

**ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ, ПИТАЮЩЕГО  
ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ, НА ЗРИТЕЛЬНУЮ  
РАБОТОСПОСОБНОСТЬ**

В. Д. НИКИТИН, Л. А. ЗАСПАНОВ, Н. А. ДУЛЬЗОН

(Представлена научным семинаром кафедр светотехники и источников света  
и электрических систем и сетей)

Изменения напряжения в сети во времени приводят к соответствующим изменениям светового потока источников света, а следовательно, и освещенности. Источники света предназначены для работы при указанном для них номинальном напряжении. При напряжениях, отличающихся от номинального, характеристики источников и ПРА меняются. Особенно заметно влияние изменений напряжения на срок службы ламп и ПРА, а также на световой поток ламп.

Влияние изменения напряжения на срок службы газоразрядных ламп и ПРА является предметом особых исследований и в настоящей работе не рассматривается.

Помимо длительных отклонений напряжения в осветительных сетях часто возникают кратковременные быстрые отклонения, так называемые колебания напряжения, чаще всего обусловленные пуском или режимом работы достаточно мощных силовых потребителей, питаемых от общих с источником света трансформаторов.

ПУЭ, в основном по данным исследований Г. М. Кнорринга [1], устанавливают следующие требования: для осветительных ламп колебания напряжения до 1,5% допускаются без ограничения частоты, колебания в 1,5—4% должны происходить не более 10 раз в час, а колебания более 4% — не чаще одного раза в час. По существу эти же требования вошли в ГОСТ на качество электроэнергии (ГОСТ 13109-67), которым допускаются на зажимах осветительных ламп колебания напряжения (сверх допустимых отклонений напряжения) в зависимости от частоты их повторений по формуле

$$V_t = 1 + \frac{6}{n},$$

где  $V_t$  — колебания напряжения, %,  
 $n$  — число повторений, час<sup>-1</sup>.

Тот же ГОСТ допускает для осветительных установок отклонения напряжения от номинального в пределах от минус 2,5 до плюс 5%.

Однако исследования Г. М. Кнорринга были проведены в довоенные годы на лампах накаливания.

В доступной нам литературе отсутствуют сведения об исследованиях, подобных исследованию Г. М. Кнорринга, но на газоразрядных лампах. В настоящее время эти лампы находят самое широкое распространение, и по СНиП П-А. 9-71 становятся основным источником све-

та при проектировании осветительных установок. Это делает актуальным исследование влияния колебаний напряжения на условия освещения газоразрядными лампами.

Целью работы было экспериментальное исследование влияния глубины и частоты колебаний напряжения на условия освещения газоразрядными лампами. Было проведено 3 эксперимента. В первом

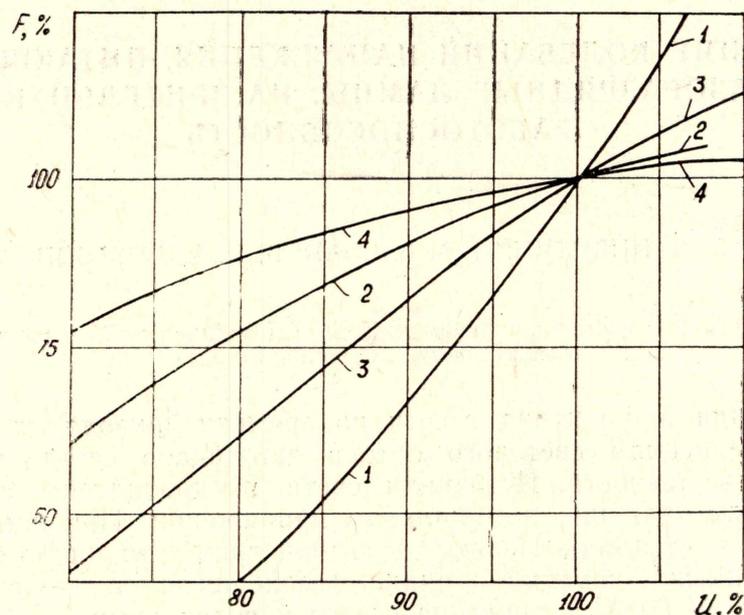


Рис. 1. Зависимость светового потока ламп накаливания и люминесцентных ламп при двухламповой схеме включения от напряжения. 1 — лампа накаливания; 2 — люминесцентные лампы при двухламповой компенсированной схеме включения (суммарный поток); 3 — лампа отстающего тока; 4 — лампа опережающего тока

эксперименте для исследования влияния колебаний напряжения сети на зрительную и общую работоспособность изучались уровни и динамика функций, характеризующих состояние зрительного анализатора и центральной нервной системы. В качестве критерия для оценки степени утомления применялось относительное изменение уровней исследуемых показателей под влиянием дозированной зрительной нагрузки. В эксперименте участвовали тренированные наблюдатели с нормальным зрением в возрасте 20—25 лет (4—6 человек в каждой серии наблюдений).

