УДК 628.941—712

СВЕТИЛЬНИКИ С ПНЕВМОЗАЩИТОЙ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Канд. техн. наук Ю. Б. Айзенберг, А. В. Гунчев, канд. техн. наук Г. М. Кнорринг, инженеры О. Б. Ладыка, И. И. Несторович

Всесоюзный светотехнический институт, ЛО ГПИ Тяжпромэлектропроект, п/о «Ватра»

Эксплуатация светильников с лампами накаливания и ДРЛ в тяжелых и особо тяжелых условиях среды связана с интенсивным загрязнением их оптических систем, в результате чего за незначительное время резко падает к. п. д. и деформируется кривая силы света, что приводит к существенному снижению эффективности осветительных установок. Технико-экономические характеристики таких установок особенно низки при затрудненности доступа к светильникам для их очистки и замены ламп.

Используемые для освещения производственных помещений полностью пыленепроницаемые светильники работают в условиях тяжелого теплового режима [Л. 1]. В результате этого снижается надежность и срок службы приборов и ламп, особенно при высокой температуре воздуха (до 70—80 °С) в зоне расположения светильников [Л. 2, 3]. Максимальная мощность полностью пыленепроницаемых светильников (типов ППД2 и ППД), выпускаемых промышленностью, не превышает 500 *вт*, в то время как для помещений значительной высоты и для создания достаточно высоких уровней освещенности необходимы светильники с лампами накаливания, ДРЛ и ДРИ мощностью 1 000—2 000 *вт*. Следует отметить, что производство рациональных полностью пылезащищенных и пыленепроницаемых светильников с лампами таких мощностей, разработанных на основе известных принципов конструирования, весьма затруднительно. В связи с этим ВНИСИ совместно с головным предприятием п/о «Ватра» при участии ЛО ГПИ Тяжпромэлектропроект были проведены исследования возможности создания принципиально новых типов открытых светильников с мощными лампами и пневмозащитой внутренней полости от загрязнения при одновременном охлаждении теплонапряженных элементов (лампы, патрона, проводов).

Впервые идея создания продуваемых светильников с лампами накаливания и ДРЛ для производственных помещений с сильно загрязненной средой была высказана Е. В. Маховым в 1961 г. [Л. 4]. Для ее реализации требовалось предварительно решить ряд новых в области промышленных светильников задач, в частности провести исследовательские работы по определению рациональных схем продува, выбору эффективных расходов воздуха, его давления и других параметров, а также разработать метод оценки различных вариантов конструкций продуваемых светильников.

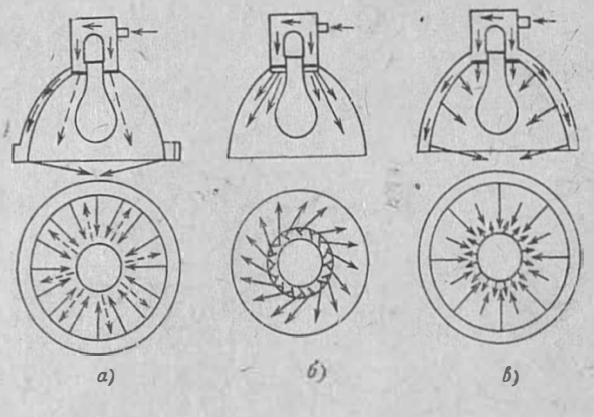

Рис. 1. Некоторые принципиальные аэродинамические схемы продува сжатым воздухом.

а — «сплошная» воздушная завеса по периметру выходного отверстия с дополнительным верхним поддувом; *б* — верхний продув из щелей, развернутых на 45° к оси симметрии светильника и на 60° по отношению к выходному отверстию; *в* — продув из отверстий, расположенных в шахматном порядке, по поверхности отражателя.

В ходе проведенной работы исследовались как конструкции светильников, продуваемых воздухом от системы приточной вентиляции, так и конструкции, предназначенные для подключения к пневмосистеме сжатого воздуха. Обе эти системы или одна из них существуют на большинстве промышленных предприятий и поэтому представляло интерес определить эффективность каждого из вариантов пневмозащиты.

