ЦНИИПромзданий Госстроя СССР

Рекомендации

по проектированию систем кондиционирования и вентиляции, совмещенных с освещением



gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1. Основные положения 4
2. Конструирование совмещенных систем 5
3. Технико-экономические показатели совмещенных систем 8
4. Светотехнический расчет совмещенных систем 10
5. Теплотехнический расчет совмещенных систем 12
6. Аэродинамический расчет совмещенных систем 17
7. Акустический расчет совмещенных систем 20
8. Утилизация тепла в совмещенных системах 26
Приложение 1. Пример совмещенной системы 30
Приложение 2. Коэффициент использования светового потока, % 34
Приложение 3. Номограммы для расчета совмещенных систем 36
Приложение 4. Распределение силы света, излучаемого светильниками 41
Приложение 5. Конструкции совмещенных светильников и способы их установки 42

Центральный научно-исследовательский
и проектно-экспериментальный институт
промышленных зданий и сооружений
(ЦНИИпромзданий)
Госстроя СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

по проектированию систем кондиционирования и вентиляции, совмещенных с освещением

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1982

УДК 697.911

Рекомендованы к изданию решением секции по проблемам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха НТС ЦНИИПромзданий.

Рекомендации по проектированию систем кондиционирования и вентиляции, совмещенных с освещением/ ЦНИИПромзданий Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 48 с.

Содержат основные принципы построения совмещенных систем, результаты их сравнительного технико-экономического анализа и материалы, необходимые для расчета систем и утилизации тепла из воздуха, охлаждающего светильники.

Приведены конструкции совмещенных светильников, являющихся концевыми элементами систем; способы их установки в конструкции потолка.

Для инженерно-технических работников проектных, наладочных и научно-исследовательских организаций.

Табл. 16, ил. 9.

3206000000–509
Р ———————— Инструкт.-нормат., П вып.–130-82
047 (01) – 82

© Стройиздат, 1982

ВВЕДЕНИЕ

В современных промышленных и общественных зданиях тепло, генерируемое осветительными установками, составляет до 30% от общей нагрузки на систему кондиционирования. Совмещение систем освещения с вентиляцией и кондиционированием позволяет путем охлаждения светильников воздухом снизить в 2–2,5 раза радиационные теплопоступления от них в помещение и уменьшить тем самым нагрузку на систему кондиционирования.

Охлаждение светильников помимо этого приводит к увеличению светового потока от них (до 10–12% для светильников с лампами мощностью 40 Вт, до 20–25 и 40–50% соответственно для светильников с лампами мощностью 80 и 150 Вт) и к соответствующему уменьшению числа светильников, устанавливаемых в помещении.

Перечисленные факторы способствуют снижению как эксплуатационных, так и капитальных затрат, в результате чего применение совмещенных систем дает (в зависимости от вида системы) экономический эффект в размере от 2,14 до 8 руб/год на 1 $м^2$ обслуживаемой площади.

Помимо этого тепло, отводимое воздухом, от светильников может быть утилизировано совместно с теплом воздуха, удаляемого из помещения.

Рекомендации разработаны совместно лабораторией центрального кондиционирования ЦНИИПромзданий (кандидаты техн. наук Л.И. Неймарк, И.Г. Сенатов), лабораторией светотеплотехнических исследований ВНИСИ (канд. техн. наук В.Ф. Ефимкина, инж. Н.А. Мухина) и лабораторией борьбы с шумом инженерного оборудования зданий НИИСтройфизики (инж. Л.Н. Цуркова).

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации предназначены для расчета совмещенных систем освещения, кондиционирования и вентиляции, в которых подача или удаление воздуха из обслуживаемого помещения осуществляется через светильники специальной конструкции (совмещенные светильники).

Удаляемый из помещения системой вентиляции или подаваемый в него кондиционный воздух охлаждает лампы, расположенные в светильнике, обеспечивая оптимальный режим их работы.

1.2. Объединение систем вентиляции или кондиционирования с системой освещения в единую систему (совмещение систем) позволяет:

увеличить световой поток от светильников;

снизить радиационные теплопоступления в помещение, уменьшив тем самым нагрузку на систему кондиционирования;

улучшить интерьер обслуживаемого помещения.

1.3. Проектирование совмещенной системы должно вестись параллельно специалистами по кондиционированию воздуха и светотехнике.

В зависимости от характера обслуживаемых помещений к проектированию совмещенных систем целесообразно привлекать специалистов по акустике и интерьеру помещений.

1.4. Расчет ведется методом последовательного приближения; начинать его следует с определения числа светильников, которые необходимо установить в обслуживаемом помещении.

1.5. Расчет совмещенной системы освещения вентиляции и кондиционирования (особенно светотехнический) следует производить не для отдельного модуля здания, а для всего обслуживаемого помещения в целом, если оно не разделено перегородками и имеет общий уровень нормируемой освещенности и общие требования к параметрам воздуха помещения.

1.6. Основным узлом совмещенной системы является вентилируемый (совмещенный) светильник – люминесцентный, закрытый, встраиваемый в потолок.

Вентилируемый светильник, как правило, служит концевым устройством системы, через которое осуществляется удаление или подача воздуха.

1.7. Совмещение системы освещения с системой вентиляции или кондиционирования воздуха обязательно при использовании закрытых светильников с люминесцентными лампами мощностью 150 Вт, так как последние не могут работать без охлаждения.

2. КОНСТРУИРОВАНИЕ СОВМЕЩЕННЫХ СИСТЕМ

2.1. При совмещении систем кондиционирования, вентиляции и освещения возможны следующие варианты (рис. 1):

совмещение систем освещения с системой удаления воздуха;

совмещение систем освещения с системой подачи воздуха в помещение;

совмещение системы освещения одновременно с системами подачи и удаления воздуха.

2.2. Возможны два типа совмещенных систем освещения и удаления воздуха из помещения:

а) через светильники проходит весь воздух, который следует удалить из помещения; бо́льшая его часть направляется на рециркуляцию, меньшая – выбрасывается в атмосферу;

б) через светильники удаляется только та часть воздуха, которая предназначена для выброса в атмосферу.

При удалении через светильники всего объема воздуха последний забирается из помещения непосредственно через светильник, омывает замкнутую полость расположения ламп (см. рис. 1,*а*), охлаждает их, нагревается, а затем по воздуховодам направляется на рециркуляцию.

При удалении через светильники части воздуха, предназначенной для выброса в атмосферу, воздух забирается из помещения через воздухозаборные отверстия и подается вентилятором в светильники, где проходит непосредственно через полость расположения ламп одного или нескольких (не более трех) светильников (рис. 1,*б*), нагревается, а затем выбрасывается в запотолочное пространство, откуда удаляется с помощью вентиляторов или шахт.

Примечание. При необходимости воздух, забираемый из помещения, перед подачей в светильники может быть пропущен через фильтр.

2.3. Совмещение системы освещения с системой подачи воздуха в помещение может осуществляться двумя путями:

а) параллельной подачей кондиционного воздуха в помещение и на охлаждение ламп в светильнике (см. рис. 1,*в*);

б) подачей в помещение всего объема кондиционного воздуха через светильники (движение воздуха обратное, показанному на рис. 1,*а*).

При параллельной подаче воздуха большая его часть (~85%) поступает в помещение, не нагреваясь теплом светильника; другая часть (15%) проходит через полость расположения ламп, охлаждает светильник, выходит в запотолочное пространство, охлаждает его, а затем удаляется в атмосферу.

При подаче через светильники всего объема кондиционного воздуха последний омывает замкнутую полость расположения ламп, охлаждая отражатель. В системе полностью отсутствует контакт между лампами и воздухом помещения, который мо-

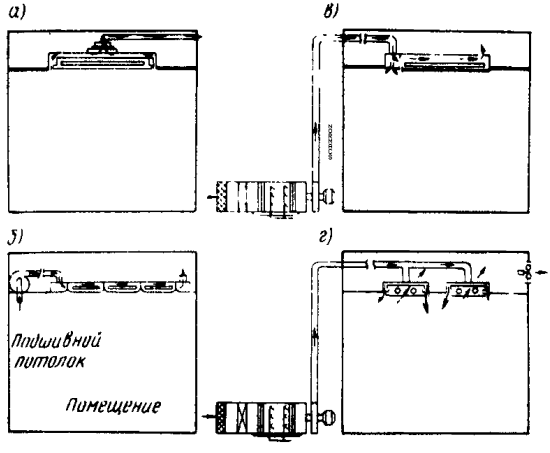


Рис. 1. Схемы совмещенных систем вентиляции, кондиционирования и освещения
а, б – совмещение освещения с системой удаления воздуха; в – совмещение освещения с подачей воздуха в помещение; г – совмещение освещения с подачей и удалением воздуха

жет содержать как пыль, так и пожароопасные смеси, однако тепло, генерируемое светильником, вносится в помещение.

2.4. При совмещении систем освещения с системами подачи и удаления воздуха одновременно (см. рис. 1,*г*) охлаждение светильника должно осуществляться только воздухом, удаляемым из помещения.

Тракт приточного воздуха должен быть связан со светильником только конструктивно; аэродинамически они должны быть изолированы друг от друга с тем, чтобы кондиционный воздух не нагревался теплом, генерируемым светильником.

Удаление воздуха из помещения через светильники осуществляется за счет разности давлений в помещении и запотолочном пространстве.

Разность давлений целесообразно обеспечивать преимущественно за счет создания соответствующего (п. 6.2.) разрежения за подшивным потолком.

Кондиционный воздух подается к каждому светильнику по воздуховодам, проложенным в затополочном пространстве.

2.5. Области применения совмещенных систем различных типов, а также виды светильников, позволяющих реализовать эти системы, приведены в табл. 1.

2.6. Если в совмещенных системах светильники охлаждаются воздухом, удаляемым из помещения (пп. 2.2, 2.4), тепло, генерируемое светильником, целесообразно утилизировать (разд. 8).

2.7. Светильники в совмещенных системах присоединяются к сети воздуховодов индивидуально с помощью резинового рукава и стягивающих его хомутов, поставляемых заводом-изготовителем.

При удалении воздуха последовательно через несколько светильников, размещенных в одну линию (п. 2.2), светильники ЛВП-31(04) стыкуются друг с другом торцами корпуса, подача воздуха осуществляется через воздухораспределительную камеру (прил. 5) у одного конца линии, а удаление его – через вторую камеру у другого конца линии.

Таблица 1

№ п.п.	Тип совмещенной системы	Схема по рисунку	Область применения	Тип используемого совмещенного светильника
1	Удаление через светильники всего объема воздуха, забираемого из помещения	Рис.1,*а*	Пожароопасные производственные помещения. Вокзалы. Зрительные залы	ЛВП-31 (02), ЛВП-33 (01)
2	Удаление через светильники части воздуха, предназначенной для выброса в атмосферу	Рис.1,*б*	Производственные помещения. Особо чистые помещения. Универсамы. Зрительные залы	ЛВП-31 (04)
3	Параллельная подача кондиционного воздуха в помещение и на охлаждение ламп	Рис.1,*в*	Запыленные производственные помещения. Вокзалы. Зрительные залы	ЛВП-31 (06), ЛВП-33 (02)
4	Подача через светильники кондиционного воздуха, предварительно использованного для охлаждения ламп	Рис.1,*а* (обратный ход воздуха)	Пожароопасные производственные помещения. Помещения с большой запыленностью	ЛВП-31 (02), ЛВП-33 (01)
5	Одновременная подача и удаление воздуха через светильники при охлаждении светильников только удаляемым воздухом	Рис.1,*г*	Административные здания. Лаборатории. КБ. Читальные залы. Залы заседаний. Музеи. Больницы	ЛВО-31

Примечания: 1. Светильники серии ЛВП-31 обслуживаются сверху (с чердака или из технического этажа). Светильники серий ЛВП-33 и ЛВО обслуживаются снизу из освещаемого помещения.

2. Описание конструкций светильников приведено в прил. 5.

3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОВМЕЩЕННЫХ СИСТЕМ

3.1. Применение совмещенных систем освещения, вентиляции и кондиционирования воздуха вместо раздельных всегда дает экономический эффект независимо от типа системы и мощности ламп, применяемых в светильниках.

Экономическая эффективность совмещенной системы существенно (от 25 до 50%) возрастает при использовании в светильниках ламп большей мощности (150 вместо 80 Вт).

Поскольку в любой из рассмотренных совмещенных систем обязательно обеспечивается охлаждение ламп или межлампового пространства, следует стремиться к использованию в совмещенных системах светильников лампами мощностью 150 Вт.

3.2. Технико-экономическое сравнение совмещенных систем с раздельными, а также различных типов совмещенных систем между собой ведется по известному методу сравнения приведенных затрат.

При определении приведенных затрат для раздельных систем необходимо суммировать величины этих затрат для системы подачи (или удаления) воздуха и системы освещения.

При определении величины эксплуатационных затрат на систему кондиционирования для раздельных систем необходимо учитывать, что при отсутствии принудительного вентилирования запотолочного пространства воздухом с температурой, не превышающей температуры обслуживаемого помещения, в помещение поступает 90% тепла, генерируемого встроенными неохлаждаемыми светильниками (п. 5.2).

Теплопоступления в помещение для совмещенных систем определяются в результате теплотехнического расчета (пп. 5.10, 5.12).

При определении затрат на эксплуатацию и ремонт системы освещения следует руководствоваться величинами срока службы ламп, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Тип лампы	Срок службы лампы, ч	
	Раздельная система	Совмещенная система
ЛБ-150	2550	3040
ЛХБ-150	2550	3040
ЛБ-80	9900	10 650
ЛХБ-80	9900	10 650
ЛБ-40	14 250	14 700
ЛХБ-40	11 400	11 760

3.3. С экономической точки зрения охлаждение светильников (независимо от мощности установленных в них ламп) целесообразнее осуществлять вытяжным, а не приточным воздухом.

Исходя из этого, при проектировании совмещенных систем предпочтение следует отдавать системам, описанным в п. 2.2 (соответственно пп. 1 и 2 табл. 1).

При охлаждении светильников вытяжным воздухом наиболее экономичной является система, при которой через полость расположения ламп пропускается часть удаляемого из помещения воздуха, предназначенная для выброса в атмосферу (п. 2 табл. 1).

Дополнительные затраты на фильтрацию воздуха, который используется затем для охлаждения светильников, практически не оказывает существенного влияния на экономичность системы.

