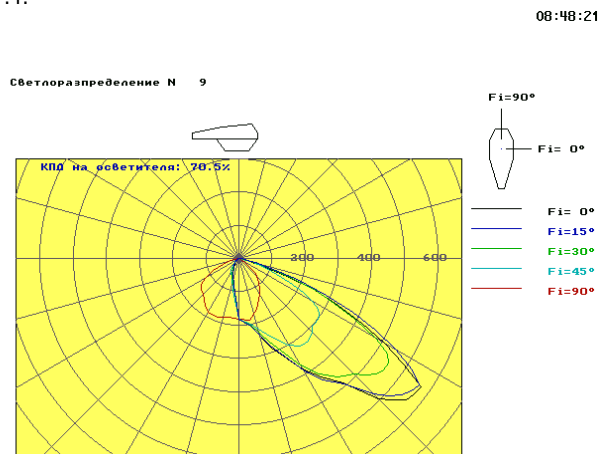


Фиг.1. Тунел под пощата - източен вход. Измерена яркост пред входа на тунела.

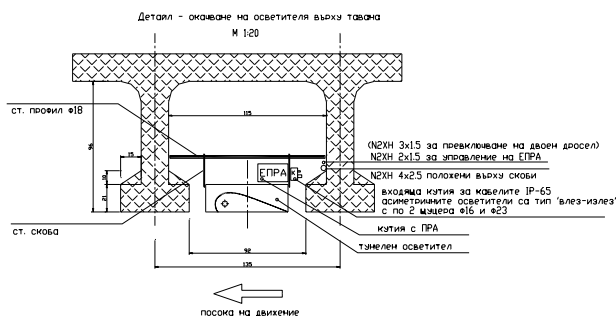


Фиг.2. Тунел под пощата - западен вход. Измерена яркост пред входа на тунела.

Примерно светлоразпределение на осветителя е показано на фиг.3. Като светлинни източници се използват НЛВН 150, 250 и 400 W.SON T+ 3а входната и преходната зона на тунела осветителите са с асиметрично - насрещно на посоката на движението излъчване, а за вътрешно тунелната зона, както и нощното и полунощното осветление излъчването на осветителите е симетрично. Осветителите са разположени в кухините между 2Т-панелите, като предпазното стъкло е на височина 4.8 м, т.е на височината, на която е долният край на бетонните греди на тавана. Детайл за окачване на осветителите е показан фиг.4.



фиг.3. Светлоразпределение на осветителите във входната зона



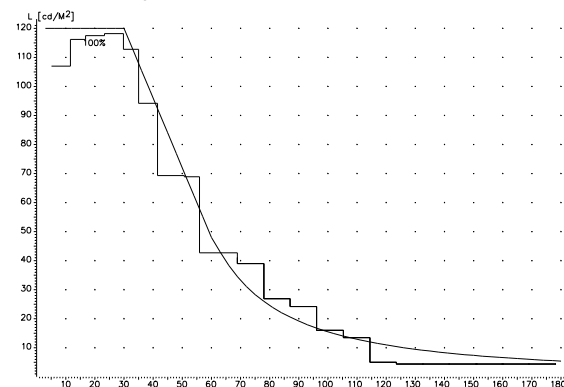
фиг.4. Схема на закрепване на осветителите

Осветлението на входните зони на тунела се осъществява с 42 броя осветители с асиметрично излъчване за всяка от посоките на движение и общо 57 броя осветители със симетрично излъчване – за основното осветление на тунела. Общият брой на осветителите е 141. За осветление на спирката до западния изход на тунела са предвидени 6 броя осветители (прожектори) със 150 W метал-халогенни лампи и степен на защита IP-54. Общата инсталирана мощност е 44,8 kW.