Таблица 1

Название светильника	Тип светильника	Мощность лампы, *вт*		Расход воздуха на светильник, $м^3/ч$	Коэффициент сопротивления	Давление сжатого воздуха, $кг/см^2$	Способ установки светильника	Способ подключения к воздушной системе
		накаливания	ДРЛ					
„Ветерок-1“	НСП90×1500	750—1 500	—	150—250	3	—	На фланец воздухоотвода, на монтажный профиль	К фланцу воздухоотвода, к гибкому металлорукаву диаметром 100 *мм* с фланцем
	РСП90×1000	—	400—1 000	150—250	4	—	То же	То же
„Ветерок-2“	НСП91×1500	750—1 500	—	5—7	—	1—2	На крюк, на монтажный профиль, на трубу $^3/_4''$	Гибкий резиновый шланг с внутренним диаметром 18 *мм*
	РСП91×1500	—	400—1 000	5—7	—	1—2	То же	То же

Исследования различных конструкций продуваемых и контрольных светильников проводились в специальной камере, имитирующей особо тяжелые условия среды, по разработанной методике форсированных испытаний. В частности, в камере были исследованы при разных расходах и давлении воздуха варианты воздухораспределительных устройств, некоторые принципиальные схемы которых представлены на рис. 1 и 2. По результатам испытаний были выбраны наиболее рациональные конструктивные схемы (рис. 2) продуваемых светильников (рис. 3), получивших название «Ветерок» [Л. 5] («Ветерок-1» — для подключения к системе вентиляции и «Ветерок-2» — для подключения к системе сжатого воздуха), и эффективные режимы продува, приведенные в табл. 1. В этой же таблице даны основные технические характеристики разработанных светильников, соответствующих ТУ 16.535.239-69, вес светильников около 6 *кг*.

На рис. 4 представлены построенные по усредненным данным форсированных испытаний кривые изменения значений к. п. д. опытных образцов светильников «Ветерок» с лампами накаливания мощностью 1 000 *вт* и контрольных светильников типов УПД-1000 (частично пыленепроницаемый светильник с той же светотехнической схемой) и ППД2-500 (полностью пыленепроницаемый с защитным стеклом). Как видно из рис. 4, значения к. п. д. светильников «Ветерок-1» (при расходе воздуха 200 $м^3/ч$) и «Ветерок-2» (при давлении сжатого воздуха 1,5 $кг/см^2$) снижаются незначительно — соответственно на 7 и на 9% за период испытаний. С уменьшением величины давления сжатого воздуха до 1,0 и 0,5 $кг/см^2$ для светильников «Ветерок-2» этот спад к. п. д. начинает увеличиваться до 13 и 17% соответственно. Снижение к. п. д. у контрольных непродуваемых светильников было весьма значительным и составляло 28% для светильника типа ППД2-500 и 38% для УПД-1000.

Таким образом, благодаря рациональному продуву новых светильников чистым воздухом обеспечивается эффективная пневмозащита от загрязнения оптической системы, в результате чего их к. п. д. снижается почти в 3 раза медленнее, чем у светильников без пневмозащиты, иными словами, эксплуатационный к. п. д. продуваемых светильников соответственно на 20% и на 30% больше, чем к. п. д. закрытых (ППД2) и открытых (УПД) светильников.

Кроме того, в результате продува резко снижается температура всех элементов светильников. На рис. 5

