

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Развитие идей энергосбережения в России, как и во всем мире, тесно связано с экономическими кризисами. Более 20 лет прошло с начала процесса формирования механизмов государственной политики в области энергосбережения РФ.

Основными направлениями реализации идей энергосбережения являются:

- технические мероприятия;
- организационные мероприятия.

Отсутствие, несовершенство (устаревание) правовых, нормативно-технических баз количественных и качественных параметров электроэнергии, электрооборудования (в том числе осветительного оборудования) являются одной из главных причин низкой энергоэффективности.

Пересмотрев и разработав нормативно-техническую базу количественных параметров осветительных приборов, можно повысить качество освещения, снизить энергоемкость осветительных установок (далее ОУ), производственный травматизм, повысить производительность труда, сократить потери.

Для совершенствования нормативно-технической базы количественных параметров освещения необходимо провести исследования в области методологии расчетов систем освещения, определения коэффициентов запаса, влияния коэффициента запаса на технические характеристики ОУ [1].

**Целью исследования** является анализ влияния коэффициента запаса на количественные параметры ОУ на примере расчета внутреннего освещения телятника светодиодными световыми приборами.

Для достижения поставленной цели следует решить ряд задач, таких как анализ нормативно-технической базы количественных параметров световых приборов сельхозпредприятий и организаций, анализ влияния коэффициента запаса на расчет количественных параметров общего внутреннего светодиодного освещения.

В ходе исследования были выстроены функциональные зависимости:

- энергоэффективности светодиодной установки от значения коэффициента запаса;
- нагрузки на электрическую сеть от значения коэффициента запаса;
- показателей освещённости от значения коэффициента запаса;
- количества светодиодных источников света от значения коэффициента запаса.

Проведенное исследование имеет большую практическую значимость, так как выявило влияние коэффициента запаса на параметры ОУ (снижение потерь электроэнергии, повышение качества освещения и др.).

**Материалы, методы и объекты исследования.** Для проведения исследования был произведен расчет освещения выбранного объекта тремя методами, что позволило провести анализ влияния коэффициента запаса на количественные параметры искусственного освещения.

Исследования выполнялись для следующих видов освещения:

- общего освещения;
- аварийного освещения;
- эвакуационного освещения [2].

При расчёте вышеуказанных видов освещения применялись различные способы и методы расчета: точечный метод, метод коэффициента использования светового потока, метод удельной мощности.

Анализ проведенного исследования проводился на основании светотехнического проекта ОУ небольшого фермерского предприятия (телятника) тремя методами.

1. Метод коэффициента использования светового потока. Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета общего равномерного освещения поверхностей без крупных затеняющих предметов. Данный метод учитывает и прямой, и отраженный свет (Кнорринг, 1992).

2. Точечный метод. Точечный метод позволяет определить освещенность в любой точке на рабочей поверхности, как угодно расположенной в пространстве (горизонтально, вертикально и наклонно). Точечный метод применяют, когда невозможно применить другой метод расчета (локализованное и наружное освещение). Точечный метод также применяется в качестве проверочного расчета, когда необходимо оценить фактическое распределение освещенности на освещаемой поверхности [2].

3. Метод удельной мощности. Метод удельной мощности считается разновидностью метода коэффициента использования, в упрощенной форме допускается применение методики на всех стадиях проектирования вместо полного светотехнического расчета. Удельная мощность (W) – это отношение общей мощности ламп, установленных в помещении, к площади помещения ( $\text{Bt}/\text{m}^2$ ) [2].

В качестве объекта исследования выступает система *внутреннего искусственного освещения*, предмет исследования – *коэффициент запаса*.

Процесс теоретических и расчетно-практических исследований нацелен на определение влияния коэффициента запаса, на количественные показатели внутреннего освещения. Для расчета была составлена линейка значений коэффициентов (табл. 1). Коэффициента запаса ( $K_{\text{зап}}$ ) учитывает уменьшение светового потока ( $\Phi$ , лм) (Кнорринг, 1992).

