

Выбор площади оконных проёмов жилых зданий в условиях муссонного климата Дальнего Востока РФ и северных районов КНР

А. К. СОЛОВЬЁВ, ЖУЙПУ Б.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва
E-mail: agpz@mgsu.ru, biguofu16@gmail.com

Аннотация

В архитектуре принято понимать под словом «окно» отверстие в стене или кровле для проникновения естественного света, солнечных лучей и свежего воздуха в помещения. В последнее время к этому присоединяется требование обеспечения контакта с внешней средой. Особенно это важно в жилье, где комнаты считаются жилыми, если они имеют окна. От размеров, формы и расположения окон зависит потребление энергии зданием. Зимой через окна происходят большие потери тепла, а летом, наоборот, через окна поступает много тепла, которое надо удалять с помощью кондиционирования воздуха. Кроме того, через окна в помещение поступает естественный свет, который экономит большое количество электроэнергии на искусственное освещение. Настоящая статья посвящена частично-му решению проблемы энергоэффективности жилых зданий путём определения наиболее эффективной площади окон с точки зрения расходования энергии на восполнение теплопотерь через окна зимой, ликвидацию теплопоступлений через них летом и расхода энергии на искусственное освещение помещений в течение года. Приводится анализ результатов расчёта энергопотребления для жилого помещения в условиях муссонного климата российского Дальнего Востока и северных районов КНР.

Ключевые слова: площадь окон, энергоэффективность, естественное и искусственное освещение, теплопотери, теплопоступления, критическая освещённость, энергозатраты.

Введение

Площадь окон в жилых зданиях устанавливается с помощью нормируемых значений коэффициента естественного освещения (КЕО). Однако КЕО характеризует только физические условия естественного освещения в помещении. У нас считается, что при КЕО в 0,5 % в глубине помещения на расстоянии 1 м от стены, противоположной окнам, на полу создаётся впечатление о насыщенности естественным светом этого помещения, а в других странах нормы могут быть другими. Так, в ФРГ считается, что насыщенность естественным светом в помещении достигается при КЕО = 0,5 % в середине глубины помещения на уровне рабочей поверхности (т.е. в 0,8 м от пола) на расстоянии 1 м от боковой стены помещения [1]. В данной статье использовались российские нормы [2].

Окна – самое слабое место в теплоизоляционном контуре здания. Зимой через них уходит наибольшее количество тепла. Так, нормы [3] в Москве требуют обеспечения сопротивления теплопередаче около $3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, а обычные окна не обеспечивают и $1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Это значит, что через окно уходит втрое больше тепла зимой, чем

через глухую часть стены, что обуславливает дополнительные энергозатраты на отопление. Летом же, наоборот, через окна поступает много солнечного тепла, вызывающего перегрев помещения и повышенные затраты электроэнергии на охлаждение при кондиционировании воздуха.

В НИИСФ РААСН разработана методика энергетической оценки систем естественного освещения зданий с учётом затрат энергии на электрическое освещение, восполнение теплопотерь через окна зимой и затрат энергии на охлаждение помещения с помощью кондиционеров летом [4]. Авторы статьи немного модернизировали эту методику с учётом новых типов кондиционеров (сплит-системы) путём упрощения расчёта времени работы кондиционеров и учли новые положения по оценке энергоэффективности естественного освещения согласно СП [5].

Климатические условия муссонного климата российского Дальнего Востока и северо-восточных районов КНР

Города Хабаровск (РФ) и Харбин (КНР) являются характерными и сходными по климату для Дальнего Востока РФ и для северо-восточной части КНР. Их климат характеризуется большим количеством ясных и полужасных дней и высокой солнечной радиацией как летом, так и зимой. Так, в Хабаровске в 12 ч дня в январе диффузная и суммарная освещённости составляют 13,8 и 28,6 клк, а в июле – 29,3 и 56,5 клк, а в Москве – 7,0 и 9,2 клк в январе и 28,3 и 47,8 клк в июле. Соотношения этих величин в 12 ч дня в Хабаровске: 1:2,07 в январе и 1:1,92 в июле, а в Москве: 1:1,31 в январе и 1:1,69 в июле. Это означает, что в Хабаровске солнечных и полужасных дней вдвое больше, чем пасмурных, а в Москве ясных и полужасных дней значительно меньше, особенно в зимние месяцы. В Харбине количество ясных и полужасных (с открытым солнцем) дней примерно то же, что и в Хабаровске. И температурный режим в обоих городах примерно одинаков (табл. 1). А из табл. 2 видно, что и для летнего периода, в котором достаточно редко, но приходится прибегать к искусственному охлаждению воздуха за счёт кондиционирования, оба города можно рассматривать как идентичные.