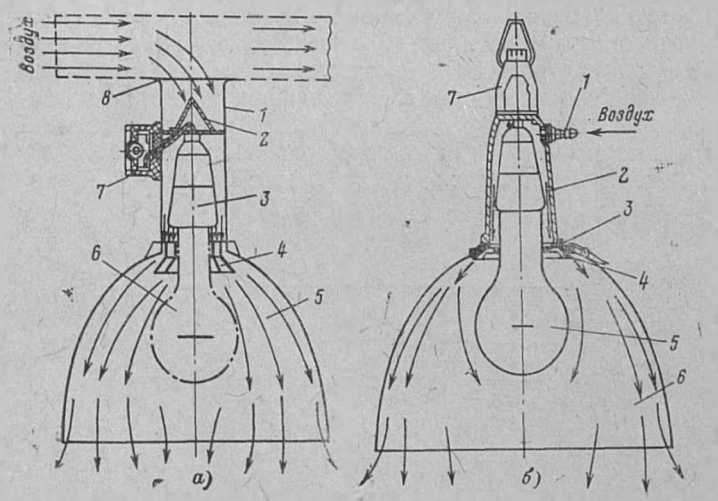

Рис. 2. Конструктивные схемы светильников «Ветерок».
а — «Ветерок-1», подключаемый к системе приточной вентиляции; *1* — корпус; *2* — обтекатель; *3* — патрон; *4* — воздухораспределительное устройство; *5* — отражатель; *6* — лампа; *7* — клеммное устройство; *8* — фланец;
б — «Ветерок-2», подключаемый к пневмосистеме сжатого воздуха: *1* — штуцер; *2* — корпус-камера; *3* — резиновая диафрагма; *4* — воздухораспределительное устройство; *5* — лампа; *6* — отражатель; *7* — узел ввода проводов и подвеса.

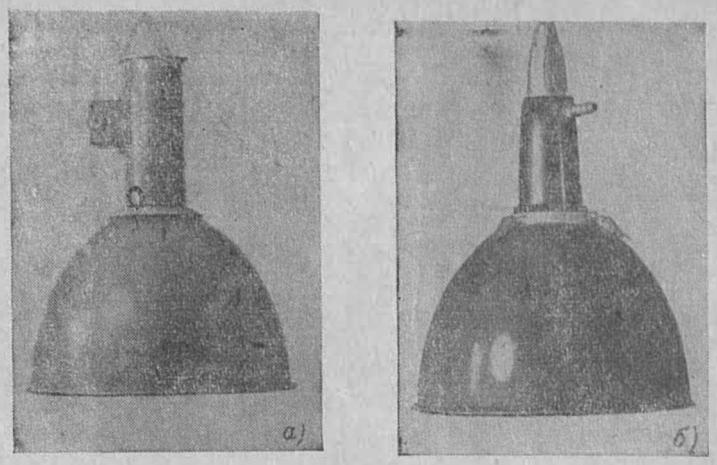

Рис. 3. Общий вид светильников «Ветерок».
а — «Ветерок-1»; *б* — «Ветерок-2».

приведены усредненные значения превышения температуры на наиболее характерных элементах светильников с лампами максимальной мощности (лампа накаливания 1 500 *вт* и ДРЛ 1 000 *вт*). Как видно из рис. 5, температура наиболее теплонапряженных элементов у продуваемых светильников снижается в 2—6 раз по сравнению с контрольными.

Наряду с лабораторными исследованиями опытные образцы светильников «Ветерок» были подвергнуты длительным эксплуатационным испытаниям на промышленных предприятиях. С этой целью на Уральском алюминиевом заводе (УАЗ), Череповецком металлургическом заводе (ЧМЗ) и московском чугунолитейном заводе «Станколит» были созданы шесть небольших экспериментальных и осветительных установок (по 3—5 продуваемых светильников и 2—3 контрольных в каждой установке).

Во время испытаний осуществлялись общее наблюдение за установками и регистрация всех отказов в продуваемых и контрольных светильниках. В начале и конце испытаний основная часть светильников подвергалась фотометрированию, а об изменении светотехнических характеристик остальных светильников судили по результатам измерений освещенности под этими светильниками.

На УАЗ испытания проводились с двумя группами светильников, одна из которых подвергалась двум циклам испытаний по 1 300 и 1 500 *ч*, вторая же группа непрерывно работала 2 800 *ч*.

Результаты сравнительных испытаний светильников «Ветерок-2» (при давлении воздуха 1,5 $кг/см^2$) и УПД-1000 приведены в таблицах 2 и 3. Из таблиц видно, что суммарное абсолютное снижение к. п. д. соответственно для продуваемых и контрольных светильников составляет 21 и 37% (в 1,8 раза больше для контрольных), в том числе за счет загрязнения опти-

Таблица 2

Исследованный вариант, условное обозначение к. п. д.	Значения к. п. д. светильника „Ветерок-2", %	Значения к. п. д. светильника УПД-1000, %
Новые светильник и лампа, η_1	79,0	79,5
Светильник с загрязненными отражателем и рабочей лампой, η_2	58,0	42,5
Светильник с загрязненным отражателем и очищенной рабочей лампой, η_3	63,5	50,0
Светильник с очищенными отражателем и рабочей лампой, η_4	67,5	69,5