Таблица 1. Задаваемые параметры коэффициентов

Коэффициент	№1	№2	№3	№4	№5	№6
$K_{\text{зап}}$	1,3*	1,15*	1,1*	1,09	1,08	1,06

– \* Значение коэффициентов согласно ОСН-АПК 2.10.24.-001-04 [3] и рекомендации производителей СП

Выбор световых приборов. В РФ в последние годы LED-освещение стали активно использовать в промышленности, в сельском хозяйстве и т.п.

Для общего освещения основных помещений телятника, где содержатся животные, проанализировав технические характеристики светодиодных светильников, были выбраны световые приборы (СП) и источники света (ИС) ДСП44 Flagman [4, 5, 6]. СП данного типа предназначены для общего освещения помещений с повышенным содержанием пыли и влаги, складских помещений, морозильных камер, сельскохозяйственных помещений, мастерских и т.п. Для эвакуационного освещения был выбран подвесной светодиодный светильник ДБ069 Pluton [4, 5, 6].

*Исследование влияния коэффициента запаса на расчет освещения методом коэффициента использования светового потока.* Количество СП для каждого помещения, согласно методике, определяем по формуле (Кнорринг, 1992):

$$N_{\text{сп}} = \frac{E_{\text{норм}} \times S_i \times Z \times K_{\text{зап}}}{\Phi_{\text{ст}} \times \eta_i \times n_{\text{л}}}, \quad (1)$$

где  $n_{\text{л}}$  – количество ИС в СП.

Как видно из формулы (1), количество СП зависит от значения  $K_{\text{зап}}$ . Приведем сравнительный анализ зависимости количества СП в трех помещениях при различных коэффициентах запаса (табл. 2).

Таблица 2. Количество СП при различных коэффициентах

	№1	№2	№3	№4	№5	№6
$K_{зап}$	1,3	1,15	1,1	1,09	1,08	1,06
Количество СП, $N_{сп}$						
№1	12,23	11	9,9	9,63	9,28	8,67
№2	16,07	14	13	12,66	12,19	11,4
№3	15	13	12,16	11,83	11,4	10,68

*Исследование влияния коэффициента запаса на расчет общего освещения методом удельной мощности.* Т.к. значения удельной активной мощности  $W$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  для светодиодных СП отсутствуют, определяем значения удельной мощности по формуле [2]:

$$W = \frac{E \times K_{зап} \times Z}{\eta \cdot \eta}, \quad (2)$$

где  $\eta = \Phi / P_{л} = 1650 / 22 = 75$  лм/Вт – световая отдача.

Из светотехнической ведомости (табл. 3) можно сделать вывод, что от численного значения коэффициента запаса зависит значение удельной мощности.

Таблица 3. Светотехническая ведомость

$K_{зап}$	1,3	1,15	1,1	1,09	1,08	1,06
$S$ , $\text{м}^2$	916,2	916,2	916,2	916,2	916,2	916,2
$E_{норм}$ , лк	75	75	75	75	75	75
$W_i$ , $\text{Вт}/\text{м}^2$	2,373	2,00	1,921	1,869	1,800	1,682
$P_{уст}$ , мощность установки, кВт	2,174	1,832	1,760	1,712	1,649	1,541
$P_{сп}$ , кВт, мощность СП	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$N_{шт}$ , количество СП	49,41	41,64	40,00	38,91	37,48	35,02

Из данных табл. 3 видно, что снижение числа СП в 1,41 раза, сокращение величины потребляемой мощности на 29% в зависимости от значений коэффициента ( $K_{зап}$ ). Величина коэффициента запаса напрямую влияет на расчет количества СП *методом удельной мощности, методом коэффициента использования светового потока*. Сравнительный анализ количества СП двумя методами приведен на диаграмме (рис. 1).