Известны данные о повторяемости температур в городах РФ [6], в том числе по Хабаровскому краю, где повторяемость температур выше 28 °C составляет всего 16 ч в год (т.е. кондиционирование (охлаждение) помещений, ориентированных на север, необходимо в течение 16 ч в год). Это пренебрежимо мало, и можно рассчитывать затраты энергии на охлаждение помещений, выходящих на юг, запад и восток, только по условиям перегрева от солнечной радиации.

Средние температуры по месяцам, принятые температуры и некоторые данные для зимнего периода

Город	Средняя температура наружного воздуха, °С												Годовые показатели					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средняя годовая температура, °С	Абсол. температурн. минимум, °С	Абсол. температурн. максимум, °С	t_1^* , °С	$t_{от}^{**}$, °С	$Z_{от}$, сут
Хабаровск	-22,3	-17,2	-8,5	3,1	11,1	17,4	21,1	20,0	13,9	4,7	-8,1	-18,5	1,4	-43	40	-34	-10,1	205
Харбин	-23,1	-18,7	-8,8	8,4	8,4	15	18,3	16,7	8,9	0,6	-9,6	-19,1	4,9	-38,1	36,8	-33	-10	176

* Принятая минимальная температура наружного воздуха в холодный период.

** Средняя температура наружного воздуха в отопительный период.

Таблица 2

Климатические данные для летнего периода в Хабаровске и Харбине

Город	Температура, °С						Преобладающее направление ветра в июле–августе	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам в июле, м/с	
	V	VI	VII	VIII	IX	Абсолютная максимальная температура воздуха			Средняя максимальная температура воздуха
Хабаровск	11,1	17,4	21,1	20,0	13,9	40,0	25,7	ЮЗ	4,6
Харбин	8,4	15	18,3	16,7	8,9	36,8	26,4		1,71

Методика расчёта энергозатрат на естественное освещение

Оценка систем естественного освещения может производиться двумя способами: 1) оценка по приведённым затратам на устройство естественного и искусственного освещения и его эксплуатацию (в руб. на м² площади помещения в год); 2) оценка по энергозатратам на освещение, восполнение теплопотерь через светопроемы и ликвидацию теплопоступлений через них (в кг условного топлива на 1 м² площади помещения в год). Первый способ хорошо подходит для экономической оценки конкретного проекта при стоимостных расчётах с учётом соответствующих текущих цен и расценок, но для общей оценки он малопригоден, т.к. учёт изменения цен на перспективу практически невозможно. Для этой цели больше подходит второй способ, дающий оценку системы в энергозатратах, более объективную и долгосрочную.

Годовой удельный расход тепловой энергии на отопление $W_{T,OT}$ (ГДж/м²/год) определяется как

$$W_{T,OT} = 10^{-6} \cdot 1,1 \cdot 3,6 \cdot 1,3 \cdot \left(\frac{1}{R_{ск}} - \frac{1}{R_0} \right) \times \\ \times (t_b - t_{от}) \cdot 8760 \cdot Z_{от} \cdot b \cdot \frac{A_{ск}}{365 \cdot A_n},$$

где 10^{-6} – коэффициент перевода из Дж в ГДж; 1,1 – коэффициент, учитывающий бесполезные потери тепла в системах отопления; 3,6 – коэффициент пересчёта единиц,

кДж/Вт·ч; 1,3 – коэффициент, учитывающий потери тепла на нагревание наружного воздуха за счёт проветривания помещения; $R_{ск}$ и R_0 – сопротивления теплопередаче окна и стены, м²·°С/Вт; 8760 – количество часов в году; $t_{от}$ и $Z_{от}$ – средняя температура, °С, и длина отопительного периода, сут; t_b – температура внутреннего воздуха здания; b – отношение площади остекления к площади проёма в стене; $A_{ск}$ и A_n – площади окон и пола, м²; 365 – количество дней в году [4].