3.4. Ввиду того что охлаждение светильников приточным воздухом менее экономично, чем вытяжным, совмещение системы освещения с приточной системой кондиционирования (п. 2.3) следует осуществлять лишь в тех случаях, когда:

в обслуживаемом помещении требуется осуществить рассредоточенную подачу приточного кондиционного воздуха;

удаление воздуха через светильники неосуществимо по технологическим (например, пожароопасное помещение) или конструктивным причинам.

При совмещении системы освещения с приточной системой кондиционирования с экономической точки зрения целесообразнее осуществлять параллельную подачу кондиционного воздуха в обслуживаемое помещение и на охлаждение собственно светильников (п. 3 табл. 1).

Наименее экономичной является совмещенная система, в которой весь объем подаваемого в помещение кондиционного воздуха предварительно используется для охлаждения светильников (п. 4 табл. 1). Однако охлаждение светильников позволяет уменьшить их число, что в итоге снижает нагрузку на систему кондиционирования и дает экономический эффект.

Примечание. Условия п. 3.4 не распространяются на совмещенные системы освещения и кондиционирования с одновременной подачей и удалением воздуха, так как в последних охлаждение светильников осуществляется не приточным, а вытяжным воздухом.

3.5. Создание наряду с системой кондиционирования, обслуживающей помещение, специальной системы для охлаждения светильников экономически не оправдано и, как правило, не допускается.

В виде исключения специальная система для охлаждения светильников по схеме рис. 1,*б* кондиционным воздухом может быть использована в том случае, когда обслуживаемое помещение является особо чистым и одновременно пожароопасным.

4. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СОВМЕЩЕННЫХ СИСТЕМ

4.1. Светотехнический расчет совмещенной системы освещения следует вести в соответствии с указаниями п. 1.5.

Размещение светильников по помещению производится после того, как путем совместного свето- и теплотехнического расчета совмещенной системы будет окончательно определено число светильников, устанавливаемых в данном помещении (пп. 4.8 и 5.12).

4.2. При расчете комбинированных систем число светильников, которые необходимо установить в помещении, следует определять по методу светового потока (метод коэффициента использования).

Точечный метод целесообразно применять только для поверочных расчетов при определении уровня освещенности в помещении.

4.3. Число светильников, устанавливаемых в помещении, определяется по формуле:

$$N = \frac{E k_з S z}{\Phi k \eta}, \qquad (1)$$

где Φ – суммарный световой поток ламп, установленных в светильнике, лм; E – заданная минимальная освещенность помещения, лк; $k_з$ – коэффициент запаса (в долях единицы); S – площадь помещения, м^2; z – коэффициент неравномерности (в долях единицы); k – коэффициент увеличения светового потока за счет охлаждения светильника (в долях единицы); η – коэффициент использования светового потока неохлаждаемого светильника в режиме статики (в долях единицы).

4.4. Коэффициент запаса $k_з$ выбирается по табл. 3, соответствующей данным СНиП II-4-79.

Таблица 3

№ п.п.	Освещаемые объекты	$k_з$
1	Производственные помещения с воздушной средой, содержащей от 5 до 10 мг/м^3 пыли, дыма и копоти:	
	при темной пыли	1,8
	при светлой пыли	1,6
2	Производственные помещения с воздушной средой, содержащей не более 5 мг/м^3 пыли, дыма и копоти. Вспомогательные помещения с нормальной средой и помещения общественных и жилых зданий	1,5
3	В помещениях с особым режимом по чистоте воздуха при использовании светильников, обслуживаемых снизу	1,3

4.5. Коэффициент неравномерности z для светильников, укомплектованных люминесцентными лампами, следует принимать равным 1,1 (Г.М. Кнорринг и др. "Справочная книга для

проектирования электрического освещения", Л. Энергия, 1976, стр. 125).

4.6. Коэффициенты использования светового потока η в совмещенных системах со светильниками ЛВП-31, ЛВП-33 или ЛВО-31 при отсутствии охлаждения светильников (режим статики) определяются в зависимости от показателя помещения i по (прил. 2).

Показатель помещения i (прил. 2) определяется габаритами обслуживаемого помещения и вычисляется по формуле:

$$i = \frac{A \times B}{h(A+B)}, \qquad (2)$$

где A и B – размеры помещения в плане, м; h – высота помещения, м.

4.7. Коэффициент увеличения светового потока k характеризует его изменение при охлаждении светильника по сравнению с режимом статики (в режиме статики $k = 1$).

Величина коэффициента k зависит от расхода и температуры охлаждающего воздуха и определяется для каждого типа светильника по соответствующей номограмме (прил. 3).

4.8. Расчет совмещенной системы целесообразно начинать с определения необходимого для установки числа светильников при условии их работы в оптимальном режиме, т.е. при максимальном значении $k = k_{max}$.

На кривой изменения k в верхнем левом поле номограммы выбирается точка $k = k_{max}$ и затем по верхнему правому полю номограммы определяются сочетания температуры $t_{вх}$ и расхода L воздуха, охлаждающего один светильник, удовлетворяющие значению $k = k_{max}$.

Величина $k = k_{max}$ подставляется в формулу (1), по которой определяется минимальное число светильников N_{min}.

Полученное значение $N = N_{min}$ вводится в теплотехнический расчет совмещенной системы (пп. 5.4, 5.5, 5.7).

Если сочетание величин L и $t_{вх}$, обеспечивающее оптимальный режим работы светильника, не соответствует величинам L и $t_{вх}$, полученным в результате теплотехнического расчета совмещенной системы (пп. 5.7, 5.8), то с помощью номограммы по L и $t_{вх}$, полученным в результате теплотехнического расчета, следует получить новое значение k, отличное от k_{max}, а затем по формуле (1) – значение $N > N_{min}$.

Полученное значение $N > N_{min}$ вновь вносится в теплотехнический расчет для корректировки величины L (п. 5.9), $\Sigma Q_{св}$ (п. 5.10) и ΣL (п. 5.11) и затем по откорректированному значению L и $t_{вх}$ определяют k и N.

Расчет повторяют до тех пор, пока величины L и $t_{вх}$, полученные в результате очередной стадии теплотехнического расчета, не будут соответствовать значениям расхода и температуры воздуха, заданным в начале данной стадии расчета.

4.9. Проверка уровня и равномерности освещенности, создаваемой подсчитанным числом светильников N, производится после их размещения по помещению (п. 4.2) с помощью точечного метода расчета освещенности.

При расчете освещенности по точечному методу величины силы света по всем направлениям умножаются на полученный при расчете системы коэффициент увеличения светового потока за счет охлаждения светильника k.

Данные о распределении силы света светильников, полученные при их фотометрировании без охлаждения при температуре в помещении 20°С представлены в прил. 4.

5. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СОВМЕЩЕННЫХ СИСТЕМ

5.1. При теплотехническом расчете совмещенных систем в первую очередь определяются тепловыделения от всех источников, кроме освещения, а именно: от оборудования, солнечной радиации, технологических процессов, людей и пр. – $\Sigma Q_{пом}$.

5.2. Тепловыделения в помещение от встроенных вентилируемых светильников $Q_{св}$ складываются из радиационного тепла, излучаемого непосредственно в обслуживаемое помещение $Q_{рад}$, и тепла, возвращающегося в помещение из нагретого светильниками запотолочного пространства.

Общие тепловыделения от светильника определяются по формуле:

$$Q_{св} = m\,Q_{рад}, \qquad (3)$$

где m – коэффициент увеличения теплопоступления от светильника за счет возврата тепла.

Величина радиационных теплопоступлений от светильника непосредственно в обслуживаемое помещение определяется по формуле:

$$\left.\begin{aligned} Q_{рад} &= 0{,}86\,W \cdot 1{,}25\,\bar{Q}_{рад}, \quad \text{ккал/ч};\\ Q_{рад} &= W \cdot 1{,}25\,\bar{Q}_{рад}, \quad \text{кДж/сек}, \end{aligned}\right\} \qquad (4)^{*}$$

где $Q_{рад}$ – доля тепла, излучаемая светильником в помещение (% от общего количества энергии, потребляемой светильником); W – суммарная мощность ламп, установленных в светильнике, Вт (кДж/сек) **

Величина $\bar{Q}_{рад}$ зависит от температуры и количества воздуха, охлаждающего светильник, и определяется для каждого типа светильника по правому нижнему полю соответствующей номограммы (прил. 3).

---

* *Для светильников с бесстартерным ПРА коэффициент* 1,25 заменяется на 1,33.

** Здесь и далее в скобках указываются размерности для расчета в системе СИ.

Примечания: 1. Если воздух удаляется от светильников с помощью системы воздуховодов, то возвратом тепла можно пренебречь, т.е. $m = 1$ и $Q_{св} = Q_{изб}$.

2. Если в качестве канала для удаления воздуха от светильников используется запотолочное пространство, величина коэффициента m зависит от расхода охлаждающего воздуха и при непосредственном омывании ламп воздухом определяется по табл. 4.

Таблица 4

Количество удаляемого воздуха на 100 Вт мощности ламп, $м^3/ч$	20	40	60	80	100
$m = Q_{св}/Q_{изб}$	2,1	1,77	1,67	1,52	1,44

3. Если воздух на выходе из светильников имеет температуру, равную температуре воздуха в помещении или превышает ее не более чем на 1–1,5°С, общие теплопоступления от светильника определяются по формуле (3) независимо от способа перемещения воздуха через запотолочное пространство.

4. Температура воздуха на выходе из светильника определяется в соответствии с указаниями п. 8.9.

5.3. Поскольку общий воздухообмен помещения зависит от его тепловой нагрузки, одной из составляющих которой являются теплопоступления от освещения, а величина последних, в свою очередь, определяется количеством воздуха, проходящего через каждый светильник, теплотехнический расчет совмещенных систем освещения следует вести методом последовательного приближения.

Для упрощения теплотехнического расчета целесообразно ориентировочно определить воздухообмен $\Sigma L_{ор}$ и температуру $t^{ор}_{пр}$ приточного воздуха, необходимого для ассимиляции избыточных теплопоступлений от всех источников, кроме освещения.

5.4. На первой стадии теплотехнического расчета совмещенных систем доля радиационного тепла, поступающего в помещение, ($Q_{изб}$) определяется в соответствии с величинами L и $t_{вх}$, удовлетворяющими условию максимального увеличения светового потока и соответственно минимальному числу установленных светильников (п. 4.8).

Из набора сочетаний L и $t_{вх}$, при которых $k = k_{max}$ выбирается то, которое при принятой схеме совмещенной системы и минимальном числе установленных светильников наиболее соответствует ориентировочным значения $\Sigma L_{ор}$ и $t^{ор}_{пр}$, определенным в п. 5.3.

При этом следует учесть, что:

а) при охлаждении светильников воздухом, удаляемым из помещения (п. 2.2):

$$t_{вх} = t_{пом} = t_{пр}^{ор} + \frac{\Sigma Q_{пом}}{\rho c_p \Sigma L_{ор}} ; \qquad (5)$$

б) при охлаждении светильников частью приточного воздуха, поступающего от кондиционера и выбрасываемого затем в запотолочное пространство (п. 2.3а):

$$t_{вх} = t_{пр}^{ор} ; \qquad (6)$$

в) при охлаждении светильников всем объемом воздуха, подаваемого затем в помещение (п. 2.3б):

$$\left.\begin{aligned} t_{вх} &= t_{пр}^{ор} - \frac{(0{,}86 \cdot W \cdot 1{,}25) \cdot N_{min} \cdot 0{,}9}{c_p \gamma \Sigma L_{ор}} ; \\ t_{вх} &= t_{пр}^{ор} - \frac{(W \cdot 1{,}25) \cdot N_{min} \cdot 0{,}9}{c_p \rho \Sigma L_{ор}} . \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

5.5. По величинам L и $t_{вх}$ (п. 5.4) находят значение $\bar{Q}_{p=q_1}$ (п. 5.2) и затем определяют общие теплопоступления в помещение от одного светильника по формулам (3) и (4).

Суммарные теплопоступления от всех светильников, устанавливаемых в помещении, соответственно равны $\Sigma Q_{св} = N_{min} \cdot Q_{св}$.

5.6. Суммарные теплопоступления от всех светильников, установленных в помещении ($\Sigma Q_{св}$), вводятся в тепловой баланс помещения, после чего корректируется температура приточного воздуха и определяется требуемый воздухообмен:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma L_1 &= \frac{\Sigma Q_{пом} + \Sigma Q_{св_1}}{c_p \rho (t_{пом} - t_{пр})} , \\ \text{или} \\ \Sigma L_1 &= \frac{\Sigma Q_{пом} + \Sigma Q_{св_1}}{\rho (J_{пом} - J_{пр})} , \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

где $\Sigma L_{1,2,\ldots,i}$ – общий воздухообмен помещения, определенный с учетом ассимиляции тепла от светильников; $t_{пом}$ – температура воздуха помещения, °С; $t_{пр}$ – температура приточного воздуха, подаваемого в помещение, °С; $J_{пом}, J_{пр}$ – теплосодержание воздуха помещения и приточного воздуха, ккал/кг (кДж/кг).

5.7. Исходя из принятой схемы совмещенной системы, числа светильников ($N = N_{min}$) и требуемого воздухообмена ΣL_1 определяется расход воздуха через один светильник L_1. При этом следует учесть, что:

а) для систем, в которых светильники охлаждаются всем объемом воздуха, подаваемым в помещение или удаляемым из него (пп. 2.2а, 2.3б, 2.4):

$$L_1 = \frac{\Sigma L_1}{N_{min}}; \qquad (9)$$

б) для систем, в которых светильники охлаждаются одной частью приточного воздуха, а теплоизбытки помещения ассимилируются другой его частью (п. 2.3а):

$$L_1 = \frac{0{,}15\,\Sigma L_1}{N_{min}}; \qquad (10)$$

в) для систем, в которых светильники охлаждаются только той частью воздуха, которая затем выбрасывается в атмосферу (п. 2.2а):

$$L_1 = \frac{n\,\Sigma L_1}{100\,N_{min}}, \qquad (11)$$

где n – доля воздуха, выбрасываемого в атмосферу, %.