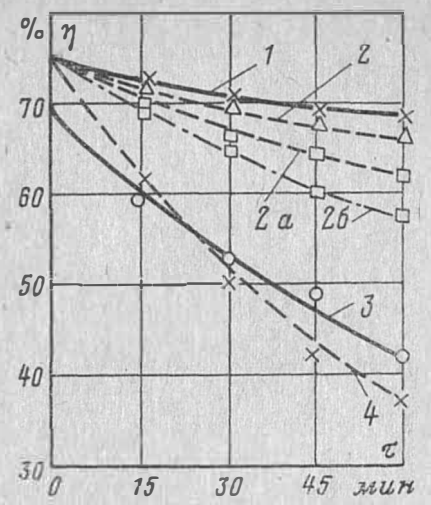

Рис. 4. Изменение к. п. д. светильников в процессе испытаний в камере.

1 — «Ветерок-1» (Q=200 *м³/ч*); *2* — «Ветерок-2» (P=1,5 *кг/см²*), *2,а* — «Ветерок-2» (P=1,0 *кг/см²*), *2,б* — «Ветерок-2» (P=0,5 *кг/см²*); *3* — ППД2-500; *4* — УПД-1000.

ческой системы — 9,5 и 27% (в 2,8 раза больше для контрольных), при этом за счет ухудшения параметров отражателя — 4 и 19,5% (в 4,9 раза больше для контрольных). Снижение светового потока ламп накаливания в процессе испытаний в среднем составило около 10% для каждого из сравниваемых вариантов.

Как видно из приведенных цифр, наибольшее снижение к. п. д. у контрольных непродуваемых светильников происходит за счет загрязнения отражателя и в гораздо меньшей степени — за счет загрязнения лампы. Наряду с этим необходимо отметить, что снижение средних значений силы света в пределах углов 0—35° для продуваемых и контрольных светильников оказалось весьма различным (соответственно составляло 11 и 35%, что в 3,2 раза больше для контрольных). Это свидетельствует о значительно меньшей деформации кривой силы света продуваемых светильников.

На рис. 6 представлены кривые изменения значений к. п. д. светильников «Ветерок-2» и УПД-1000 в процессе загрязнения при эксплуатации. Из рисунка и приведенных выше данных видно, что эксплуатационный к. п. д. в процессе испытаний на экспериментальной установке УАЗ у продуваемых светильников на 16% больше, чем у контрольных (т. е. разница в к. п. д. уменьшилась примерно в 1,8—2 раза, чем при испытаниях в камере). Можно предположить, что при соответствии параметров воздуха требованиям ГОСТ 11682-66 результаты оказались бы значительно выше полученных.

Необходимо отметить, что при создании и эксплуатации экспериментальных установок имели место существенные затруднения с обеспечением необходимого качества вентиляционного воздуха, вызванные отсутствием на установках специальных фильтров для его очистки. Это несколько снизило полученные результаты.

В табл. 4 приведены данные измерения освещенности под продуваемыми и контрольными светильниками в начале и конце испытаний (освещенность от чистых и загрязненных светильников $E_ч$ и $E_з$) на литейном дворе одной из домен ЧМЗ, в агломерационном цехе ЧМЗ, на литейно-механическом плаце УАЗ и в литейном цехе завода «Станколит». Контрольными были светильники типа Гэ-1000 и УПД-1000.

Эксплуатационные испытания подтвердили значительные преимущества продуваемых светильников, однако они не выявили, какая из двух конструкций светильников «Ветерок» наиболее эффективна.

Из табл. 4 видно, что относительное снижение освещенности от контрольных светильников Гэ и УПД

Таблица 3

Фактор, обусловивший снижение к. п. д.	Доля потерь к. п. д. светильника „Ветерок-2", %	Доля потерь к. п. д. светильника УПД-1000, %
За счет загрязнения оптической системы ($\eta_4-\eta_2$)	9,5	27,0
За счет загрязнения отражателя ($\eta_4-\eta_3$)	4,0	19,5
За счет загрязнения лампы ($\eta_3-\eta_2$)	5,5	7,5
За счет снижения светового потока рабочей лампы ($\eta_1-\eta_4$)*	11,5	10,0
Абсолютное суммарное снижение ($\eta_1-\eta_2$)	21,0	37,0

* При условии полного восстановления свойств отражателя после очистки, что имело место для силикатной эмали.

в среднем оказалось на 20% больше, чем от продуваемых за 6 месяцев непрерывной работы на ЧМЗ и 5 месяцев испытаний на УАЗ и на 15% больше за 4 месяца при двухсменной работе на заводе «Станколит».