В жилой комнате удельные затраты энергии на восполнение теплопотерь через окно при $R_{ск}$ 0,7 м²·°С/Вт и R_0 2,12 м²·°С/Вт составят 0,026 ГДж/м²/год, В пересчёте на 1 кг условного топлива это составит 1,07 кг/м²/год (41,2 кг/ГДж·0,026 ГДж/м²/год).

Годовой удельный (на 1 м² площади) расход электроэнергии на искусственное освещение помещения $W_{э.и.}$ (кВт·ч/м²/год) рассчитывается согласно [4]:

$$W_{э.и.} = 10^{-3} \cdot E_{н}^{норм} \cdot Z \cdot \alpha \cdot P_{л} \times \\ \times (1 + \beta) \cdot T_{и} / [(u_{св} \cdot MF) \cdot \Phi_{л}], \quad (1)$$

где $E_{н}^{норм}$ – нормированная искусственная освещённость в жилых комнатах, лк, равная 150 лк; MF – коэффициент эксплуатации для светильников искусственного освещения [2], принятый равным 0,71; Z – коэффициент, учитывающий неравномерность освещённости (для жилых помещений достаточно высокий и ориентировочно равный 1,3 [2]); α – коэффициент, учитывающий потери энергии в пускорегулирующей аппаратуре, который для ЛЛ и СД

ламп можно принять равным 1,2; β – коэффициент, учитывающий потери энергии в сети (при использовании ЛН, ЛЛ или СД ламп он равен 0,03); $P_{л}$ и $\Phi_{л}$ – общие мощность и световой поток ламп, Вт; $u_{св}$ – коэффициент использования светильника, при индексе помещения $i = 0,8$ равный 44 [7]; $T_{и}$ – время использования искусственного освещения, определяемое по критической освещённости $E_{кр}$ и графикам хода естественной освещённости в Хабаровске (рис. 1).

При вышеуказанных параметрах помещения и светопрёма на расстоянии 1 м от задней стены на полу расчётное значение КЕО e составляет 0,84 %, в связи с чем

$$E_{кр} = \frac{E_{и}^{норм} \cdot 100}{e} = 17,65 \text{ (клк)}.$$

Из рис. 1 видно, что в расчётной точке помещения нормированные 150 лк как минимум соблюдаются 105 ч (3,5·30) в сентябре, 186 ч (6,0·31) в марте, 217,6 ч в апреле, 232,5 ч в мае, 240,0 ч в июне, 258,23 ч в июле и 217,0 ч в августе. Годовое время использования естественного света составляет 1238,73 ч. $T_{и}$ есть разность общего числа часов в год за вычетом по 8 ч сна в сутки и времени использования естественного света: 4578,9 ч [(16·30,3·12 = 5817,6) – 1238,7]. $W_{э,и}$, по формуле (1), равен 8,586 кВт·ч/м²/год, В пересчёте на расход условного топлива $W_{э,и}^{усл}$ это эквивалентно 2,833 кг/м²/год (0,33·8,586). При этом мы принимаем, что расход условного топлива на электростанциях общего использования на 1 ГДж тепловой энергии A_1 равен 41,2 кг, а на 1 кВт·ч электроэнергии A_2 – 0,33 кг [4].

Таким образом, расход условного топлива на восполнение теплопотерь через окна и на искусственное освещение исследуемой комнаты $W_{усл}$, рассчитываемый как

$$W_{усл} = W_{т.от} \cdot A_1 + W_{э,и} \cdot A_2,$$

составляет 2,54 + 2,83 = 5,37 кг/м²/год.