Осветительная установка была смонтирована в помещении почти квадратной формы ( $9,5 \times 8,5$  м), высотой 3,5 м, с коэффициентами отражения  $\rho_n = 0,7$ ;  $\rho_{ст} = 0,6$ ;  $\rho_p = 0,3$ . Установка была выполнена 21 светильником ШОД-2  $\times$  40 с лампами ЛДЦ-40, удельная мощность —  $20,7$  Вт/м<sup>2</sup>, освещенность — 300 лк.

Для создания периодических колебаний напряжения на комплекте лампы — ПРА использован однофазный трансформатор Т (рис. 2) мощностью 2,5 кВА,  $U_1 = 220$  В,  $U_{2\text{мин}} = 180$  В,  $U_{2\text{макс}} = 260$  В с подмагничиванием постоянным током. Подобные трансформаторы обеспечивают широкий диапазон регулирования напряжения и достаточно быстрое действие [4, 5].

Обмотка управления трансформатора Т запитывается от сети 220 В через автотрансформатор ЛАТР и выпрямительный мост на диодах. В цепь обмотки введено дополнительное сопротивление R,

шунтированное оперативным контактом К релейной схемы управления колебаниями напряжения. Последняя, воздействуя на контакт К, позволяет регулировать длительность и частоту изменения импульсов колебания напряжения во вторичной обмотке трансформатора. Глубина колебаний регулируется изменением сопротивления R.

Методика собственно исследования заключалась в следующем. У наблюдателей после 15-минутной адаптации по стандартным методикам исследовались: время различения, острота зрения, устойчивость ясного видения, скорость и качество выполнения корректурных проб,

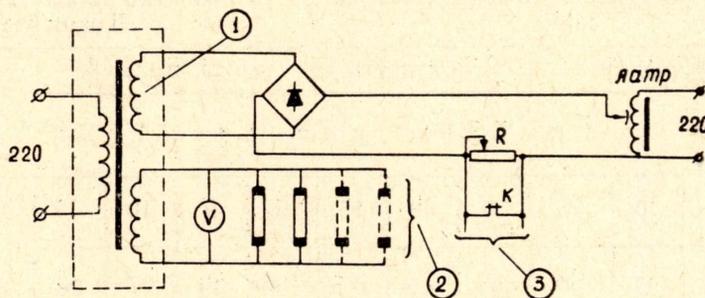


Рис. 2. Схема испытательной установки: 1 — обмотка управления; 2 — осветительная нагрузка; 3 — цепь релейной схемы управления колебаниями напряжения

буквенных и с кольцами Ландольта. Затем испытуемые в течение 2 часов выполняли напряженные зрительные работы электролампового производства — браковку спиралей или электродов. Оператор в течение этого времени создавал (или не создавал) колебания определенной глубины (0; 5; 10; 15%) и частоты. График и характер изменений напряжения испытуемые не знали. После окончания времени работы исследование по тем же физиологическим показателям повторялось и делались выводы о качестве и производительности труда за истекшие два часа. Эти исследования проводились в течение 56 рабочих дней. Результаты исследований были подвергнуты статистической обработке.

В табл. 1 приведена зависимость устойчивости ясного видения и времени различения (в сравнении с исходным уровнем) от амплитуды колебаний для частоты 30 и 60 колебаний в час. При уровне значимости  $p = 0,05$  различия в показателях при наличии колебаний напряжения и в их отсутствии становятся статистически достоверными при  $\Delta U \geq 10\%$ .