Как показал осмотр светильников после испытаний, отражатели продуваемых осветительных приборов были значительно чище, чем контрольных, при этом отражающие свойства светильников с пневмозащитой восстанавливались быстрее и лучше [Л. 6]. У светильников типа «Ветерок-2» резиновая диафрагма, выполняющая ответственную функцию герметизации корпуса-камеры, особых изменений не претерпела, однако в целях дальнейшего повышения надежности ее работы (и прежде всего в непродуваемых контрольных светильниках УПД) представляется необходимым изготавливать ее из материала с теплостойкостью не менее 280—300 °С.

Эксплуатационные испытания показали, что реальный срок службы ламп накаливания, работавших в продуваемых светильниках, увеличился за счет облегчения теплового режима на 25—30% по сравнению со сроком службы ламп в контрольных светильниках.

Таким образом, положительные результаты эксплуатационных сравнительных испытаний опытных образцов светильников типа «Ветерок» подтвердили целесообразность применения светильников с пневмозащитой от загрязнения в помещениях с тяжелыми и особо тяжелыми условиями среды, к числу которых могут быть отнесены: литейные цеха в машиностроительной промышленности, доменные, мартеновские, конверторные цеха металлургической промышленности, агломерационные фабрики и фабрики окомкования, глиноземные заводы. Наряду с этим использование новых светильников может быть технико-экономически целесообразным в цементной, строительной, химической, пищевой (муко-

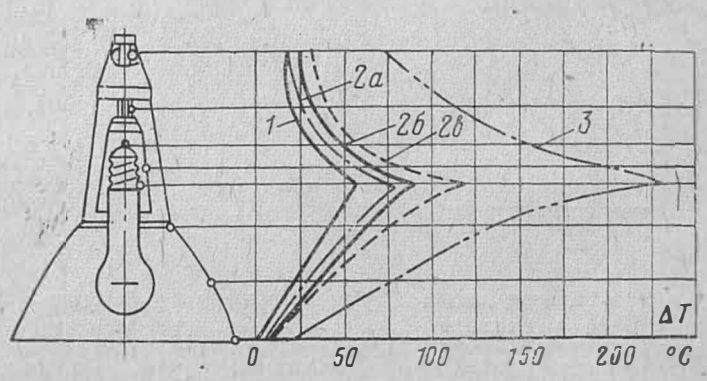

Рис. 5. Значения превышения температуры в наиболее характерных точках светильников.

1 — «Ветерок-1» (Q=200 *м³/ч*); *2* — «Ветерок-2» (*а* — P=1,5 *кг/см²*; *б* — 1,0 *кг/см²*; *в* — 0,5 *кг/см²*); *3* — контрольный.

Таблица 4

Предприятие, участок		„Ветерок-1"			„Ветерок-2"			Контрольные светильники			$\Delta E_к - \Delta E$, %
		$E_ч$, %	$E_з$, %	ΔE, %	$E_ч$, %	$E_з$, %	ΔE, %	$E_{к.ч}$, %	$E_{к.з}$, %	$\Delta E_к$, %	
Череповецкий металлургический завод	агломерационный цех	100	88	12	—	—	—	100	68	32	20
	литейный двор домны № 4	100	94	6	—	—	—	100	71	29	23
	то же	—	—	—	100	87	13	100	69	31	18
Уральский алюминиевый завод, литейно-механический плац		—	—	—	100	64	36	100	45	55	19
Московский завод „Станколит", литейный цех		—	—	—	100	79	21	100	65	35	15

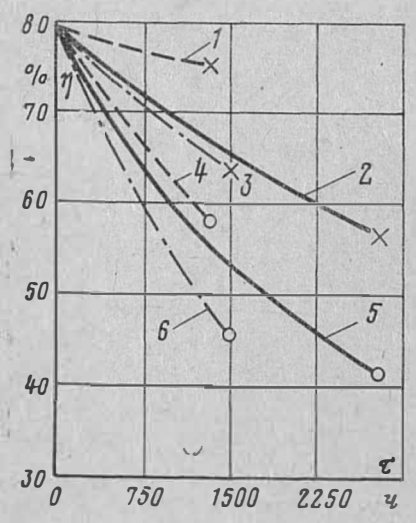

Рис. 6. Изменение к. п. д. светильников в процессе эксплуатационных испытаний (τ=1 300, τ=1 500, τ=2 800 *ч*).
1—3 — светильники «Ветерок-2» (P=1,5 *кг/см²*); *4—6* — светильники УПД-1000.