Расход условного топлива на восполнение теплопотерь через окно в зимнее время прямо пропорционален площади окна, т.е. значение 2,54 кг/м²/год для ряда окон других размеров можно менять пропорционально площади. Аналогичного пересчёта затрат условного топлива в части искусственного освещения производить нельзя, так как они зависят от $T_{и}$.

$T_{и}$ зависит от $E_{кр}$ и определяется по рис. 1. Для определения $E_{кр}$ надо рассчитывать e в расчётной точке помещения при вышеуказанных размерах помещения и других рассматриваемых размерах окна.

Исследование энергетической эффективности окон разных размеров в муссонном климате юга Дальнего Востока РФ и северо-восточной части КНР

Для проведения данного исследования было выбрано жилое помещение размером 4×6 м с высотой от пола до потолка 3 м на одном из средних этажей многоэтажного здания при отсутствии противостоящего здания. Тип остекления описан выше.

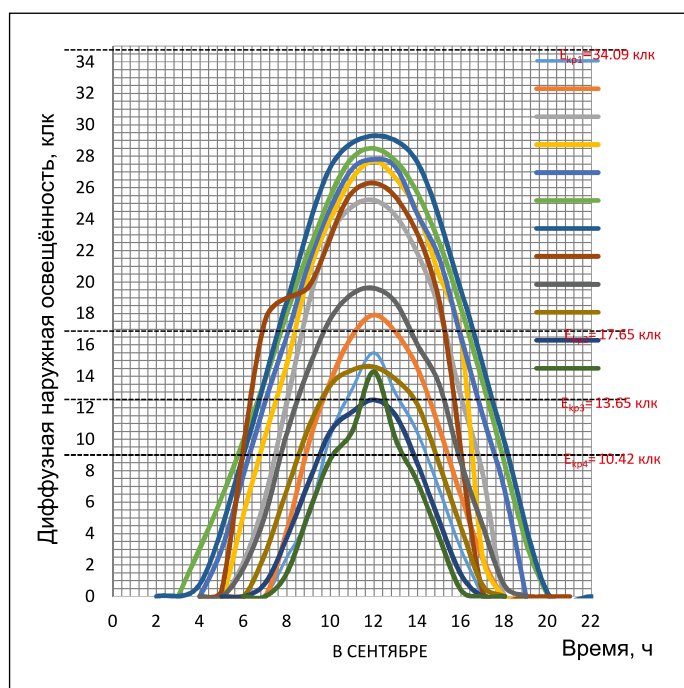


Рис. 1. Графики хода наружной диффузной освещённости в Хабаровске

Исследованы 4 типа окон: стандартное, высотой 1,5 м и шириной 2,1 м; большое, высотой 1,7 м и шириной 2,5 м; окно уменьшенных размеров, 1,5 × 1,8 м; окно высотой 1,7 м и шириной практически на всю ширину комнаты – 3,5 м.

Результаты соответствующего расчёта приведены в табл. 3 и на рис. 2, из которого видно, что наименьшие затраты энергии, в кг условного топлива, на восполнение теплопотерь через окна и для искусственного освещения исследуемого помещения, имеют место при площади окон от 3 до 5,0–5,5 м². При меньших окнах расходы электроэнергии на электрическое освещение резко возрастают. При окнах площадью свыше 5,5 м² расход энергии на восполнение теплопотерь через окна будет превалировать, повышая общие затраты энергии.

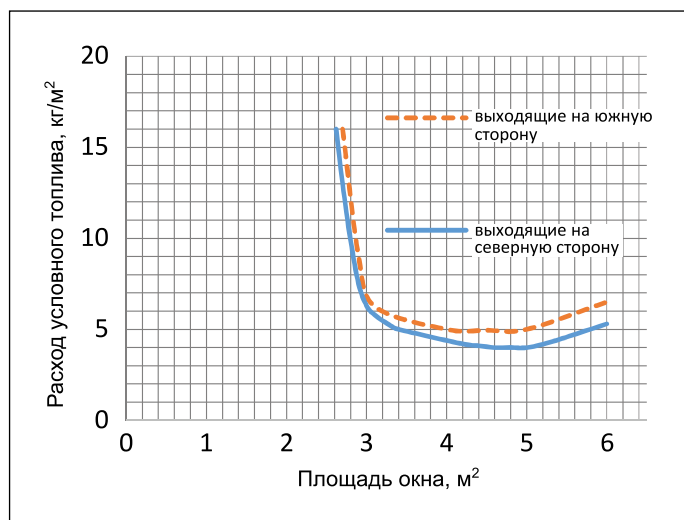


Рис. 2. Расход условного топлива на эксплуатацию окна (на восполнение теплопотерь через окно зимой, на искусственное освещение и на охлаждение летом)