5.8. Температура воздуха на входе в светильник на первой стадии теплотехнического расчета определяется по формулам (5), (6) и (7), которые соответственно принимают вид:

$$t_{вх_1} = t_{пом} = t_{пр} + \frac{\Sigma Q_{пом} + \Sigma Q_{св_1}}{c_p \rho\, \Sigma L_1}; \qquad (12)$$

$$t_{вх_1} = t_{пр}; \qquad (13)$$

$$\left.\begin{aligned} t_{вх_1} &= t_{пр} - \frac{(1-\bar{Q}_{раз_1})\cdot 0{,}9(W\cdot 0{,}86\cdot 1{,}25)N_{min}}{c_p\cdot \Sigma L_1 \rho}; \\ t_{вх_1} &= t_{пр} - \frac{(1-\bar{Q}_{раз_1})\cdot 0{,}9(W\cdot 1{,}25)N_{min}}{c_p\,\Sigma L_1 \rho}. \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

По L_1 и $t_{вх_1}$ с помощью соответствующей номограммы определяется величина коэффициента увеличения светового потока (k_1), которая, как правило, оказывается отличной от k_{max}.

На этом первая стадия теплотехнического расчета заканчивается. Величина k_1 подставляется в формулу (1) и определяется новое значение числа светильников $N_1 > N_{min}$.

5.9. Следующая стадия теплотехнического расчета начинается с определения расхода воздуха, проходящего через один светильник по формулам (9), (10) или (11), которые соответственно принимают вид:

$$L_i = \frac{\Sigma L_i}{N_{i-1}}; \qquad (15)$$

$$L_i = \frac{0{,}15\,\Sigma L_i}{N_{i-1}}; \qquad (16)$$

$$L_i = \frac{n \Sigma L_i}{100 \cdot N_{i-1}}, \qquad (17)$$

где $i = 2,3$ и т.д. – порядковый номер стадии расчета (начиная со второй),

и температуры воздуха на входе в светильник по формулам (12), (13) и (14), которые соответственно принимают вид:

$$t_{вх_i} = t_{пом} = t_{пр} + \frac{\Sigma Q_{пом} + \Sigma Q_{св\,i-1}}{c_p \rho \Sigma L_{i-1}}; \qquad (18)$$

$$t_{вх_i} = t_{пр_{i-1}}; \qquad (19)$$

$$\left.\begin{aligned} t_{вх_i} &= t_{пр_{i-1}} - \frac{(1-\bar{Q}_{рад_{i-1}}) \cdot 0,9(0,86\,W \cdot 1,25)\,N_{i-1}}{c_p \gamma \Sigma L_{i-1}}; \\ t_{вх_i} &= t_{пр_{i-1}} - \frac{(1-\bar{Q}_{рад_{i-1}}) \cdot 0,9(W \cdot 1,25)\,N_{i-1}}{c_p \rho \Sigma L_{i-1}}. \end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

5.10. По полученным значениям L_i и $t_{вх_i}$ с помощью номограммы определяются $\bar{Q}_{рад_i}$ и k_i.

Величина k_i включается в очередную стадию светотехнического расчета (п. 4.8) для определения N_i – числа светильников, устанавливаемых в помещения.

Величина $\bar{Q}_{рад_i}$ служит исходной для определения общих теплопоступлений от одного светильника по формуле (3) и (4) и суммарных теплопоступлений от всех светильников $\Sigma Q_{св_i} = Q_{св_i} N_i$.

5.11. Суммарные теплопоступления от светильников вводятся в тепловой баланс помещения и определяется требуемый воздухообмен помещения по формуле (8), которая соответственно принимает вид:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma L_{i+1} &= \frac{\Sigma Q_{пом} + \Sigma Q_{св\,i}}{c_p \gamma (t_{пом} - t_{пр})}; \\ \Sigma L_{i+1} &= \frac{\Sigma Q_{пом} + \Sigma Q_{св\,i}}{\rho (J_{пом} - J_{пр})}. \end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

Необходимость в корректировке температуры приточного воздуха на второй и дальнейших стадиях расчета, как правило, отпадает.

5.12. По величинам ΣL_{i+1} и N_i определяем значение L_{i+1}, используя формулы (15) – (17).

Если L_{i+1} отличается от L_i, принятого в начале i-ой стадии расчета (п. 5.9) более чем на 5%, то расчет продолжается в соответствии с п. 5.10 и далее и повторяется до тех пор, пока значения k_{i+1}, N_{i+1}, $t_{вх\,i}$ и $\bar{Q}_{рад_i}$, полученные по окончании

очередной стадии расчета, не будут соответственно равны величинам k_i, N_i, $t_{вх}$ и $\bar{Q}_{рад_i}$, принятым в начале этой стадии расчета.

5.13. Если система освещения совмещается с приточной системой кондиционирования и светильник используется в качестве воздухораздающего устройства, расход воздуха, подаваемого в помещение через один светильник ($L_{прит}$) должен удовлетворять условиям пп. 6.4 и 7.1.

Соотношение между количеством воздуха, подаваемым через один светильник в помещение ($L_{прит}$) и количеством воздуха, охлаждающим светильник (L), зависит от способа совмещения систем кондиционирования и освещения:

а) для систем, где светильники охлаждаются всем объемом приточного воздуха $L_{прит} = L$;

б) для систем, где светильник охлаждается частью приточного воздуха, выбрасываемого затем в запотолочное пространство

$$L_{прит} = 5{,}65\,L;$$

в) для систем освещения, совмещенных с подачей и удалением воздуха одновременно, расход воздуха, подаваемого через один светильник, определяется после окончания теплотехнического расчета совмещенной системы, исходя из общего воздухообмена помещения и числа устанавливаемых в нем светильников, причем в обязательном порядке должно соблюдаться условие $L \leq (\Sigma L_{прит})/N_{min}$.

Примечание. Если величина $L_{прит}$, полученная в результате тепло- и светотехнического расчета системы, не удовлетворяет условию пп. 6.4 и 7.1 и оказывается больше $L^{max}_{прит}$, величина $L^{max}_{прит}$ (или производная от нее L_{max}) (п. 5.13б) вводится в тепло- и светотехнический расчет в качестве исходной, и затем по ней и $t_{вх}$ определяются $k, N, Q_{рад}$ и остальные, зависящие от них величины, по способу, указанному выше.

6. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СОВМЕЩЕННЫХ СИСТЕМ

6.1. Аэродинамический расчет систем подачи и удаления воздуха, совмещенных с освещением на базе светильников ЛВП-31 и ЛВП-33, а также систем подачи воздуха через светильники ЛВО (п. 2.4), производится как расчет обычных сетей воздуховодов, в которых концевые воздухоприемные и воздухораздающие устройства заменены светильниками.

Величины коэффициентов местного сопротивления ζ светильников, отнесенные к скорости движения воздуха в присоединительном патрубке, приведены в табл. 5.

Коэффициент местного сопротивления светильников ЛВП-31 (04), установленных последовательно встык (см. рис. 1,*б*):

для цепочки из 2 светильников на приток – 9,45; на вытяжку – 9,85;

Таблица 5

Наименование светильника	Диаметр присоединительного патрубка, мм	Коэффициент местного сопротивления при работе	
		на приток	на вытяжку
ЛВП-31 (02)	200	4,27	6,43
ЛВП-31 (04)	200	6,15	6,55
ЛВП-31 (06)	200	1,96	–
ЛВП-33 (01)	200	5,87	8,5
ЛВП-33 (02)	200	2,3	–
ЛВО-31 (02)	150	4,8	–

для цепочки из 3 светильников на приток – 12,75; на вытяжку – 13,15.

6.2. При совмещении освещения и кондиционирования на базе светильников ЛВО-31 (рис. 1,*г*) величина разности давлений, которую требуется создать между помещением и запотолочным пространством, должна быть пропорциональна расходу воздуха, удаляемого через каждый светильник, и может быть определена по формуле:

$$\left.\begin{aligned} \Delta H &= 8{,}28 \cdot 10^{-5} L^2 \quad кг/м^2 ; \\ \Delta H &= 10516\, L^2 \quad Па , \end{aligned}\right\} \qquad (22)$$

где L – расход воздуха через 1 светильник, $м^3/ч$ ($м^3/с$).

6.3. Подача воздуха через светильники, используемые в качестве приточных устройств, осуществляется веерными струями, направленными вертикально вниз (светильники ЛВП), и плоскими струями, растекающимися на подшивной потолок (светильники ЛВО-31).

Скорость воздуха в плоскостях, расположенных на разных уровнях от потолка помещения, приведена в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Расстояние от оси светильника, м		Максимальная и средняя скорость воздуха, м/с					
		Расход воздуха при подаче через один светильник, $м^3/ч$					
по вертикали	по горизонтали	500	600	700	800	900	1000
а. Светильники ЛВП-31 (02) и ЛВП-33 (01)							
1,0	0,8	0,66	0,66	0,79	0,9	1,0	1,13
		0,28	0,33	0,4	0,45	0,5	0,56
1,4	1,0	0,43	0,5	0,6	0,69	0,78	0,86
		0,22	0,25	0,3	0,35	0,39	0,43

Продолжение табл. 6

Расстояние от оси светильника, м		Максимальная и средняя скорость воздуха, м/с					
		Расход воздуха при подаче через один светильник, $м^3/ч$					
по вертикали	по горизонтали	500	600	700	800	900	1000
2,0	1,1	0,38	0,42	0,5	0,57	0,64	0,72
		0,18	0,21	0,25	0,29	0,32	0,36
2,4	1,3	0,30	0,35	0,42	0,48	0,54	0,6
		0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
3,0	1,4	0,28	0,33	0,4	0,45	0,51	0,56
		0,14	0,16	0,2	0,22	0,25	0,28
3,4	1,6	0,26	0,31	0,37	0,42	0,48	0,53
		0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26
4,0	1,6	0,23	0,26	0,32	0,36	0,41	0,45
		0,11	0,13	0,16	0,18	0,2	0,23
4,4	1,6	0,21	0,24	0,23	0,33	0,37	0,41
		0,1	0,12	0,15	0,16	0,19	0,21
5,0	1,8	0,17	0,2	0,24	0,27	0,3	0,34
		0,08	0,1	0,12	0,14	0,15	0,17
5,4	1,8	0,16	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32
		0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16
		б. Светильники ЛВП-31 (06) и ЛВП-33 (02)					
1,0	0,4	0,882	1,06	1,235	1,41	1,59	1,765
		0,44	0,53	0,62	0,7	0,8	0,88
1,6	0,6	0,587	0,705	0,823	0,94	1,059	1,175
		0,29	0,35	0,41	0,47	0,53	0,59
2,0	0,8	0,43	0,517	0,605	0,69	0,775	0,863
		0,22	0,26	0,3	0,35	0,39	0,43
2,4	1,0	0,39	0,47	0,55	0,628	0,705	0,785
		0,2	0,24	0,28	0,31	0,35	0,39
2,8	1,2	0,372	0,446	0,52	0,595	0,67	0,745
		0,19	0,22	0,26	0,3	0,34	0,37
3,2	1,2	0,372	0,446	0,52	0,595	0,67	0,745
		0,19	0,22	0,26	0,3	0,34	0,37

Примечания: 1. Через светильники подаются равные расходы воздуха.

2. Светильники располагаются в линию или в шахматном порядке.

Таблица 7

Светильники ЛВО-31

Расстояние от потолка помещения, м	Максимальная и средняя скорость воздуха, м/с Расход воздуха при подаче через один светильник, $м^3/ч$			
	100	200	300	500
0,63	0,2/0,1	0,4/0,2	0,59/0,3	1,0/0,5
0,75	0,15/0,08	0,26/0,13	0,39/0,2	0,66/0,33
0,88	0,1/0,05	0,2/0,1	0,3/0,15	0,5/0,25
1,0	0,07/0,004	0,13/0,07	0,2/0,1	0,33/0,16
1,12		0,05/–	0,07/0,04	0,12/0,06

6.4. Максимальное количество воздуха, которое можно подать в помещение через каждый светильник $L^{max}_{прит}$, ограничивается величиной допустимой подвижности воздуха в рабочей зоне обслуживаемого помещения.

Для каждого типа вентилируемых светильников величина $L^{max}_{прит}$ может быть определена в зависимости от высоты обслуживаемого помещения и нормируемой подвижности воздуха в нем по табл. 6 и 7.

Если количество воздуха, которое можно подать через все светильники, установленные в помещении, при выполнении условия п. 6.4 ($\Sigma L_{прит} = L^{max}_{прит} \cdot N$) оказывается недостаточно для ассимиляции теплоизбытков помещения ($\Sigma Q_{пом} + \Sigma Q_{св}$) или удаления всех имеющихся в помещении вредностей, то следует:

либо подавать часть воздуха через другие приточные устройства, не связанные с системой освещения;

либо снизить (если это возможно) температуру приточного воздуха и тем самым увеличить ассимиляционную способность единицы его объема.

7. АКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СОВМЕЩЕННЫХ СИСТЕМ

7.1. Уровень звукового давления, создаваемый в помещении концевыми устройствами совмещенной системы (совмещенными светильниками), не должен превышать допускаемых (нормируемых) уровней звукового давления для данного обслуживаемого помещения.

7.2. Если через совмещенные светильники воздух одновременно и подается и удаляется (рис. 1,*г*) или через одну часть светильников воздух только подается, а через другую – только удаляется, то звуковое давление (в дБ), создаваемое в расчетной точке концевыми устройствами (совмещенными светильниками), следует определять отдельно для приточной и вытяжной систем.

Расчетную точку при акустическом расчете следует выбирать внутри помещений, где установлены светильники, в зоне постоянного пребывания людей (на высоте 1,2–1,5 м от уровня пола).

7.3. Октавные уровни звукового давления определяются по формуле:

$$L = L_{p_{окт}} + 10\lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{\Phi_i}{S_i} + \frac{4n}{B}\right), \qquad (23)$$

где $L_{p_{окт}}$ – октавный уровень звуковой мощности, дБ, генерируемый одним светильником при работе на приток или на вытяжку; m – количество светильников, ближайших к расчетной точке (т.е. светильников, для которых $r_i \leq 5r_{min}$); r_{min} – расстояние от расчетной точки до геометрического центра ближайшего светильника, м; n – общее количество светильников; Φ_i – фактор направленности излучения шума светильника на расчетную точку для i-го светильника (безразмерный); S_i – площадь воображаемой поверхности сферы или ее части, окружающей i-ый светильник и проходящий через расчетную точку, м^2; B – постоянная помещения, м^2.

7.4. Октавный уровень звуковой мощности $L_{p_{окт}}$, генерируемый одним светильником при работе на приток или на вытяжку, определяется в зависимости от расхода подаваемого или удаляемого воздуха по табл. 8.