мольное производство) и других отраслях промышленности, а также в помещениях любого назначения, в которых доступ к светильникам сильно затруднен.

Комплексные расчеты технико-экономической эффективности от применения продуваемых светильников типа «Ветерок» показывают, что при их использовании можно получить значительный эффект (с учетом капитальных затрат на оборудование системы подвода и распределения воздуха, а также эксплуатационных расходов).

Выводы. 1. Разработанные конструкции светильников с пневмозащитой от загрязнения (с продувом) внутренней полости светильника чистым воздухом позволяют резко снизить интенсивность загрязнения отражающих поверхностей и колбы лампы. При этом обеспечивается повышение эксплуатационного к. п. д. светильников не менее чем на 15% по сравнению со светильниками без пневмозащиты, что позволяет либо увеличить интервалы между очистками светильников (не менее чем в 2 раза), либо уменьшить расчетный коэффициент запаса при проектировании установок, т. е. снизить их мощность.

2. За счет значительного снижения температуры на наиболее теплонапряженных элементах продуваемых светильников увеличивается реальный срок службы и эксплуатационная надежность светильников, срок службы ламп накаливания возрастает на 25—30%.

3. Вследствие меньшей вероятности попадания мелкодисперсных органических частиц пыли и газа, а также заметного снижения температуры отражателя, приводящего к ухудшению адгезии этих частиц с покрытием отражателя и замедлению полимеризации грязи, резко снижается трудоемкость очистки продуваемых светильников в помещениях с тяжелыми и особо тяжелыми условиями среды.

4. Благодаря наличию светильников с пневмозащитой от загрязнения и лампами большой мощности отпадает необходимость в применении дорогих полностью пыленепроницаемых светильников с лампами относительно малой мощности, имеющих меньшие значения к. п. д. и срока службы и более сложных в эксплуатации.

В заключение отметим, что экспериментальная установка на УАЗ была организована и ее испытания проводились лабораторией промышленного освещения ЦНИИПП (г. Березовск) под руководством И. Г. Файерштейн. Исследования светильников на литейном дворе домны № 4 УМЗ проведены коллективом экспериментального сектора ЛО ГПИ Тяжпромэлектропроект под руководством Э. М. Пельчинского. Большая помощь в организации экспериментальных установок была оказана руководством отделов главного энергетика ЧМЗ (М. Г. Теплитский и Б. Ф. Крылов), УАЗ (О. А. Аузинь), завода «Станколит» (И. Л. Кузьмин и Н. Д. Ульянов). Всем указанным товарищам и коллективам авторы выносят искреннюю благодарность

Список литературы

1. Айзенберг Ю. Б., Левина Л. Е. Тепловой режим промышленных светильников с лампами накаливания и ДРЛ. — «Светотехника», 1964, № 9, с. 1—9.
2. Шейдин С. А. Требования к осветительным приборам для предприятий черной металлургии. — «Светотехника», 1960, № 5, с. 25—26.
3. Шейдин С. А. Эксплуатационная оценка некоторых светильников в условиях работы в прокатных цехах. — «Светотехника», 1969, № 3, с. 18—21.
4. Махов Е. В. Обслуживание светильников в цехах промышленных предприятий. — «Светотехника», 1961, № 6, с. 26—27.
5. Айзенберг Ю. Б. и др. А. С. № 356426 (СССР). Кл. F21v29/00 B08b5/00. Опубл. в бюл. — «Изобретения. Пром. образцы. Товарные знаки», 1972, № 32, с. 100—101.
6. Несторович И. И. Восстановление характеристик отражателей светильников. — «Светотехника», 1970, № 7, с. 16—18.

РАЗЪЯСНЕНИЕ

В журнале «Светотехника» 1972 г., № 9 на стр. 25 помещены таблицы 9 и 10 удельной мощности общего равномерного освещения светильниками типа ПВЛМ, при этом не указана мощность и цветность люминесцентных ламп.

Разъясняем, что в табл. 9 и 10 приведены величины удельной мощности для ламп типа ЛБ мощностью 40 *вт*.