Расходы условного топлива на эксплуатацию окон в год

№	Тип окна (размеры), м	Площадь окна, м ²	$W_{\text{т.от}}, \text{ кг/м}^2$	$W_{\text{э.л.}}, \text{ кг/м}^2$	$W_{\text{усл}} = W_{\text{т.от}} + W_{\text{э.л.}}, \text{ кг/м}^2$
1	1,5 × 1,8	2,7	2,18	13,29	15,47
2	1,5 × 2,1	3,15	2,54	2,835	5,37
3	1,7 × 2,5	4,25	3,43	1,626	5,056
4	1,7 × 3,5	5,95	4,8	1,22	6,02

Таблица 4

Расходы условного топлива на эксплуатацию окон при южной (ЮЗ) и, для сравнения, северной ориентации помещений

№	Тип окна (размеры), м	Площадь окна, м ²	$W_{\text{усл}}, \text{ кг/м}^2$, на северной стороне	$W_{\text{усл}}, \text{ кг/м}^2$, на южной стороне	$W_{\text{э.л.}}, \text{ кг/м}^2$
1	1,5 × 1,8	2,7	15,47	16,042	0,0572
2	1,5 × 2,1	3,15	5,37	6,038	0,668
3	1,7 × 2,5	4,25	5,056	5,957	0,901
4	1,7 × 3,5	5,95	6,02	7,281	1,261

Следует отметить, что этот вывод справедлив только для помещений, ориентированных на север, север–северо-запад и север–северо-восток. Для южных ориентаций следует учитывать нагревание помещений за счёт солнечной энергии, поступающей через окна. В этом случае в помещении может требоваться охлаждение с помощью кондиционеров, потребляющих много энергии.

Удельное потребление электроэнергии на охлаждение $W_{\text{э.л.}}$ следует определять, согласно [4], по формуле

$$W_{\text{э.л.}} = L_0 \cdot N_x \cdot T_x, \quad (2)$$

где N_x – расход электроэнергии на охлаждение воздуха с помощью кондиционера (кВт·ч/м³); T_x – длительность работы системы охлаждения, ч; L_0 – производительность системы вентиляции кондиционера (м³/ч) на 1 м² площади пола с учётом средней теплоинерционности помещения, рассчитываемая как

$$L_0 = \frac{3,6 \cdot 0,7 \cdot q_{\text{рад}}^{\text{макс}}}{c \cdot \rho \cdot (t_{\text{пр.А}} - t_{\text{р.А}})}, \quad (3)$$

где 3,6 – коэффициент пересчёта единиц, кДж / Вт ч; 0,7 – учёт нагрева воздуха в трубопроводах; $c = 1$ кДж/кг/°С – удельная теплоёмкость воздуха; $\rho = 1,2$ кг/м³ – плотность воздуха; $t_{\text{пр.А}} - t_{\text{р.А}}$ – разность летней расчётной приточной температуры воздуха и температуры воздуха в квартире, принимаемая равной 3 или 5 °С в зависимости от теплонапряжённости помещения [8]; $q_{\text{рад}}^{\text{макс}}$ – наибольшее значение

радиационного теплопоступления в помещение, Вт/м², определяемое максимальным значением теплопоступлений от суммарной солнечной радиации, падающей на плоскость окна в течение суток, и рассчитываемое по формуле

$$q_{\text{рад}}^{\text{макс}} = (Q_{\text{в.пр.в}}^{\text{макс}} + Q_{\text{в.рас}}^{\text{макс}}) \cdot \tau_e \cdot \tau_2 \cdot MF \cdot \beta_{\text{с.з}} \cdot b \cdot A_{\text{ск}} / A_1, \quad (4)$$