Таблица 8

Расход приточного воздуха, м^3/ч	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Светильник ЛВП-31 (02), приток								
300	26	34	30,5	30	25	20	10	–
400	31,5	41,5	38,5	39,5	36,5	30,5	18	7
500	36	45	42,5	44,5	41,5	37,5	25	12
600*	38	49	47,5	49	47	44	33	23
700*	44	51	51,5	53	51,5	49,5	39,5	31
800*	44	53,5	53	55,5	53,5	52,5	44,5	36,5
900*	47	56,5	56	58,5	57	55,5	49,5	43
1000	49,5	57,5	57	59,5	59,5	60,5	53	47,5
Светильник ЛВП-31 (06), приток								
300	30	33	35	32	22,5	14,5	5,5	–
400	39	41,5	43,5	42	35,5	28,5	17,5	–
500	45	46,5	49,5	48	41,5	36,5	28,5	14
600*	54	55,5	55,5	54,5	51	46,5	38,5	27,5
700*	61	60,5	61	60	55,5	51,5	44,5	33
800*	60,5	64,5	66	63,5	59,5	56,5	49,0	37,5
900*	64	67,5	69,5	67	63,5	59,5	53	42,5
1000	65	70,5	72	69,5	66,5	63	56,5	46,5

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Светильник ЛВП-33 (01), приток					
300	30	39	29,5	27	22,5	20	5	–
400	32	43,5	32,5	28,5	25	22	7,5	–
500	40	50	38	36	33	32,5	21	–
600*	40	47,5	51,5	50,5	45	38	29,5	20,5
700*	40	49,4	53,9	54,7	49,4	42,4	34,4	26,4
800*	41	50,0	56,3	57,5	58,5	46,5	39,5	29,5
900*	41,2	51,2	58,2	60,2	56,7	50,2	42,7	33,2
1000	42	52,5	60	63,5	60	54	46	37
			Светильник ЛВП-33 (02), приток					
300	36	40	36	36	30	20,5	10	–
400	41	47	44	45,5	42	34	24,5	
500	47,5	52,5	50	51,5	49	43	35	22,5
600*	51,5	59	57	59	56	50,5	45,5	31,5
700*	55	64	62	64,5	62	56,5	52,5	40
800*	56	67	66	68	66	60,5	57	46
900*	57,5	70,5	69	71	69,5	63,5	60,5	50
1000	57,5	72,5	72	74,5	72,5	67	63,5	53,5
			Светильник ЛВО-31-2х40, приток					
200	49	53	56	52	49,5	40	27,5	15
300	57	61,5	66,5	63	61,5	57,5	47	31,5
400	60	67	73	70,5	69,5	66	56	42
500	62,5	71,5	77	76	74	71	61	46,5
			Светильник ЛВП-33 (01), вытяжка					
300	24	33	34	32	24,5	16	9	–
400	30,5	39,5	40	39,5	36	30	18	7
500	39,5	48	47	46,5	43	39,5	32	19,5
600*	38	46,05	51	51,5	48,5	43	35	24,5
700*	39,7	49,2	54,2	55,7	53,2	48,0	41,2	30,7
800*	40,5	50	56,2	59,0	57,0	52,5	46,0	36,5
900*	41,5	52,2	59,2	61,7	60,7	56,7	50,0	41,2
1000*	43	53	60,5	64,5	64	60,5	54,0	45,5
			Светильник ЛВП-31 (02), вытяжка					
300	35,5	37	34,5	33,5	25	16	14,5	–
400	38	40	37,0	38,5	32,5	24,5	14	7
500	37	42,5	41,5	44	39,5	35,5	24,5	14
600*	39	43,5	42	49,5	55,5	44,5	34	24,5
700*	42	51,5	49,5	53	54,5	50	39,5	33,5
800*	41,5	53,5	52,5	56	55	53,5	44,5	37,5
900*	46	55	54,5	57,5	57,5	57	49	41,5
1000*	49,5	57,5	57	59,5	59,5	60,5	53	47,5

Примечания: 1. Шумом, генерируемым светильником ЛВО-31, при работе на вытяжку, при расчетах можно пренебречь.

2. Звездочкой обозначена область преимущественного применения данного светильника.

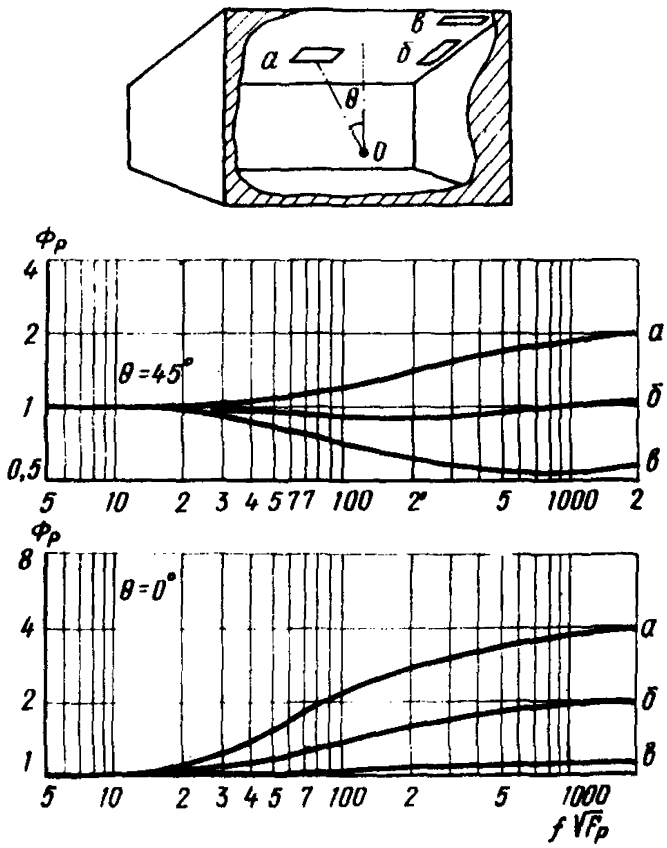


Рис. 2. Фактор направленности Φ_i при излучении шума из совмещенного светильника
а – светильник в центре потолка; б – светильник вблизи ребра; в – светильник вблизи угла; точка 0 – положение наблюдателя

7.5. Фактор направленности Φ_i определяется в зависимости от местоположения светильника в помещении и величины $f\sqrt{F_p}$ по графикам рис. 2,

где f – среднегеометрическая частота, Гц; $\sqrt{F_p}$ – приведенный размер отверстий для входа (или выхода) воздуха в помещении; F_p – суммарная площадь живого сечения всех приточных или вытяжных отверстий вентилируемого светильника, м^2 (табл. 9).

Таблица 9

Тип светильника	Суммарная величина площади отверстий, м^2	
	для входа воздуха в светильник из помещения	для выхода воздуха в помещение
ЛВП-31 (02)	$2{,}856\cdot10^{-2}$	$2{,}856\cdot10^{-2}$
ЛВП-31 (06)	–	$4{,}45\cdot10^{-2}$
ЛВП-33 (01)	$2{,}28\cdot10^{-2}$	$2{,}28\cdot10^{-2}$
ЛВП-33 (02)	–	$5\cdot10^{-2}$
ЛВО-31	$0{,}5\cdot10^{-2}$	$2{,}72\cdot10^{-2}$

7.6. Площадь воображаемой поверхности сферы S_i определяется в зависимости от местоположения светильника в помещении. Соответственно имеем:

для светильника в средней части потолка $S_i = 2\pi r_i^2$;

для светильника в двухгранном углу (потолок – стена) $S_i = \pi r_i^2$;

для светильника в трехгранном углу (стена – потолок – стена) $S_i = 0{,}5\pi r_i^2$.

7.7. Постоянную помещения B в октавных полосах частот следует определять по формуле:

$$B = B_{1000}\mu \quad м^2, \tag{24}$$

где B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, м^2; μ – частотный множитель.

Таблица 10

Тип помещения	Описание помещения	Постоянная помещения, B_{1000}, м^2
1	С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т.п.)	$\frac{V}{20}$
2	С жесткой мебелью и с большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие и деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.)	$\frac{V}{10}$
3	С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управления, залы конструкторских бюро, аудитории учебных заведений, залы ожидания аэропортов и вокзалов, номера гостиниц и т.п.)	$\frac{V}{6}$
4	Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	$\frac{V}{1{,}5}$

Постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц B_{1000} определяется в зависимости от типа помещения и его объема V по табл. 10.

Если отношение большего размера помещения (длины, ширины) к меньшему (как правило, к высоте) превышает 5:1, то вместо действительного объема помещения V в табл. 10 подставляется величина условного объема V', определяемая по формуле:

$$V' = 25h^3, \tag{25}$$

где h – наименьший размер помещения, м.

Частотный множитель μ определяется в зависимости от объема помещения по табл. 11.

Таблица 11

Объем помещения, $м^3$	Частотный множитель							
	Частотный множитель μ для среднегеометрических частот октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
До 200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
От 200 до 1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
Свыше 1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

7.8. Если через вентилируемые светильники одновременно производится подача и удаление воздуха из помещения, то уровни звукового давления в помещении следует определять суммируя полученные по формуле (23) отдельно для приточной и вытяжной системы величины октавных уровней звукового давления по закону энергетического суммирования. Последнее производится следующим образом:

определяется разность величин октавного уровня звукового давления для притока и вытяжки;

в зависимости от полученного значения разности по табл. 12 определяется значение добавки;

добавка прибавляется к значению большего из складываемых уровней и на этом суммирование заканчивается.

Таблица 12

Разность двух складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Величина добавки	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Примечание. Если в помещении работает только одна из систем (приточная или вытяжная), то суммирование по п. 7.8 не производится и расчет продолжается в соответствии с п. 7.9 и далее.

7.9. Полученные октавные уровни звукового давления в помещении проверяются на выполнение условия п. 7.1.

При выполнении условия п. 7.1 расчет считается законченным.

Если условия п. 7.1 не выполняются, необходимо либо уменьшить расход приточного (или вытяжного) воздуха, до такой величины $L_{прит}^{max}$, при которой будут выполняться условия п. 7.1, либо, если это возможно по условиям эксплуатации по-

мещения, применить в нем какие-либо звукопоглощающие устройства.

Примечание. Если одновременно производится подача и удаление воздуха из помещения и условия п. 7.1 не выполняются, то уменьшить расход воздуха целесообразнее по тому из двух потоков, который генерирует более высокий шум.

8. УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА В СОВМЕЩЕННЫХ СИСТЕМАХ

8.1. Утилизация тепла, генерируемого светильниками, возможна во всех случаях, когда система освещения совмещается с системой удаления воздуха из помещения.

8.2. Принципы утилизации в совмещенных системах сохраняются те же, что и при утилизации тепла из удаляемого воздуха в традиционных системах кондиционирования.

Рассматривая вопрос о способах утилизации тепла в совмещенных системах, следует предварительно выявить, что характерно для обслуживаемого помещения: теплоизбытки или дефицит тепла.

Если в обслуживаемом помещении имеет место дефицит тепла, то устройство специальных утилизаторов целесообразно только тогда, когда по техническим или гигиеническим причинам не допускается традиционная рециркуляция воздуха. Если рециркуляция допускается, ей следует отдать предпочтение из соображений экономики.

Примечание. Параллельно с рециркуляцией воздуха в совмещенных системах может осуществляться и утилизация тепла из той части воздуха, которая предназначена для выброса в атмосферу.

Если в обслуживаемом помещении имеют место теплоизбытки, необходимо предусматривать утилизацию тепла как из воздуха, выбрасываемого в атмосферу, так и из воздуха, направляемого затем на рециркуляцию (п. 1 табл. 1, рис. 1*д*).

Тепло, полученное путем утилизации, может быть использовано как для нужд собственной совмещенной системы, так и для обогрева стороннего потребителя.

8.3. В совмещенных системах утилизированное тепло может быть использовано как для первого подогрева наружного воздуха, поступающего в центральный кондиционер, так и для второго подогрева воздуха, если в последнем имеется необходимость.

8.4. Выбор типа утилизатора в совмещенных системах диктуется конструктивными соображениями, а также способом использования утилизированного тепла.

8.5. При утилизации тепла из воздуха, направляемого затем на рециркуляцию, а также при использовании утилизированного тепла для обогрева сторонних потребителей в качестве

утилизатора целесообразнее применять систему теплообменников с промежуточным теплоносителем.

8.6. При использовании утилизированного тепла для первого подогрева наружного воздуха целесообразнее применить утилизаторы типа "воздух-воздух":

вращающиеся регенеративные;

стационарные рекуперативные;

теплообменники из тепловых трубок.

Утилизаторы с промежуточным теплоносителем в этом случае можно использовать только тогда, когда применение утилизаторов "воздух-воздух" невозможно из конструктивных соображений.

8.7. При использовнии утилизированного тепла для второго подогрева всего объема воздуха, подаваемого в помещение, следует применять только утилизаторы типа "воздух-воздух" (п. 8.8.).

В этом случае все совмещенные светильники, обслуживающие помещение (п. 1.4), а также все находящиеся в нем устройства для подачи приточного воздуха делятся на группы, каждая из которых обслуживается своим утилизатором тепла.

Подразделение на группы производится в соответствии с воздухопроизводительностью выбранного утилизатора тепла и схемой размещения светильников и приточных устройств.

8.8. При использовании утилизаторов типа "воздух-воздух" следует стремиться к выполнению условия: расход греющего воздуха должен быть больше расхода нагреваемого воздуха или равен ему.

Если количество воздуха, охлаждающего светильник, не отвечает этому условию (п. 2.2б), целесообразно предварительно (до утилизации) смешать воздух, удаляемый от светильников, со всем объемом воздуха, удаляемым из помещения.

8.9. Температура горячего воздуха, подаваемого в утилизатор совмещенной системы, равна:

а) при подаче в утилизатор только воздуха, охлаждающего светильники:

$$\left.\begin{aligned} t_{гор} = t_{вых} = t_{вх} + \frac{(0{,}86 \cdot W \cdot 1{,}25) - Q_{раз} - \Sigma Q_{пот}}{L \cdot c_p \cdot \gamma}; \\ t_{гор} = t_{вых} = t_{вх} + \frac{(1{,}25 \cdot W) - Q_{раз} - \Sigma Q_{пот}}{L \cdot c_p \cdot \rho}; \end{aligned}\right\} \quad (26)$$

б) при подаче в утилизатор смеси воздуха, охлаждающего светильники и удаляемого из помещения:

$$t_{гор} = t_{см} = \frac{t_{вых} \cdot L \cdot N + t_{ух}^{пом} \cdot L_{уд}}{L_{уд} + L \cdot N}, \quad (27)$$

где $t_{вых}$ – температура воздуха на выходе из светильника; $t_{ух}^{пом}$ – температура воздуха, удаляемого из помещения; $L_{уд}$ – количество воздуха, удаляемого из помещения помимо светильников; $\Sigma Q_{пот}$ – потери тепла светильником, ккал/ч (кДж/с).