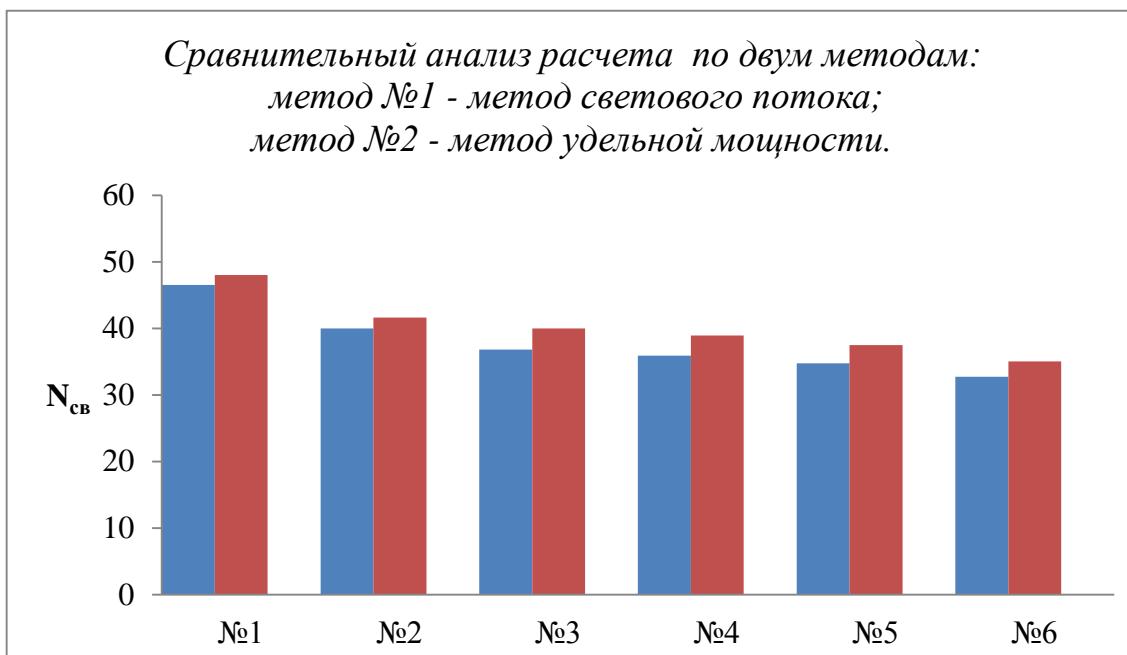
*Исследование влияния коэффициента запаса ( $K_{зап}$ ) на расчет освещения точечным методом.* При определении условной горизонтальной освещенности  $E'_{ГАi}$ , лк используем формулу [3]:

$$E'_{ГАi} = \frac{I_{ai} \times \cos^3 \alpha_i}{H_{расч.}^2 \times K_{зап}}. \quad (3)$$

После определения условной освещенности определяем освещенность ( $E$ , лк) в абсолютных единицах и процентах (табл. 4).

Таблица 4. Показатели освещенности

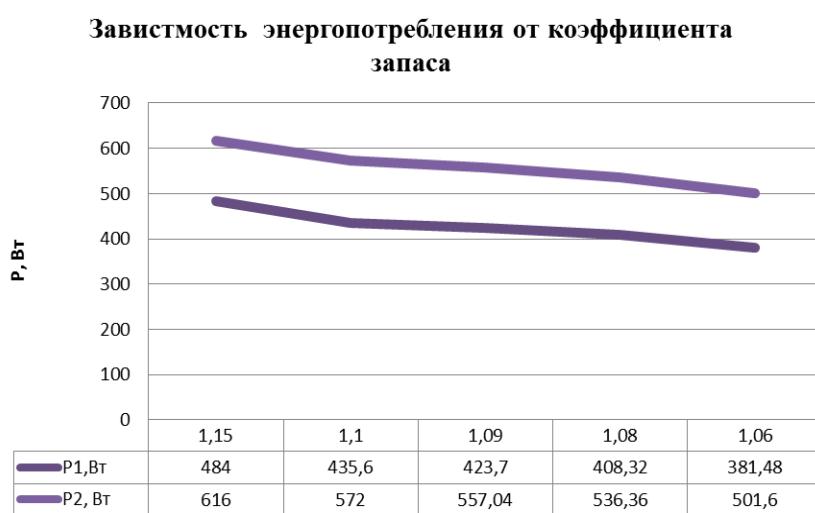
$K_{зап}$	№1	№2	№3	№4	№5	№6
	1,3	1,15	1,1	1,09	1,08	1,06
Освещенность, $E_{ГА}$ , лк						
Помещение №Х	4,096	4,63	4,84	4,884	4,930	5,023
	8,19	8,72%	9,68	9,77	9,86	10,05