где $Q_{\text{в.пр.в}}^{\text{макс}}$ и $Q_{\text{в.рас}}^{\text{макс}}$ – наибольшие значения прямого и рассеянного теплопоступлений от солнечной радиации на вертикальную поверхность окна соответствующей ориентации (Вт/м²) при безоблачном небе, определяемые по СНиП [6] (для Хабаровска (48° с.ш.) при ориентации на ЮЗ $Q_{\text{в.пр.в}}^{\text{макс}} + Q_{\text{в.рас}}^{\text{макс}} = 473$ Вт/м²); τ_e – коэффициент пропускания светопрозрачного заполнения проёма для солнечной радиации, равный 0,57 [5]; τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплётках окна [2], принятый равным 0,9; MF – здесь коэффициент, учитывающий загрязнение стекла при эксплуатации [2], принятый равным 0,71; $\beta_{\text{с.з}} = \tau_4 = 1$ (солнцезащитные устройства отсутствуют); $b = 1$.

В формуле (2):

– T_x определяется по СНиП [6, табл. «Повторяемость температур наружного воздуха в часах»] для наружной температуры $t_n = 25$ °С, взятой с некоторым запасом, учитывающим тепловую инерцию внутренних конструкций помещения. Для Хабаровска $T_x = 66$ ч;

– для определения N_x (согласно [9]) необходимо рассчитать теплоизбытки помещения (Q), в которые входят тепло от солнечной радиации, поступающей через окна (Q_1), тепло от бытовой техники (Q_2) и тепло, выделенное людьми (Q_3). При этом $Q_1 = V \cdot q$, где V – объём помещения (в нашем примере 72 м³, 4 × 6 × 3 м³); q – удельное количество тепла, поступающего в помещение через окна юго-западной ориентации, принимаемое равным 30 Вт/м³; $Q_1 = 2160$ Вт; $Q_2 = 500$ Вт (телевизор, компьютер); $Q_3 = (100 \text{ Вт / чел}) \cdot 3 \text{ чел} = 300$ Вт; $Q = 2960$ Вт.

Согласно этому подбираем современный бытовой кондиционер «Samsung» с холодопроизводительностью 3,2 кВт. Его производительность по воздуху $P = 900$ м³/ч. Тог-

да расход электроэнергии на охлаждение воздуха с помощью этого кондиционера $N_x = Q/P = 3,23 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$.

Далее, множитель L_0 в формуле (2), для расчёта $W_{3,x}$, рассчитывается по формулам (3) и (4) и справочным данным [6], а для перевода $W_{3,x}$ в килограммы условного топлива на 1 м^2 эту величину надо умножить на переводной коэффициент $A_2 = 0,33 \text{ кг}/\text{кВт} \cdot \text{ч}$.

Для исследуемых окон в комнате площадью $4 \times 6 \text{ м}^2$, ориентированной на юго-западную сторону (ЮЗ) горизонта, при использовании для летнего охлаждения бытового кондиционера расходы условного топлива на восполнение теплопотерь через окна зимой, на искусственное освещение и на охлаждение летом приведены в табл. 4.

На рис. 2 представлены графики изменения затрат условного топлива на эксплуатацию светопроемов разной площади, в жилом помещении, ориентированном на северную и южную стороны горизонта при условии, что в комнате, ориентированной на южную сторону горизонта, при $t_n > +25 \text{ }^\circ\text{C}$ включается бытовой кондиционер «Samsung». Поступление тепла через окно в зимнее время при этом не учитывается.

Ещё раз отметим, что наименьшие расходы условного топлива имеют место при площади окна от 3 до $5,0\text{--}5,5 \text{ м}^2$ как при ориентации окна на южную, так и на северную стороны горизонта (рис. 2).

Также отметим, что значения величин Q_1 , Q_2 и Q_3 принимались согласно [9], и хотя при их изменении удельный расход электроэнергии на охлаждение может меняться, это не влияет на результаты данного исследования.