8.10. Неустранимые при совмещении систем потери тепла светильником $\Sigma Q_{пот}$ складываются из тепла, переданного путем конвекции в помещение и запотолочное пространство, а также из тепла, излучаемого крышкой светильника в запотолочное пространство.

Значения $\Sigma \bar{Q}_{пот}$ в процентах от тепла, генерируемого светильником, в зависимости от типа светильника, температуры охлаждающего воздуха, температуры воздуха помещения и температуры запотолочного пространства приведены в табл. 13.

$$\left.\begin{aligned} \Sigma Q_{пот} &= \Sigma \bar{Q}_{пот}\,(1{,}25 \cdot W \cdot 0{,}86) \quad \text{ккал/ч}; \\ \Sigma Q_{пот} &= \Sigma \bar{Q}_{пот}\,(1{,}25 \cdot W) \quad \text{кДж/с}. \end{aligned}\right\} \qquad (28)$$

Таблица 13

№ п.п.	Характеристика совмещенной системы	Определяющие температуры, °С		Характеристика светильника		Температура охлаждающего воздуха, °С	Теплопотери $\Sigma \bar{Q}_{пот}$, %
		помещения	запотолочного пространства	тип	мощность ламп, Вт		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Охлаждение светильников всем объемом воздуха, удаляемым из помещения. Удаление нагретого воздуха по воздуховодам	20	24	ЛВП-31 (02)	80	20	−2,3*
						22	1,1
					150	20	3,56
						22	5,45
				ЛВП-33 (01)	80	20	0,46
						22	5,15
					150	20	12,52
						22	14,27
		24	26	ЛВП-31 (02)	80	24	−1,96
						26	1,42
					150	24	4,0
						26	6,9
				ЛВП-33 (01)	80	24	3,3
						26	9,4
					150	24	17,15
						26	18,73
2	Охлаждение светильников всем объемом воздуха, удаляемым из помещения. Удаление нагретого воздуха через запотолочное пространство	20	22	ЛВО-31	40	20	5,2
			24			22	8,9
		22	24			22	7,2
			26			24	8,79
		24	26			24	7,15
			28			26	7,6

Продолжение табл. 13

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Охлаждение светильников частью удаляемого воздуха, предназначенной для выброса в атмосферу:						
	а) прохождение воздуха через одиночный светильник	20	24	ЛВП-31 (04)	80	20	5,35
						22	8,2
					150	20	2,96
						22	4,36
		24	26	ЛВП-31 (04)	80	24	4,8
						26	7,63
					150	24	6,6
						26	8,9
	б) прохождение воздуха через цепочку светильников	20	24	ЛВП-31 (04) 3 шт.	80	20	6,4
						22	8,05
		24	26			24	6,57
						26	8,95
		20	24	ЛВП-31 (04) 2 шт.	150	20	3,8
						22	6,8
		24	26			24	7,6
						26	9,9
4	Охлаждение светильников приточным воздухом (примерно 15% от общего объема) с последующим выбросом его в запотолочное пространство. Удаление воздуха через запотолочное пространство	20	23	ЛВП-31 (06)	80	14	4,5
						17	6,9
					150	14	4,03
						17	7,97
				ЛВП-33 (02)	80	14	−11,1
						17	−5,2
					150	14	−1,5
						17	3,6
		24	26	ЛВП-31 (06)	80	20	1,57
						22	4,08
					150	20	8,5
						22	12,83
				ЛВП-33 (02)	80	20	−6,5
						22	−3,4
					150	20	1,6
						22	6,6

* Отрицательные значения $\Sigma \bar{Q}_{пот}$ являются следствием подачи в светильник воздуха достаточно низкой температуры, что вызывает передачу тепла от воздуха запотолочного пространства к воздуху, охлаждающему светильник.

ПРИМЕР РАСЧЕТА СОВМЕЩЕННОЙ СИСТЕМЫ

Пример. Рассчитать совмещенную систему с подачей всего объема воздуха через светильники ЛВП-31(02)-4х80 для ткацкого цеха (шерстяное производство) размером 104х63 м^2 и высотой 6 м. Требуемый уровень освещенности 750 лк; коэффициенты отражения поверхностей $\rho_п$ = 50%, $\rho_{ст}$ = 30% и $\rho_м$ = 10%. В светильники установлены лампы ЛХБ-80 (световой поток лампы Φ = 4600 мм). Температура воздуха в цехе $t_{пом}$ = 24°С, $\varphi_{пом}$ = 60%, $J_{пом}$ = 12,65 ккал/кг (52,73 кДж/кг). Теплопоступления в помещение от всех источников, кроме светильников – 1 582 000 ккал/ч (1839,53 кДж/с). Помещение с оборудованием и большим количеством людей.

1. Свето- и теплотехнический расчет

1. Минимальное число светильников, которое требуется установить в помещении

$$N_{min} = \frac{E k_з S z}{\Phi k \eta} = \frac{750 \cdot 1{,}6 \cdot 6550 \cdot 1{,}1}{(4 \cdot 4600) \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}43} = 924 \text{ шт.},$$

где $i = \frac{104 \cdot 63}{6(104+63)} = 6{,}54$; $\eta = 0{,}43$ (прил. 2); $k_з = 1{,}6$ (табл. 3); $k_{зап} = 1{,}18$ (прил. 3).

2. Ориентировочная температура приточного воздуха

$$t_{пр}^{ор} = 17°С; \; J_{пр}^{ор} = 10{,}6 \text{ ккал/кг } (44{,}187 \text{ кДж/кг}).$$

3. Ориентировочный расход приточного воздуха

$$\Sigma L_{ор} = \frac{\Sigma Q_{пом}}{\rho (J_{пом} - J_{пр})} = \frac{1592\,000}{1{,}22(12{,}65 - 10{,}6)} = 636545 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Sigma L_{ор} = \frac{\Sigma Q_{пом}}{\rho (J_{пом} - J_{пр})} = \frac{1839{,}53}{1{,}22(52{,}73 - 44{,}19)} = 176{,}6 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$L_{ор} = \frac{\Sigma L_{ор}}{N_{min}} = \frac{636545}{924} = 688{,}9 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_{ор} = \frac{176{,}6}{924} = 0{,}19 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Ориентировочная температура воздуха на входе в светильник

$$t_{вх}^{ор} = t_{пр}^{ор} - \frac{(0{,}86 \cdot W \cdot 1{,}25) N_{min} \cdot 0{,}9}{c_p \rho \Sigma L_{ор}} =$$

$$= 17 - \frac{(0{,}86 \cdot 320 \cdot 1{,}25) \cdot 924 \cdot 0{,}9}{0{,}24 \cdot 1{,}22 \cdot 636000} = 15{,}46\ ^\circ C;$$

$$t_{вх}^{ор} = 17 - \frac{320 \cdot 1{,}25 \cdot 924 \cdot 0{,}9}{1 \cdot 1{,}22 \cdot 176{,}6 \cdot 1000} = 15{,}46^\circ C.$$

5. 1-й этап расчета: $\bar{Q}_{рад_1} = 19{,}6\%$;

$$\Sigma Q_{св_1} = \Sigma Q_{рад_1} = \bar{Q}_{рад_1}(0{,}86 \cdot 1{,}25 \cdot W) \cdot N =$$

$$= 0{,}196(0{,}86 \cdot 1{,}25 \cdot 320) 924 = 62300\ ккал/ч;$$

$$\Sigma Q_{св_1} = 0{,}196 \left(\frac{320 \cdot 1{,}25}{1000}\right) 924 = 72{,}48\ кДж/с;$$

$$\Sigma L_1 = \frac{\Sigma Q_{пом} + \Sigma Q_{св_1}}{\rho(J_{пом} - J_{пр})} = \frac{1592000 + 62300}{(12{,}65 - 10{,}6)1{,}22} = 661455\ м^3/ч;$$

$$\Sigma L_1 = \frac{1839{,}53 + 72{,}48}{(52{,}73 - 44{,}187) \cdot 1{,}22} = 184\ м^3/с;$$

$$L_1 = \Sigma L_1 : N_{min} = 661455 : 924 = 716\ м^3/ч;$$

$$L_1 = 184 : 924 = 0{,}20\ м^3/с;$$

$$t_{вх_1} = t_{пр} - \frac{(1 - \bar{Q}_{рад_1}) \cdot (0{,}86 \cdot W \cdot 1{,}25) \cdot 0{,}9 \cdot N_{min}}{c_p \rho \Sigma L_1} =$$

$$= 17 - \frac{(1 - 0{,}196)(0{,}86 \cdot 320 \cdot 1{,}25) \cdot 0{,}9 \cdot 924}{0{,}24 \cdot 1{,}22 \cdot 661455} = 15{,}81^\circ C;$$

$$t_{вх_1} = 17 - \frac{(1 - 0{,}196) \cdot 320 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 924}{1{,}22 \cdot 184 \cdot 1000} = 15{,}81^\circ C;$$

$$k_1 = 1{,}115; \qquad N_1 = \frac{N_{min} \cdot k_{max}}{k} = \frac{924 \cdot 1{,}18}{1{,}115} = 978\ шт.$$

6. 2-й этап расчета:

$$L_2 = \Sigma L_1 : N_1 = 661455 : 978 = 676\ м^3/ч;$$

$$L_2 = 184 : 978 = 0{,}188\ м^3/с;$$

$$t_{вх_2} = t_{пр} - \frac{(1 - \bar{Q}_{рад_1})(0{,}86 \cdot W \cdot 1{,}25) N_1 \cdot 0{,}9}{c_p \rho \Sigma L_1} =$$

$$= 17 - \frac{(1 - 0{,}196)(0{,}86 \cdot 320 \cdot 1{,}25) 978 \cdot 0{,}9}{0{,}24 \cdot 1{,}22 \cdot 661455} = 15{,}74\ ^\circ C;$$

$$t_{вх} = 17 - \frac{(1-0{,}196)(320 \cdot 1{,}25) \cdot 978 \cdot 0{,}9}{1 \cdot 1{,}22 \cdot 184 \cdot 1000} = 15{,}74\,^{\circ}C;$$

$$K_2 = 1{,}117; \quad N_2 = 978 \text{ шт.}; \quad \bar{Q}_{рад_2} = 19{,}6\,\%.$$

Поскольку величины N_2 и $\bar{Q}_{рад_2}$, полученные в результате 2 этапа расчета, равны соответствующим величинам, принятым в начале его, расчет считаем законченным.

В помещение через 978 светильников подается 661 455 м^3/ч воздуха с температурой 17°С. Температура воздуха на входе в светильник 15,74°С, соответственно должна быть выбрана и температура воздуха после кондиционера.

II. Аэродинамический расчет

1. Сопротивление светильника

$$\zeta_{пр} = 4{,}27 \text{ (табл. 4)}; \quad v_{вх} = \frac{L}{3600 \cdot f_{вх}} = \frac{676}{3600 \cdot 0{,}785 \cdot 0{,}2^2} = 5{,}98 \text{ м/с};$$

$$\Delta H_{св} = \zeta_{пр} \frac{v_{вх}^2 \gamma}{2g} = 4{,}27 \cdot \frac{5{,}98^2}{1{,}96} \cdot 1{,}22 = 9{,}5 \text{ кг/м}^2;$$

$$\Delta H_{св} = \zeta_{пр} \frac{v_{вх}^2 \rho}{2} = 4{,}27 \cdot \frac{5{,}98^2 \cdot 1{,}22}{2} = 93{,}14 \text{ Па}.$$

2. При высоте помещения 6 м расстояние от потолка до верхнего уровня рабочей зоны – 4 м. При расходе воздуха через светильник 676 м^3/ч максимальная подвижность воздуха на этом уровне (табл. 5) составляет 0,297 м/с, что меньше 0,3 м/с, допускаемых по СНиП.

III. Акустический расчет

1. Поскольку помещение большое, установленные в нем светильники распределены равномерно по потолку, а рабочие места персонала также распределены по всему помещению, фиксированная рабочая точка (п. 7.2) не выбирается.

В этом случае октавные уровни звукового давления в помещении определяются не по формуле (23), а по формуле

$$L = L_p + 10 \lg n - 10 \lg B + 6, \quad дБ, \tag{29}$$

где n – число светильников, приходящихся на условный объем помещения.

2. Постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц B_{1000} определяется по табл. 10 в зависимости от объема помещения.

Объем помещения определяется по формуле (25)

$$V' = 25h^3 = 25 \cdot 6^3 = 5400\ м^3; \quad B_{1000} = 540.$$

3. Постоянная помещения B в октавных полосах частот определяется по формуле (24), в которой частотный множитель μ определяется по табл. 11 в зависимости от V'.

Результаты расчетов для октавных полос частот приведены в таблице.

Акустический расчет совмещенной системы

№ п.п.	Рассчитываемая величина	Значения рассчитываемой величины, дБ, при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Частотный множитель μ	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6
2	Постоянная помещения $B=\mu B_{1000}$	270	270	297	378	540	865	1620	3240
3	Величина $10\lg B$	24,5	24,5	24,5	26	27,5	29,5	32	35
4	Октавные уровни звуковой мощности светильника L_p	44	51	51,5	53	51,5	49,5	39,5	31
5	Октавные уровни звукового давления в помещении L по (29)	50	57	57,5	57,5	54,5	50,5	37,5	26
6	Допустимые уровни звукового давления	94	87	81	78	75	73	71	69

4. Число светильников, приходящееся на условный объем

$$n = \frac{N \cdot V'}{V} = \frac{978 \cdot 5400}{(104 \cdot 60 \cdot 6)} = 282\ шт. \quad 10\lg n = 24{,}5.$$

5. По табл. 7 определяем величины L_p. Значения L_p принимаем для расхода воздуха, наиболее близкого по величине к фактическому, т.е. в данном случае для 700 м^3/ч, и вносим в таблицу.

6. По формуле (29) определяем октавные уровни звукового давления в помещении. Результаты расчета приведены в таблице.