Рис. 1. Диаграмма зависимости количества СП от величины коэффициента  $k_{\text{зап}}$ 

**Результаты исследования.** Проведённые исследования наглядно демонстрируют влияние коэффициента запаса на параметры ОУ. На сегодняшний день четких рекомендаций по этому коэффициенту для светодиодных ИС не существует. Многие отечественные и зарубежные производители СП предлагают принимать  $k_{\text{зап}}$ , равным единице, без обоснований и исследований. В нормативной документации значений  $k_{\text{зап}}$  по светодиодным СП нет.

При рассмотрении методов расчета освещения было выявлено влияние  $k_{\text{зап}}$  на количественные параметры ОУ (количество СП, освещённость, потребление электроэнергии, коэффициент пульсации) в трех методах.

Расчет точечным методом системы аварийного освещения показал, что при уменьшении значения коэффициента запаса, увеличивается освещённость на 1,33%. Зависимость энергопотребления от  $k_{\text{зап}}$  (рис. 2).

Рис. 2. Зависимость  $P=f(k_{\text{зап}})$ 

Из диаграммы (рис. 2) и данных (табл. 3 и 4) можно сделать вывод, что экономия электроэнергии составит от 23% до 30%.

**Выводы.** Для достижения цели исследования были проанализированы нормативно-технические базы количественных параметров световых приборов сельскохозяйственных предприятий и организаций, составлен алгоритм расчета количественных параметров общего внутреннего светодиодного освещения.

В результате исследования получены функциональные зависимости светотехнических параметров от различных значений коэффициента запаса.

На основании исследования предлагается разработать универсальную таблицу коэффициентов запаса по научно-экспериментальным данным.

Практическая значимость исследования и анализ трех методик расчета ОУ выражается в виде совершенствования (разработки) коэффициента запаса светодиодных светильников с целью снижения потерь электроэнергии, повышения качества искусственного освещения.

### Литература

1. Беззубцева М.М., Карпов В.Н., Волков В.С. Обеспечение безопасности сельских регионов путем мониторинга энергетических систем и совершенствования технических средств: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – 265 с.
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга; 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
3. ОСН-АПК 2.10.24.-001-04 «Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий, сооружений».
4. Каталог продукции «АСТЗ» 2015 - 302 с.
5. ГОСТ Р МЭК 60598-1-2003 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний.
6. ГОСТ Р МЭК 60598-2-22-99 Светильники. Часть 2-22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения.

### Literatura

1. Bezzubceva M.M., Karpov V.N., Volkov V.S. Obespechenie bezopasnosti sel'skih regionov putem monitoringa ehnergeticheskikh sistem i sovershenstvovaniya tekhnicheskikh sredstv: monografiya. – SPb.: SPbGAU, 2009. – 265 s.
2. Spravochnaya kniga po svetotekhnike / Pod red. YU. B. Ajzenberga; 3-e izd. pererab. i dop. – M.: Znak, 2006. – 972 s.
3. OSN-APK 2.10.24.-001-04 «Normy osveshcheniya sel'skohozyajstvennyh predpriyatiy, zdanij, sooruzhenij».
4. Katalog produkciia «ASTZ» 2015 – 302 s.
5. GOST R MEHK 60598-1-2003 Svetil'niki. CHast' 1. Obshchie trebovaniya i metody ispytaniij.
6. GOST R MEHK 60598-2-22-99 Svetil'niki. CHast' 2-22. CHastnye trebovaniya. Svetil'niki dlya avariijnogo osveshcheniya.