Таблица I

Устойчивость ясного видения и время различения при разных амплитудах и частотах колебаний и достоверность различий в показателях ( $p=0,05$ )

Частота колебаний, час <sup>-1</sup>	Устойчивость ясного видения						Время различения							
	Показатель, относительные единицы			Вероятность			Показатель, %			Вероятность				
	Г л у б и н а   к о л е б а н и й,   %													
	0	5	10	15	5	10	15	0	5	10	15	5	10	15
30	0,9	0,89	0,85	0,80	>p	<p	<p	114	117	122	134	>p	<p	<p
60	0,9	0,88	0,82	0,77	>p	<p	<p	114	122	127	145	<p	<p	<p

Зависимость производительности труда при обработке корректурных проб (в сравнении с исходным уровнем) от амплитуды и частоты колебаний напряжения и данные о достоверности различий вышеназванных показателей в условиях наличия и отсутствия колебаний напряжения приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Производительность труда при разных амплитудах и частотах колебаний и достоверность различий в показателях (уровень значимости  $p=0,05$ )**

Частота колебаний, числ <sup>-1</sup>	Обработка буквенных корректурных проб						Обработка таблиц с кольцами Ландольта							
	Показатель, %			Вероятность			Показатель, %			Вероятность				
	Г л у б и н а    к о л е б а н и й,    %													
	0	5	10	15	5	10	15	0	5	10	15	5	10	15
30	97	96	93	90	> <i>p</i>	< <i>p</i>	< <i>p</i>	100	99	97	96	> <i>p</i>	< <i>p</i>	< <i>p</i>
60	97	95	91	88	< <i>p</i>	< <i>p</i>	< <i>p</i>	100	99	96	94	> <i>p</i>	< <i>p</i>	< <i>p</i>

Зависимость показателей качества обработки корректурных проб (в сравнении с исходным уровнем) от амплитуды колебаний для частоты 30 и 60 колебаний в час и данные о достоверности различий содержатся в табл. 3.

Таблица 3

**Качество обработки корректурных проб при разных амплитудах и частотах колебаний и достоверность различий в показателях (уровень значимости  $p=0,05$ )**

Частота колебаний, числ <sup>-1</sup>	Качество обработки буквенных корректурных проб						Качество обработки таблиц с кольцами Ландольта							
	Показатель, %			Вероятность			Показатель, %			Вероятность				
	Г л у б и н а    к о л е б а н и й,    %													
	0	5	10	15	5	10	15	0	5	10	15	5	10	15
30	100	99	95	93	> <i>p</i>	< <i>p</i>	< <i>p</i>	100	99,5	99	98,5	> <i>p</i>	< <i>p</i>	< <i>p</i>
60	100	97	94	92	> <i>p</i>	< <i>p</i>	< <i>p</i>	100	99,5	99	98	< <i>p</i>	< <i>p</i>	< <i>p</i>

Во втором эксперименте, проводившемся на той же установке, исследована субъективная оценка колебаний напряжения в сети с газоразрядными лампами с целью установить кривую пороговой видимости миганий и кривую порога раздражения. Эксперимент заключался в том, что амплитуда колебаний напряжения постепенно увеличивалась от нуля. За пороговое значение принималось такое, при котором 75% наблюдателей обнаруживали изменение освещенности. Во время эксперимента 6 испытуемых проводили зрительную работу средней точности (разряд IV г по СНиП-71) и на специальных бланках фиксировали время, когда они замечали колебания освещенности (яркости).

Исследование порогов видимости миганий показало (рис. 3), что соответствующие значения колебаний напряжения при лампах нака-

ливания [6] и люминесцентных лампах (в исследованной нами области) существенно разнятся.

Сравнение влияния колебаний напряжения на освещение газоразрядными лампами и лампами накаливания было целью третьего эксперимента, проходившего в камере  $1,4 \times 1,4 \times 1,4$  м с белыми стенами ( $\rho_{\text{ст}} = 0,8$ ) и световым потолком, освещаемым на просвет светильником ОД-2 $\times$ 40 с лампами ЛБ-40, либо 6 лампами накаливания. Яркость потолка была одинаковой как при газоразрядных лампах, так и при лампах накаливания; освещенность рабочей поверхности в камере достигала 360 лк. Для создания периодических колебаний напряжения использовался этот же регулятор (рис. 2).

В этом эксперименте исследовалась зависимость производительности и качества труда при обработке корректурных проб от колебаний напряжения, питающего лампы накаливания либо люминесцентные лампы. Результаты представлены на рис. 4 и показывают уменьшение числа просмотренных знаков и снижение качества выполнения проб при увеличении амплитуды и частоты колебаний, а также при переходе от люминесцентных ламп к лампам накаливания.