3.4. Избор на схема на включване на осветителите

За осветление на адаптацията и преходната зони на двата входа на тунела се използват осветители на фирма ДЕНИМА-2001 ООД с електронна пусково-регулираща апаратура (ЕПРА) с плавно регулиране на интензитета на светене на лампите от 20 до 100%. Във входната и

преходната зона захранването на осветителите е секционирани на три трифазни токови кръга. Сигналът за управление на осветлението постъпва по точностотен кабел 2x0.75mm² от контролер, монтиран в табло управление. Реализираните яркости за входната и преходната зона за максималната степен на включване, в зависимост от разстоянието от входа на тунела е показана на фиг.5.



фиг.5. Разпределение на яркостта във входната и преходната зона на тунела.

За разлика от осветителните уредби в аналогични тунели [5, 6], в настоящата уредба се използват осветители с плавно регулиране на светлинния поток. При промяна на управляващия сигнал, съответно яркостта се променя от 100 до 20% от нея.

За нощното и полунощно осветление на тунела се използват осветители със симетрично излъчване и 150W НЛВН с конвенционална пусково-регулираща апаратура с двоен дросел. Осветителите са разположени по оста на платното за движение, за да се осъществява оптично водене. Превключването между нощен и полунощен режим се осъществява чрез превключване на двойния дросел, с което се реализират яркости на пътното платно съответно 4 и 2 cd/m². Сигналът за превключването на дроселите се подава от контролера и минава през контактор в табло осветление. Същият сигнал се подава по захранващия кабел 6x4 mm², като шести проводник. Монофазните отклонения се осъществяват с кабел 4x2.5 mm² като четвъртия проводник е управляващ.

Светлотехническите изчисления са извършени с програмата EPTUN 2.1 (Програмен продукт за... 1995).

4. Управление на осветлението

Преминаването на водача на МПС през тунела е свързано с голямо натоварване на зрителния анализатор. Натоварването е свързано с бързата преадаптация на око от високата яркост пред входа на тунела до яркостта на вътрешно-тунелната зона. Най-тежкият случай е при ясен слънчев ден през зимата и наличие на снежна покривка. За да се извърши зрителната адаптация, на входа на тунела осветителната уредба е реализирана входна и преходна зона. Разположението на осветителите е такова, че да се реализира промяна на яркостта на пътното платно по определен закон.

Максималната степен се включва, когато пред входа на тунела е най-светло. Тя е изчислена да реализира максимално 120 cd/m². Когато външната яркост не е така голяма (при облачно време и смрачаване), с помощта на регулируемото ЕПРА се намалява интензитета на светене на лампите пропорционално на входния сигнал. Коефициента на пропорционалност се задава таблично. Тъй-като половината от мощността за осветление е съсредоточена във входната и преходната зона, наличието на управление на осветлението би довело до големи икономии на електроенергия.

За настоящият тунел управлението на осветлението се осъществява с микропроцесорен контролер, разположен в табло управление. Входния сигнал за измерената яркост в зоната на приближаване се получава от два яркомера монтирани на спирачното разстояние пред входовете на тунела. От източната страна яркомера се монтира с помощта на метална скоба на височина 3м от тротоара (около 4.5м от пътното платно). От западния вход страна яркомера се монтира с помощта на метална скоба на височина 4.5м на бетонна колона под моста.

Съгласно документът на CIE № 88/1990 яркомерите се монтират в зоната на приближаване, на разстояние пред входа на тунела, равно на спирачния път, на стълб с височина 4.5 - 5.0 m. Яркомерът е с ъглово поле на измерване на яркостта - 20°, с оптическа ос, насочена към средата на входа на тунела. В качеството на приемник се използва силициев фотоелемент със спектрална чувствителност близка до тази на човешкото око и интегрираща сфера, осредняваща яркостта в наблюдаваното ъглово поле.