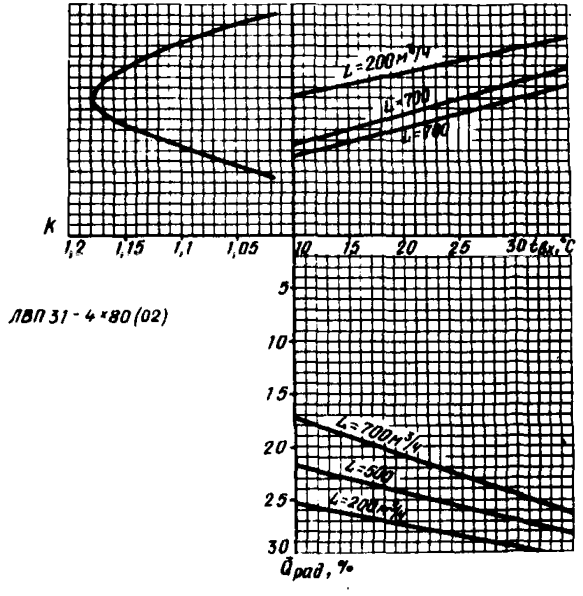
Поскольку уровни звукового давления, создаваемые совмещенной системой, намного ниже допустимых (см. таблицу), расчет считаем законченным.

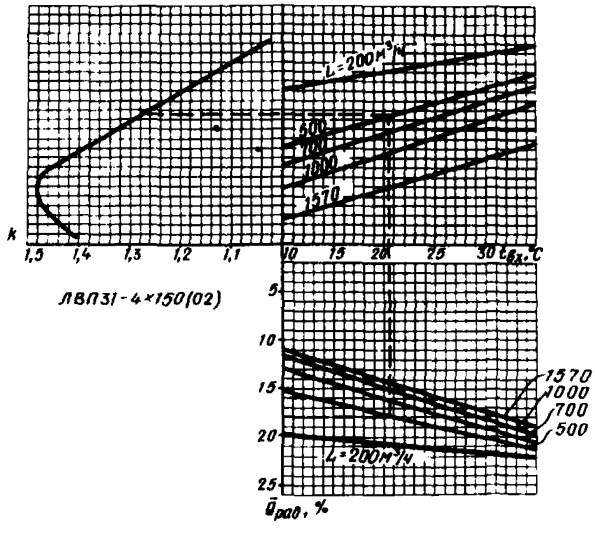
КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА, %

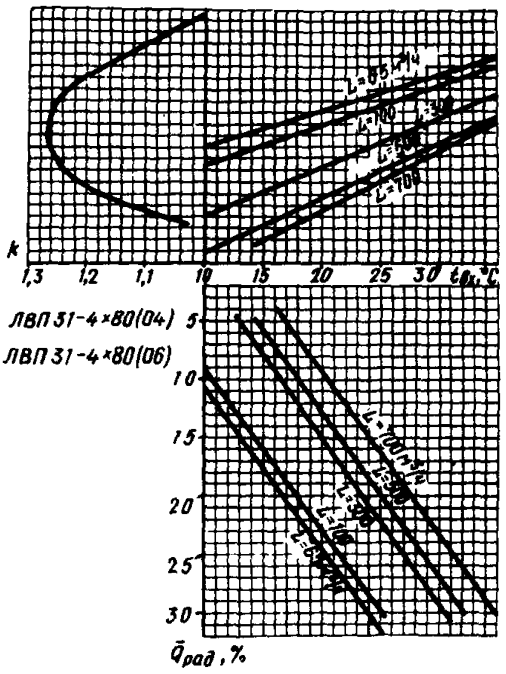
Показатель помещения, i	Коэффициенты отражения, %				
	$\rho_п = 70$, $\rho_с = 50$, $\rho_{пл} = 30$	$\rho_п = 70$, $\rho_с = 50$, $\rho_{пл} = 10$	$\rho_п = 50$, $\rho_с = 50$, $\rho_{пл} = 10$	$\rho_п = 50$, $\rho_с = 30$, $\rho_{пл} = 10$	$\rho_п = 0$, $\rho_с = 0$, $\rho_{пл} = 0$
1	2	3	4	5	6
Светильники ЛВП-31-4х80 (02, 04, 06)					
0,5	21	19	18	16	14
0,6	24	23	22	19	16
0,7	28	26	25	22	19
0,8	31	28	27	26	22
0,9	33	31	30	28	25
1	35	32	31	29	26
1,1	36	33	32	30	27
1,25	38	34	33	32	29
1,5	40	37	36	34	31
1,75	42	38	37	35	32
2	43	39	38	36	33
2,25	45	41	40	38	34
2,5	46	42	41	39	35
3	48	43	42	40	37
3,5	50	44	43	41	38
4	51	45	44	42	39
5 и более	52	46	45	43	40
Светильники ЛВП-31-4х150 (02, 04, 06)					
0,5	17	16	15	14	12
0,6	20	19	18	16	13
0,7	22	21	20	19	16
0,8	25	23	22	21	18
0,9	27	26	25	23	20
1	29	28	27	25	22
1,1	30	29	28	26	23
1,25	32	30	29	27	25
1,5	34	32	31	29	26
1,75	35	33	32	30	27
2	37	33	33	31	28
2,25	38	34	34	32	29
2,5	39	35	34	33	30
3	40	36	35	34	31
3,5	41	37	36	35	32
4	43	38	37	36	33
5 и более	44	38	37	36	34
Светильники ЛВП-33-4х80 (01, 02)					
0,5	20	17	17	16	14
0,6	23	22	21	19	16

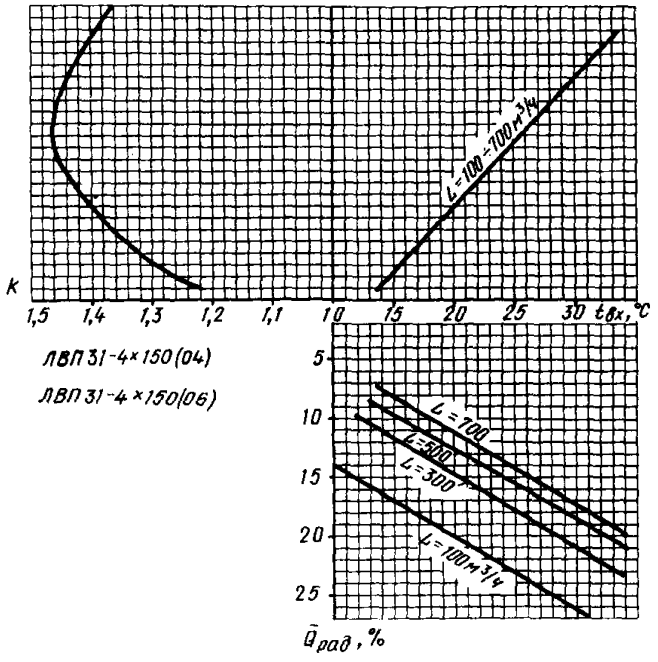
1	2	3	4	5	6
0,7	27	25	24	22	18
0,8	30	27	27	25	21
0,9	32	29	29	26	23
1	34	31	30	28	25
1,1	36	32	31	29	26
1,25	37	34	33	30	28
1,5	40	36	35	32	29
1,75	41	37	36	34	31
2	43	38	37	35	32
2,25	44	40	38	36	33
2,5	45	41	39	37	34
3	47	42	41	39	36
3,5	48	43	42	40	37
4	49	43	42	41	38
5 и более	50	44	43	42	39
		Светильники ЛВП-33-4х150 (01, 02)			
0,5	19	18	17	15	13
0,6	21	20	19	17	14
0,7	23	21	20	19	16
0,8	27	25	24	22	19
0,9	29	27	26	24	21
1	31	29	28	26	23
1,1	32	30	29	27	24
1,25	34	32	31	28	26
1,5	37	34	33	31	28
1,75	38	35	34	32	29
2	40	36	35	33	30
2,25	42	38	36	34	31
2,5	43	39	37	35	32
3	44	40	38	37	33
3,5	46	41	39	38	34
4	47	41	40	39	35
5 и более	48	42	41	40	36
		Светильники ЛВО-31-2х40			
0,5	22	20	20	18	15
0,6	26	25	23	20	16
0,7	31	28	28	24	20
0,8	33	32	30	27	22
0,9	36	34	33	29	24
1	38	36	35	31	27
1,1	40	37	35	33	28
1,25	42	39	38	35	29
1,5	45	42	41	37	31
1,75	48	43	42	39	33
2	50	45	44	41	34
2,5	54	48	47	43	37
3	57	51	48	46	39
3,5	58	53	49	47	41
4	61	54	51	49	42
5 и более	63	55	52	51	43

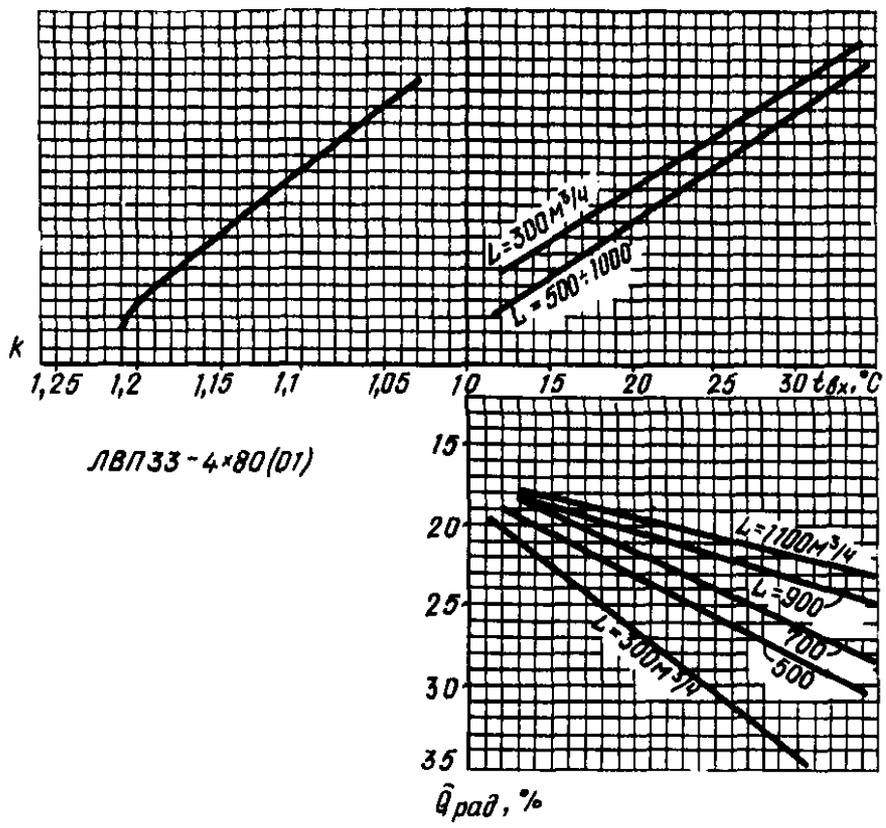
НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА СОВМЕЩЕННЫХ СИСТЕМ

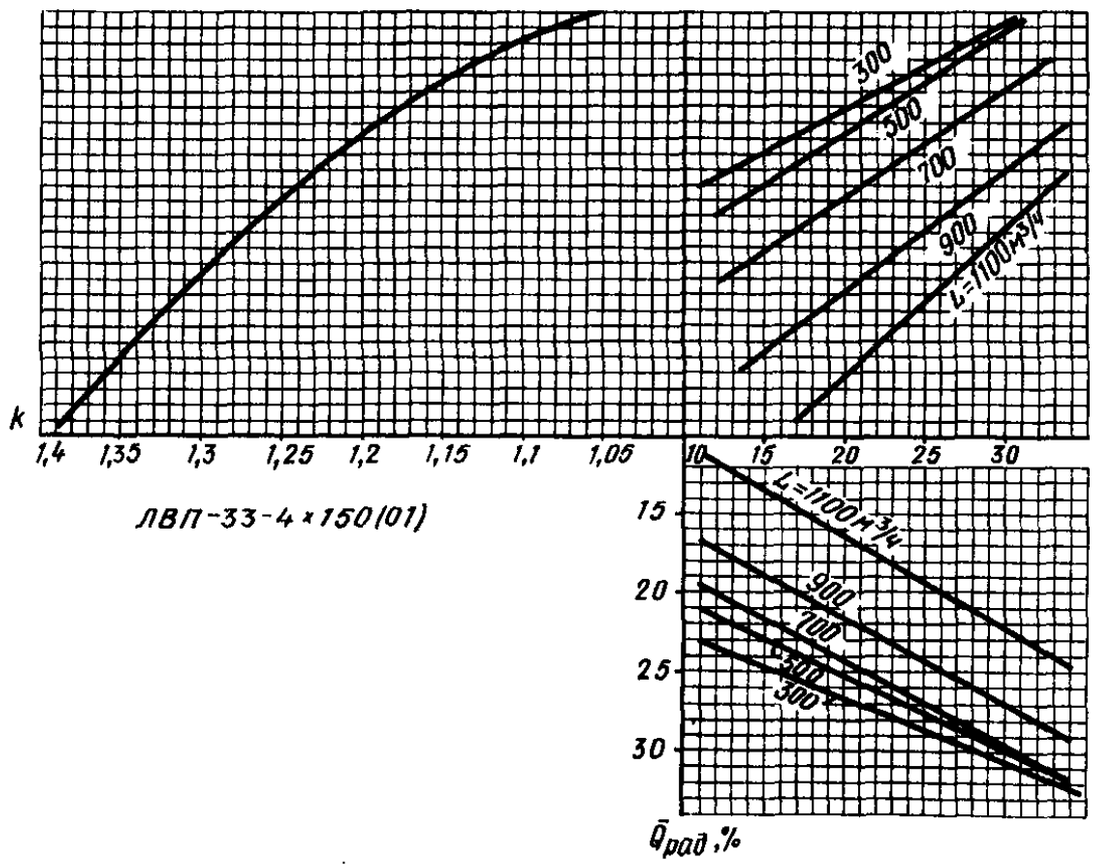


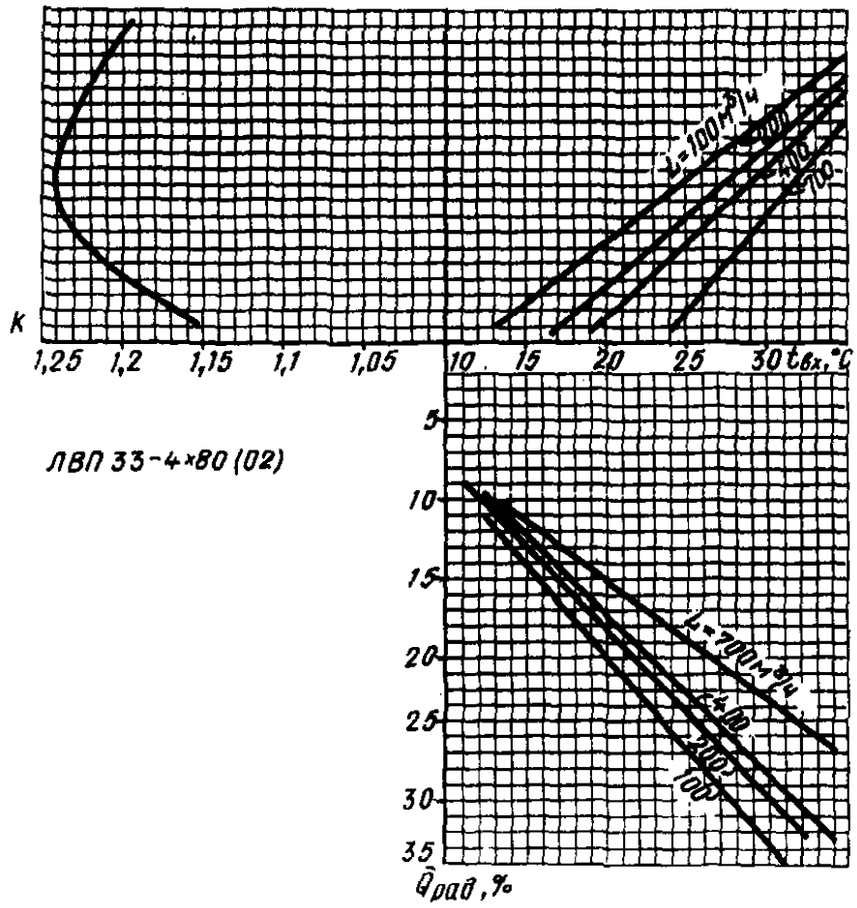



k
1,3
1,2
1,1
10
15
20
25
30
$t_{вх}$, °C
ЛВП 31-4×80(04)
ЛВП 31-4×80(06)
5
10
15
20
25
30
$\bar{Q}_{рад}$, %