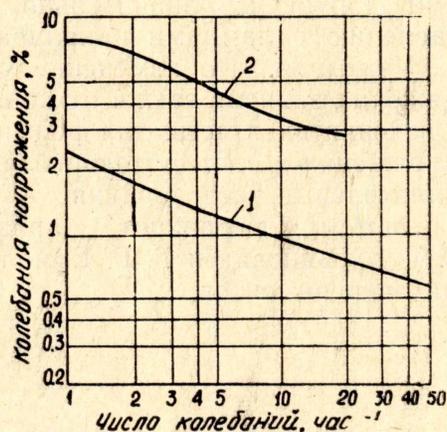


Рис. 3. Влияние колебаний напряжения на порог видимости мигания; 1 — порог видимости мигания при лампах накаливания; 2 — порог видимости мигания при люминесцентных лампах

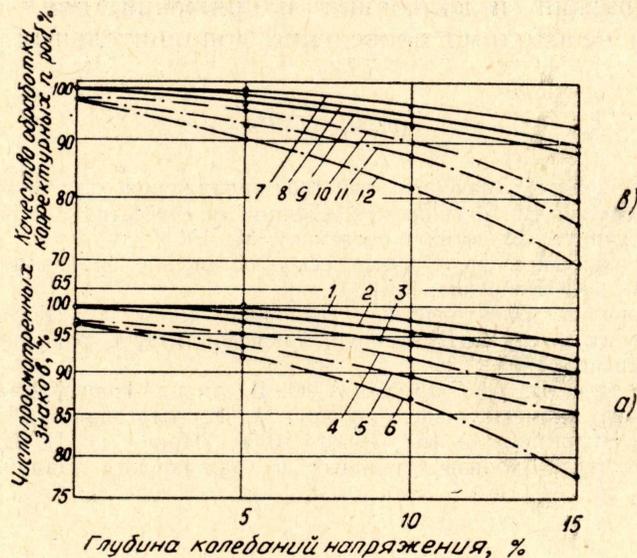


Рис. 4. Зависимость производительности (а) и качества (б) труда от колебаний напряжения в сети с газоразрядными лампами и лампами накаливания: — люминесцентные лампы; - - - лампы накаливания; 1, 4, 7, 10 — 10 колеб/час; 2, 5, 8, 11 — 30 колеб/час; 3, 6, 9, 12 — 60 колеб/час

Коротко остановимся на отклонениях напряжения. Известно, что у люминесцентных ламп при отклонениях напряжения в сети световой

поток изменяется меньше, чем у ламп накаливания [2, 3]. Из рис. 1 нетрудно видеть, что одинаковое относительное снижение светового потока у люминесцентных ламп при 2-ламповой компенсированной схеме питания по сравнению с лампами накаливания наблюдается при отклонениях напряжения, в 2—3 раза больших, т. е. для люминесцентных ламп допустимы значительно большие отклонения напряжения по сравнению с лампами накаливания.

Учитывая, что изменение светового потока при отклонениях напряжения зависит также от конкретных типов источников света и схем включения их в сеть, для решения вопроса о допустимых отклонениях напряжения в сети, питающей люминесцентные лампы, необходимы дополнительные исследования.

Авторы выражают признательность Н. И. Белобородовой, В. А. Курьянович и Г. Г. Ермолову за участие в постановке и проведении экспериментов.

### Выводы

1. Колебания напряжения в сети с газоразрядными лампами освещения в исследованном диапазоне частот при глубине до 10% не сказываются на функциях, характеризующих состояние зрительного анализатора и центральной нервной системы. При глубине колебаний более 10% установлено статистически достоверное снижение зрительных и других функций, а также количественных и качественных показателей труда.

2. В сетях с газоразрядными лампами допустимы большие, чем в сетях с лампами накаливания, отклонения напряжения.

3. ГОСТ на качество электроэнергии и ПУЭ требуют уточнения допустимых отклонений и колебаний напряжения для газоразрядных ламп, для чего необходимо проведение дополнительных исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Кнорринг. Значение качества напряжения для осветительных установок. Сб. «Доклады на Всесоюзной конференции по качеству напряжения и его регулированию в электрических сетях и системах». М., 1961.
2. Н. В. Волоцкой и др. Электрическое освещение производственных и гражданских зданий. М.—Л., «Энергия», 1964.
3. А. П. Иванов. Электрические источники света. М., Госэнергоиздат, 1955.
4. А. М. Бамдас, С. В. Шапиро. Трансформаторы, регулируемые подмагничиванием. М., «Энергия», 1965.
5. А. М. Бамдас, В. А. Сомов, А. О. Шмидт. Трансформаторы и стабилизаторы, регулируемые подмагничиваем шунтов. М., Госэнергоиздат, 1959.
6. El. Power Distribution for Ind. Plants, 1956. Прив. по Н. В. Волоцкой и др. Электрическое освещение производственных и гражданских зданий. М.—Л., «Энергия», 1964.