Корпусът на яркомера е обработен с високоустойчиви на атмосферни влияния антикорозионни средства. Допълнителен екран-сенник от неръждаема стомана защитава яркомера от пряко попадане на слънчева светлина и на светлина от изкуствен източник, както и предпазва допълнително от атмосферни влияния (дъжд, сняг, птици и др.). Във вътрешния обем на яркомера с помощта на терморегулатор се поддържа постоянна работна температура, осигуряваща оптимален и постоянен режим на работа на електронните елементи и предпазване от обледеняване и изпотяване на стъклото. Калибрирането на яркомера се извършва в лабораторни условия и на мястото на монтиране.

От яркомера излиза унифициран токов сигнал 4 - 20 mA с ширмован тончестотен кабел. Този сигнал се филтрира и обработва по цифров път в съответствие със заложения алгоритъм за управление на осветлението на тунела от контролера. Захранването на яркомера се осъществява с отделен кабел СВТ 3х1.5 от ТО-1 до клемната кутия на яркомера. Монтажът на яркомера върху стълба се осъществява с конзола, позволяваща насочването му във

вертикалната и хоризонталната равнина. Допълнително е монтиран заземител $R < 10$ ома.

Контролерът е реализиран на микропроцесорна основа с използване на съвременна елементна база, гарантираща високи експлоатационни характеристики и надеждност.

Управлението на осветлението от системата яркомер-контролер се осъществява като се отчитат и такива фактори като: време необходимо за разгаряне на лампите, времезадръжка при два последователни прехода от една степен в друга, времезадръжка при кратковременни изменения на адаптационната яркост, следене хода на изменение на яркостта - нарастване или намаляване и други.

Технически характеристики на яркомерите:

- диапазон на измерване - 0 ÷ 3500 (6500, 10000) cd/m²;
- приемник - силициев фотодиод, $V(\lambda)$ корекция;
- ъглово поле на измерване - 20°;
- точност - $\pm 3\%$;
- унифициран токов изход - 4 ± 20 mA;
- захранване - 220 V;
- температурен диапазон на работа - - 30°C до + 40°C;
- максимално външно съпротивление в токовия кръг ($R_{\text{линия}} + R_{\text{товар}}$) - 600 Ома;
- темпериране - 18 W с терморегулатор;
- окачване - с болт М10, с 2 ст. на свобода.

Автоматизираната система се състои от следните функционални блокове:

- два броя яркомери с 20° ъглово поле на наблюдение;
- информационно – управляващо табло, с възможност за визуализация на работещите степени от уредбата и работа в автоматичен и ръчен режим;
- полев входно-изходни модули – логически контролери.

5. Резултати и препоръки

Описаната реконструкция на тунелна осветителна уредба беше извършена в началото на 2004 година. Измерените количествени и качествени показатели съответстват на изчислените. Използването на осветители с електронна пусково-регулираща апаратура и плавно управление на светлинния поток е първи опит в прилагането на такъв тип регулиране на яркостта на входната зона. За първи път се въвежда и допълнителен режим на намаляване на яркостта във вътрешно-тунелната зона в слабо натоварените нощни часове. Всички тези мерки довеждат до намаляване на консумацията на електроенергия. На фиг. 6. е показана реализираната осветителна уредба



фиг.6. Снимка на реализираната уредба

Литература

БДС 16103-83. Осветление на тунели. Технически изисквания;
 Норми за проектиране на пътни и железопътни тунели 1988;
 CEN CR 14380:2003 "Lighting application – Tunnel lighting".
 CIE. Technical Report, Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses. Publication № 88, 1990.

Велинов К., Х. Христов, Н. Лазарова. Енергоефективна осветителна уредба. "Енергетика", София, 1/2000.

Христов Х., К. Велинов, М. Шаферски. Нови осветителни уредби с автоматично управление в пътните тунели "Железница" и "Кресна" от международен път Е97. "Пътища", София, 1/2002.

EPTUN 2.1 – Програмен продукт за проектиране на тунелни осветителни уредби. Техническо описание. СД "ЕЛЕКТРОПРОГРАМА", София 1995 г.

Препоръчана за публикуване от
 Катедра "Електрификация на минното производство", МЕМФ