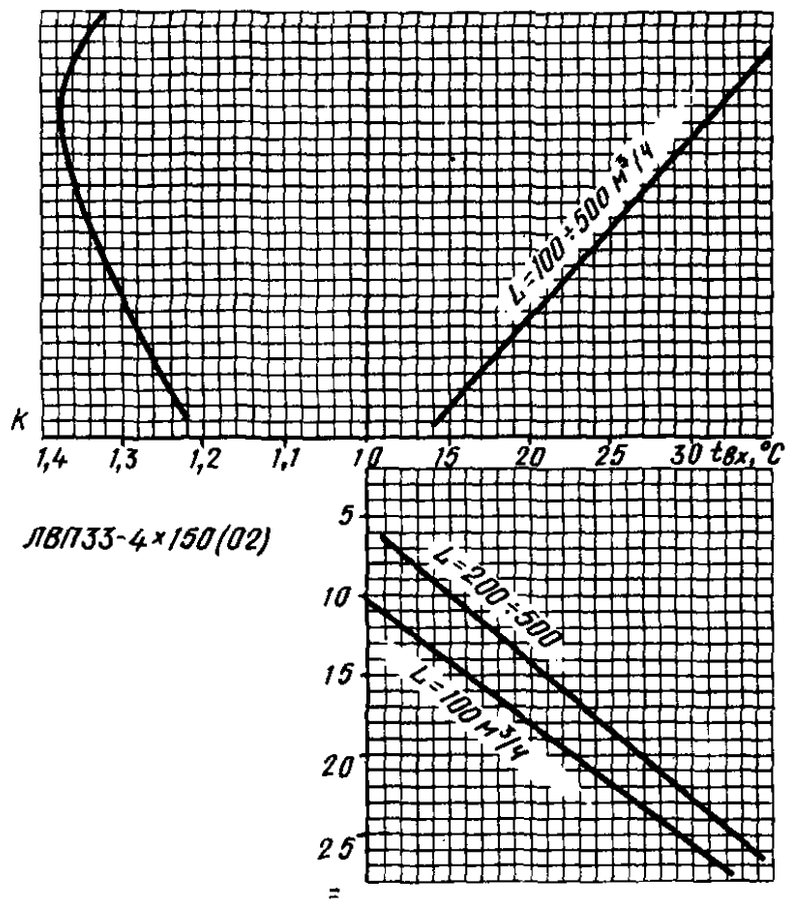

k
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
10
15
20
25
30
$t_{вх}$, °C
ЛВП 31-4×150(04)
ЛВП 31-4×150(06)
5
10
15
20
25
L=700
L=500
L=300
L=100 м³/ч
$\bar{Q}_{рад}$, %


k
1,25 1,2 1,15 1,1 1,05 1,0
L=300 м³/ч
L=500÷1000
10 15 20 25 30 tвх, °C
ЛВП33-4×80(01)
15
20
25
30
35
L=1100 м³/ч
L=900
700
500
L=300 м³/ч
Qрад, %

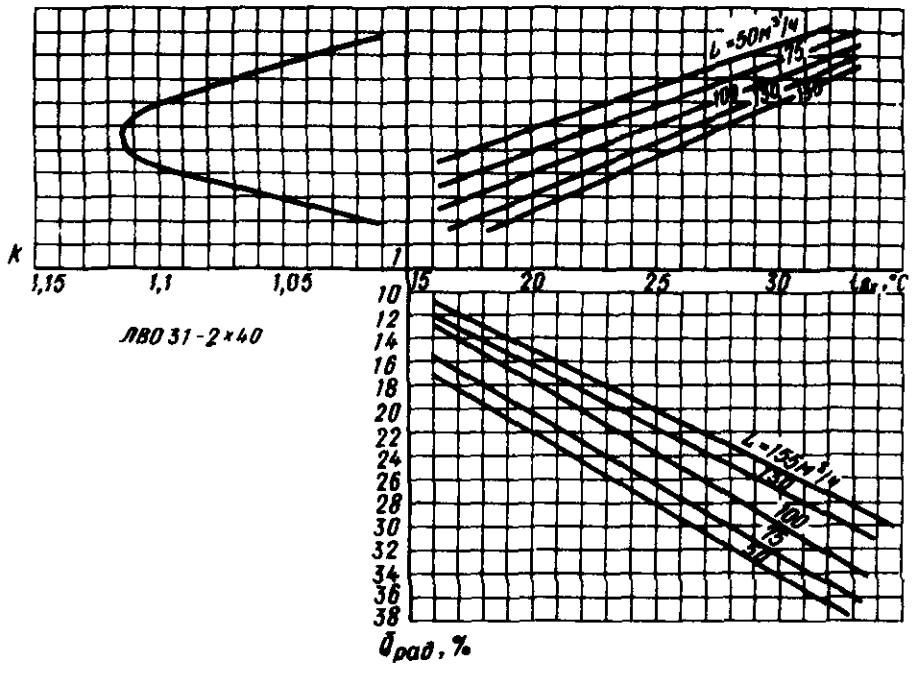

k
1,4 1,35 1,3 1,25 1,2 1,15 1,1 1,05
300
500
700
900
L=1100 м³/ч
10 15 20 25 30
ЛВП-33-4×150(01)
15
20
25
30
L=1100 м³/ч
900
700
500
300
Qрад, %



ЛВП 33-4×80 (02)



ЛВП33-4×150 (02)


K
1,15
1,1
1,05
1
L=50м³/ч
75
100
125
150
15
20
25
30
tвх,°С
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
L=150м³/ч
125
100
75
50
δрад,%

ЛВО 31-2×40

Приложение 4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ СВЕТА, ИЗЛУЧАЕМОГО СВЕТИЛЬНИКАМИ

α°	Сила света (для условного потока ламп 1000 лм), кд													
	ЛВП-31-4х80 (02)		ЛВП-31-4х150 (02)		ЛВП-31-4х150 (04, 06)		ЛВП-31-4х80 (04, 06)		ЛВП-33-4х80 (01, 02)		ЛВП-33-4х150 (01, 02)		ЛВО-31-2х40	
	Плоскости		Плоскости		Плоскости		Плоскости		Плоскости		Плоскости		Плоскости	
	продольные	поперечные	продольные	поперечные	продольные	поперечные	продольные	поперечные	продольные	поперечные	продольные	поперечные	продольные	поперечные
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	169	169	142	142	147	147	175	175	169	169	150	150	171	171
5	169	168	140	142	146	145	175	176	168	168	140	151	171	170
15	161	169	134	138	139	139	166	170	166	169	143	147	163	165
25	147	147	123	128	127	128	152	155	147	150	132	136	148	154
35	129	129	107	112	111	112	133	136	128	131	116	120	130	138
45	106	107	90	93	92	92	111	113	103	108	101	107	109	121
55	81	83	68	74	72	72	86	87	78	90	76	79	82	105
65	55	58	40	48	48	49	60	61	50	63	50	57	57	87
75	27	30	20	26	26	27	31	33	25	30	24	32	32	65
85	4	7	5	7	5	7	7	9	5	8	8	12	10	37
90	–	7	–	–	–	–	–	4	–	–	–	8	–	28
95	–	4	–	–	–	–	–	3	–	–	–	8	–	23
105	–	2	–	–	–	–	–	1,5	–	–	–	4	–	21
115	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	–	18
125	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14
135	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12
145	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10
155	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8
165	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6
175	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4
180	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2
КПД, %	45		43		43		48		46		44		60	

КОНСТРУКЦИИ СОВМЕЩЕННЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ И СПОСОБЫ ИХ УСТАНОВКИ

Светильники серии ЛВП-31 обслуживаются сверху их технического этажа или проходного чердака и имеют три модификации: ЛВП-31 (02), ЛВП-31 (04), ЛВП-31 (06).

1. Светильник типа ЛВП-31 (02) (рис. 1) состоит из корпуса, перекрытого сверху крышкой, на которой крепится патрубок для присоединения к сети воздуховодов. Крышка и отражатель образуют канал для прохода воздуха в камеры, расположенные по торцам светильника, отделенные от собственно светильника перегородками и снабженные веерными решетками для раздачи (или забора) воздуха.

Проходя по каналу, воздух омывает сверху замкнутую полость расположения ламп, охлаждая отражатель и лампы.

Снизу корпус собственно светильника закрыт рассеивателем из органического стекла. Блоки, несущие электромонтажную схему и лампы, при обслуживании откидываются вверх на крышку светильника.

2. Светильник ЛВП-31 (04) (рис. 2) состоит из корпуса собственно светильника и двух воздухораспределительных камер. Крышка корпуса выполняет функции отражателя, снизу корпус закрыт рассеивателем из органического стекла. В торцевых стенках корпуса предусмотрены отверстия для прохода воздуха из воздухораспределительной камеры непосредственно в полость расположения ламп. Воздух движется вдоль ламп, охлаждая их, а также рассеиватель и отражатель.

Воздухораспределительные камеры присоединяются к сети воздуховодов патрубками. Днища воздухораспределительных камер глухие.

При обслуживании светильника блоки с лампами откидываются на крышку светильника.

Если светильники ЛВП-31 (04) устанавливаются в линию (рис. 3), то на всю линию остаются только две воздухораспределительные камеры: одна в начале линии и другая – в конце; промежуточные камеры должны быть сняты.

3. Светильник ЛВП-31 (06) (см. рис. 2) по конструкции собственно светильника аналогичен предыдущей модификации ЛВП-31 (04). Различия имеются только в конструкции воздухораспределительных камер, одна из которых присоединяемая при монтаже к сети приточных воздуховодов, имеет в днище веерную решетку для раздачи воздуха в помещение; днище другой камеры – глухое.

4. В совмещенных системах, выполняемых на базе светильников ЛВП-31, обслуживаемых сверху, для регулирования расхода воздуха, поступающего в светильник, следует предусмат-

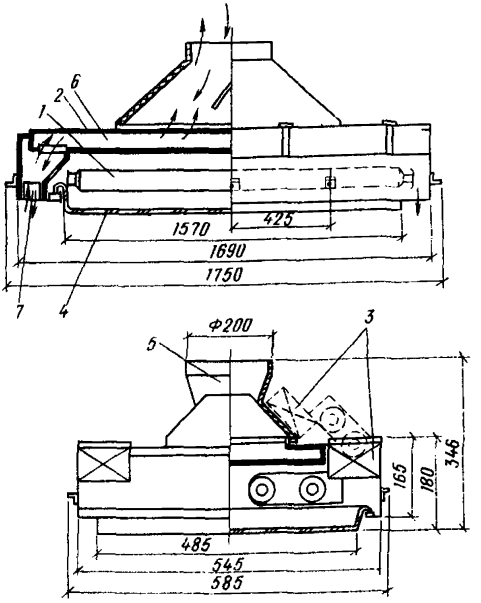


Рис. 1. Светильник ЛВП-31 (02)
1 – лампа; 2 – отражатель; 3 – блок; 4 – рассеиватель; 5 – просоединительный патрубок; 6 – канал для прохода воздуха; 7 – воздухораздающая решетка

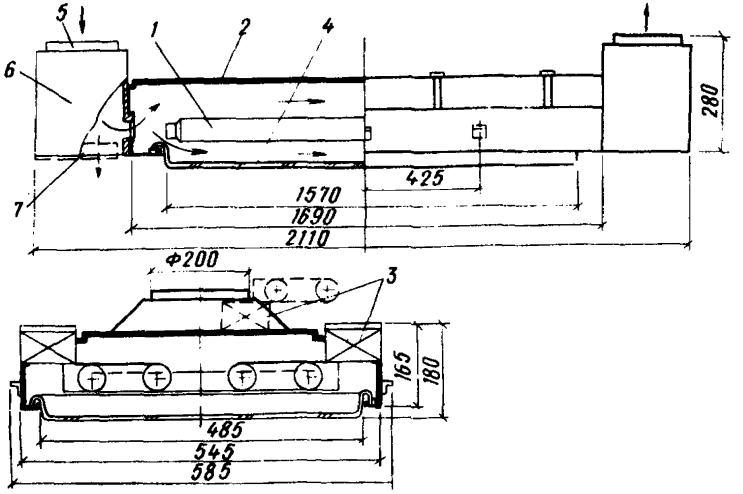


Рис. 2. Светильники ЛВП-31 (04), ЛВП-31 (06)
1 – лампа; 2 – отражатель; 3 – блок; 4 – рассеиватель; 5 – присоединительный патрубок; 6 – воздухораспределительная камера; 7 – воздухораздающая решетки [только для ЛВП-31 (06)]

ривать устройство шиберных заслонок или других регуляторов расхода в подводящих воздуховодах, так как в светильниках регуляторы расхода воздуха отсутствуют.