Выводы

Исследования для климатических условий Хабаровска показали, что площади окна от 3 до $5,0\text{--}5,5 \text{ м}^2$ в комнатах глубиной до 6 м, максимальной для жилья, – наиболее энергоэффективны. В Харбине, где климатические параметры аналогичны, наиболее энергоэффективны окна такой же площади. Конечно, в каждом конкретном случае следует учитывать затенение окружающей застройкой, но для типовой застройки такие рекомендации можно считать общими.

В КНР возобновляемая энергия стала дешевле энергии от сжигания газа

Компания *Wood Mackenzie* опубликовала отчёт о состоянии возобновляемой электроэнергетики в КНР, отметив в нём рубежный момент: впервые энергия ВИЭ в среднем по стране стала дешевле получаемой за счёт сжигания газа. К 2026 г. чистая энергия станет доступнее и самого дешёвого и грязного варианта – от угольных ТЭС.

В Шанхае и Цинхае цены на ВИЭ и уголь уравнились, а по всей стране это произойдёт к 2026 г. В самых отстающих районах за ВИЭ приходится сейчас платить на 70 % больше.

Ещё один важный тренд – заметное падение стоимости энергии солнца; в этом году в КНР она впервые стала ниже, чем от ветровых турбин. В начале августа была пройдена и ещё одна отметка – солнечная энергия стала дешевле, чем средняя цена по электросети. То есть проекты в этой сфере стали рентабельными без всяких оговорок.

При этом 25 лет назад в стране вообще не было солнечных станций, а теперь КНР – лидер по мощностям с минимум двукратным отрывом от преследователей.

www.nanonewsnet.ru/
26.08.019

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DIN5034–3–1994 «Свет дневной в помещениях. Расчёт».
2. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95*».
3. СП 23–101–2000 «Проектирование тепловой защиты зданий».
4. НИИСФ Госстроя СССР. Пособие по расчёту и проектированию естественного, искусственного и совмещённого освещения (к СНиП II–4–79) / НИИСФ Москва, Стройиздат 1985.
5. СП 367.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования естественного и совмещённого освещения».
6. СНиП II–А.6–72 «Строительная климатология и геофизика».
7. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976. – 384 с.
8. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства в 2 частях / Под ред. И.Г. Староверова. Часть 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1978.
9. Справочные данные сплит-систем (по материалам фирмы SAMSUNG).



Соловьёв Алексей Кириллович, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1965 г. МИСИ им. В.В. Куйбышева. Профессор кафедры «Проектирование зданий и со-оружений» (б. кафедра «Архитектура гражданских и промышленных зданий») НИУ «МГСУ». Член Европейской академии наук и искусств и редколлегии журналов «Свето-техника» и «Light & Engineering». Имеет звания «Почётный строитель РФ» и «Заслуженный работник высшей школы РФ»



Жуйун Би, бакалавр и магистр (специальность «Промышленное и гражданское строительство»). Окончил бакалавриат Хэйлунцзянского университета (2013 г.) и магистратуру НИУ МГСУ (2016 г.). Аспирант 3-го года обучения НИУ МГСУ

Случайно создали самый чёрный материал в мире

Исследователи из Массачусетского технологического университета создали самый чёрный в мире материал – он улавливает более 99,995 % входящего света. Открытие произошло случайно.

Учёные экспериментировали с методами выращивания нанотрубок на электропроводящих материалах, таких как алюминий – цель была в том, чтобы повысить их электрические и тепловые свойства. Команду удивил цвет полученного материала и они поняли, что изобрели, когда измерили его оптическое отражение.

Разработку нанесли на природный жёлтый алмаз весом 16,78 карат и показали на художественной выставке на Нью-Йоркской фондовой бирже. Камень за \$2 млн выглядел как плоская и чёрная пустота вместо того, чтобы сверкать и переливаться.

По словам учёных, практическое применение самый чёрный в мире материал может найти широкое применение. Например, его можно использовать в оптических шторах, которые уменьшают нежелательные блики.

knife.media/
14.09.2019