Светильники серии ЛВП-33 обслуживаются снизу из освещаемого помещения и имеют две модификации: ЛВП-33(01) и ЛВП-33(02).

1. Светильник ЛВП-33(01) (рис. 4) состоит из корпуса, перекрытого сверху крышкой, в центре которой расположен патрубок для присоединения к сети воздуховодов. В корпус вставлены блоки с электромонтажной схемой и лампами; блоки служат отражателями. В корпусе светильника между блоками имеется перемычка, снизу корпус закрыт рассеивателем из органического стекла. Крышка, блоки-отражатели и перемычка между ними образуют канал для перемещения воздуха, который омывает сверху замкнутую полость расположения ламп. В торцах светильника канал заканчивается решетками для раздачи (забора) воздуха.

При обслуживании светильника рассеиватель откидывается вниз и повисает на петлях, открывая доступ к лампам. Для обслуживания пускорегулирующих аппаратов (ПРА) необходимо вынуть блок из корпуса.

При наладке системы расход воздуха через светильники регулируется лепестковым клапаном, установленным в присоединительном патрубке.

2. Светильник ЛВП-33(02) (рис. 5) состоит из корпуса, перекрытого сверху крышкой, а снизу – рассеивателем из органического стекла. В корпусе установлены 2 секции отражателя, к которым крепятся блоки и лампы.

В торце светильника расположена воздухораспределительная камера, выполненная в едином корпусе с собственно светильником. Для присоединения к сети приточных воздуховодов камера имеет патрубок с лепестковым клапаном, позволяющим регулировать расход воздуха при наладке системы. Днище камеры представляет собой веерную решетку для раздачи воздуха. При необходимости решетка откидывается, открывая доступ к лепестковому клапану.

Через отверстия в отражателе воздух из камеры поступает в полость расположения ламп, перемещается по ней и выбрасывается на чердак через симметричные отверстия в отражателе и затем в крышке светильника.

Обслуживание светильника ЛВП-33(03) производится аналогично обслуживанию модификации ЛВП-33(01).

3. В светильниках ЛПВ-33(02) и ЛВП-31(06) на охлаждение собственно светильника направляется 15% общего объема воздуха, подаваемого из сети к светильнику.

Светильник ЛВО-31 обслуживается снизу из освещаемого помещения.

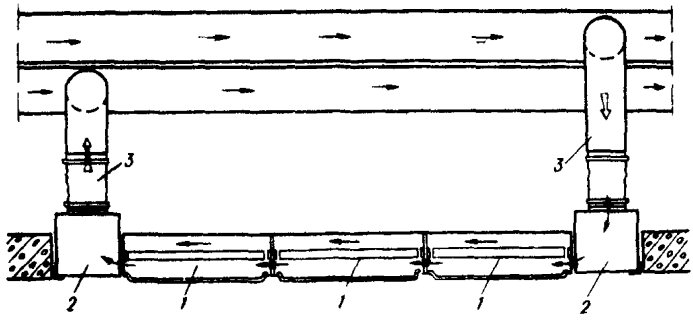


Рис. 3. Установка светильников ЛВП-31 (04) в линию (или в цепочку)
1 – светильник ЛВП-31 (04); 2 – воздухораспределительная камера; 3 – воздуховоды для присоединения к магистральной сети

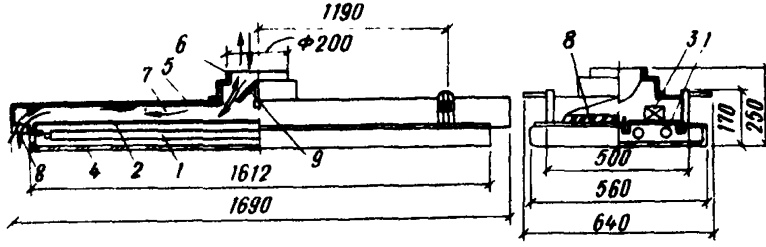


Рис. 4. Светильник ЛВП-33 (01)
1 – лампа; 2 – отражатель; 3 – блок; 4 – рассеиватель; 5 – крышка светильника; 6 – присоединительный патрубок; 7 – канал для движения воздуха; 8 – воздухораздающая решетка; 9 – регулирующий лепестковый клапан

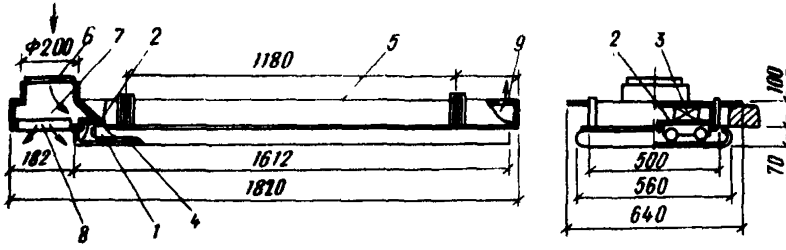


Рис. 5. Светильник ЛВП-33 (02)
1 – лампа; 2 – отражатель; 3 – блок; 4 – рассеиватель; 5 – крышка светильника; 6 – присоединительный патрубок; 7 – воздухораспределительная камера; 8 – воздухораздающая решетка; 9 – отверстие для выхода воздуха на чердак

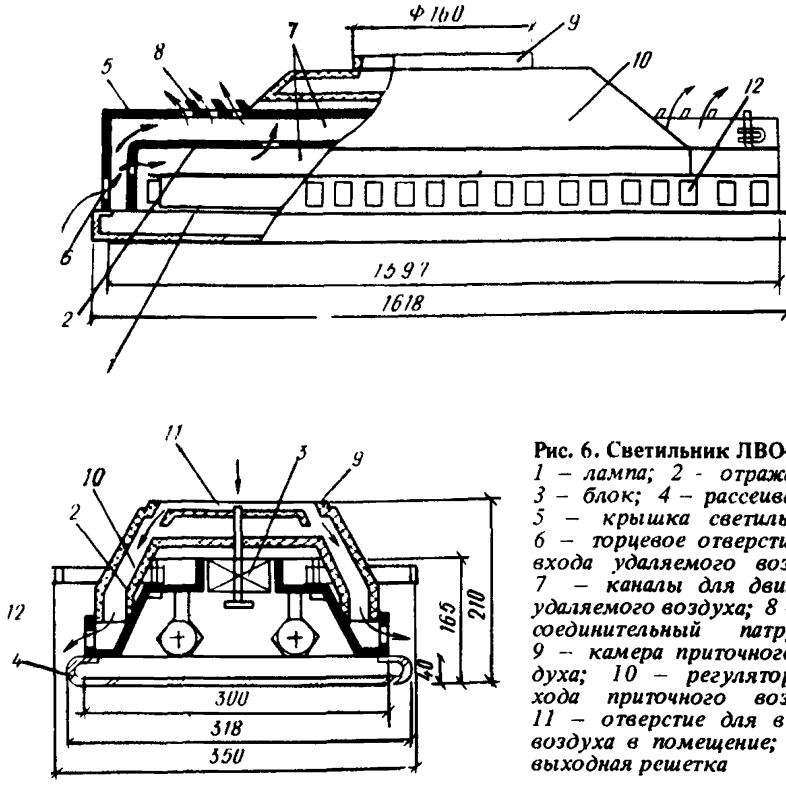


Рис. 6. Светильник ЛВО-31
1 – лампа; 2 - отражатель; 3 – блок; 4 – рассеиватель; 5 – крышка светильника; 6 – торцевое отверстие для входа удаляемого воздуха; 7 – каналы для движения удаляемого воздуха; 8 – присоединительный патрубок; 9 – камера приточного воздуха; 10 – регулятор расхода приточного воздуха; 11 – отверстие для выхода воздуха в помещение; 12 – выходная решетка

Собственно светильник (рис. 6) состоит из корпуса, съемных панелей отражателя, на которых размещаются лампы и ПРА, и рассеивателя из органического стекла.

Воздух из помещения поступает в корпус светильника через отверстия в торце, проходит по каналам, образованным отражателем и рассеивателем, отражателем и крышкой, и выходит в запотолочное пространство через отверстия в крышке светильника, закрытые жалюзийными решетками.

Сверху к собственно светильнику присоединена пластмассовая камера для подачи приточного воздуха, имеющая в центре верхней части патрубок для присоединения к сети приточных воздуховодов. Воздух поступает в помещение через щелевидные отверстия в нижней части камеры и настилается на потолок; выходные отверстия закрыты решеткой. Расход приточного воздуха регулируется клапаном тарельчатого типа.

При обслуживании светильника рассеиватель снимается и открывается доступ к лампам, ПРА и регулирующему винту тарельчатого клапана.

Рис. 7. Узел крепления ЛВП-31 в проеме перекрытия
1 – блок; 2 – корпус светильника; 3 – скоба для фиксации; 4 – панель перекрытия; 5 – уплотняющая прокладка; 6 – прокладка (предусматривается строителями); 7 – опорная рама – элемент перекрытия

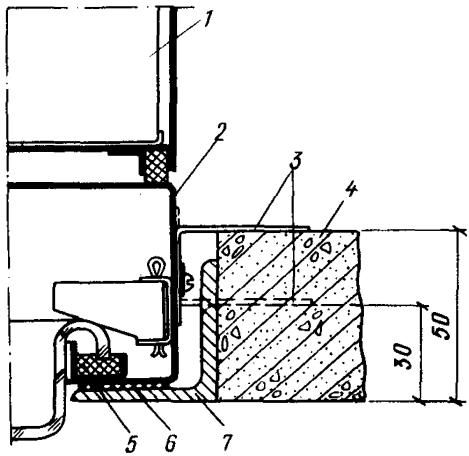


Рис. 8. Узел крепления светильников ЛВП-33 в проеме перекрытия
1 – корпус; 2 – регулирующий винт; 3 – опорная скоба; 4 – панель перекрытия; 5 – уплотняющая прокладка; 6 –опорная рама – элемент перекрытия

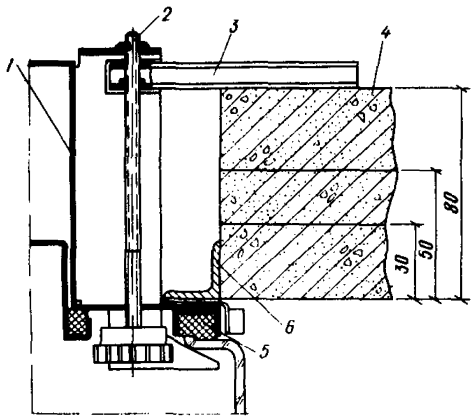
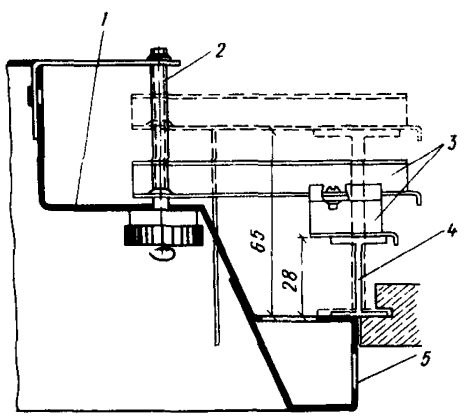


Рис. 9. Узел крепления светильников ЛВО-31 в проеме перекрытия
1 – корпус; 2 – регулирующий винт; 3 – опорная скоба; 4 – несущий профиль подвесного потолка; 5 – отверстие для выхода воздуха в помещение



Светильники ЛВП-31, ЛВП-33 и ЛВО-31 устанавливаются в строительные проемы перекрытия или подшивного потолка и опираются либо на плиту перекрытия (ЛВП-33), либо на специальную опорную раму (ЛВП-31, ЛВО-31).

1. Светильники серии ЛВП-31 устанавливаются в проемы сверху, из технического этажа, а светильники ЛВП-33 и ЛВО-31 заводятся в проем снизу, из обслуживаемого помещения.

2. Светильники ЛВП-31 опираются (рис. 7) корпусом на специальную раму из уголка, являющуюся элементом перекрытия. Положение светильника фиксируется специальными скобами. Для уплотнения проема между рамой и опорной частью светильника строителями должна быть предусмотрена резиновая прокладка.

Конструкция скобы позволяет фиксировать положение светильника в перекрытии толщиной 30 или 50 мм.

3. Светильники ЛВП-33 опираются (рис. 8) четырьмя скобами непосредственно на плиты перекрытия. При этом корпус светильника снизу прилегает к металлической раме, являющейся элементом перекрытия.

При установке светильника винт, регулирующий положение скобы по высоте относительно корпуса светильника, натягивается до упора с тем, чтобы корпус светильника был плотно прижат к раме.

Длина нарезки винта позволяет устанавливать светильники в перекрытие толщиной от 30 до 80 мм.

4. Светильники ЛВО-31 опираются (рис. 9) четырьмя скобами на несущий профиль подшивного потолка. При этом выступающая часть корпуса светильника снизу прилегает к несущей конструкции потолка.

При установке светильника винт, регулирующий положение скобы по высоте относительно корпуса светильника, затягивается до упора с тем, чтобы корпус светильника был плотно прижат к панели потолка. Длина нарезки винта позволяет устанавливать светильники в подшивных потолках с высотой несущих конструкций от 28 до 65 мм.

При установке светильника ЛВО-31 следует обратить особое внимание на то, что верхний край отверстия для выхода воздуха в помещение должен совпадать с низом плиты подшивки или находиться ниже его на несколько миллиметров.

5. При транспортировке светильников ЛВП-33 и ЛВО-31 опорные скобы размещают вдоль корпуса светильника. Скоба выводится в рабочее положение (перпендикулярно корпусу светильника, рис. 8 и 9) поворотом винта после того, как светильник заведен снизу в проем перекрытия или подшивного потолка.

ЦНИИПромзданий Госстроя СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ, СОВМЕЩЕННЫХ С ОСВЕЩЕНИЕМ

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Г.А. Жигачева
Редактор О.Г. Дриньяк
Младший редактор А.Н. Ненашева
Технический редактор Р.Я. Лаврентьева
Корректор В.И. Галюзова
Н/К

Подписано в печать 8.09.82 Т-20156 Формат 84x108 1/32
Бумага офсетная 80 г/м^2 Печать офсетная
Набор машинописный Усл.печ.л. 2,52 Усл.кр.-отт. 2,78
Уч.-изд.л. 2,9 Тираж 3000 экз. Изд. № XII-9534 Зак. №693.
Цена 15 коп. Заказное

Стройиздат, 101442, Москва. Каляевская, 23а

Тульская типография Союзполиграфпрома при
Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли
. Ленина, 109.

gost.e-ecolog.ru