

РАСЧЁТ НОРМАТИВОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Г. Я. Вагин, д.т.н., проф., Е. Б. Солнцев, к.т.н., доцент, С. А. Бугров,
ассистент

Нижегородский государственный технический университет

В группу образовательных учреждений (далее – ОУ) входят: детские дошкольные учреждения; общеобразовательные (школы, лицеи, гимназии); учреждения начального и среднего профессионального образования (техникумы, колледжи, профессионально-технические училища); учреждения высшего образования (институты, академии, университеты); учреждения дополнительного образования (центры, дворцы, клубы, станции, оздоровительные лагеря) и др.

В состав каждого ОУ входят различные здания и сооружения, которые за счёт бюджетного финансирования необходимо обеспечить электрической и тепловой энергией, топливом для котельных, газом для бытового потребления (общежития), холодной водой; следует учитывать также коммерческую и хозрасчётную деятельность.

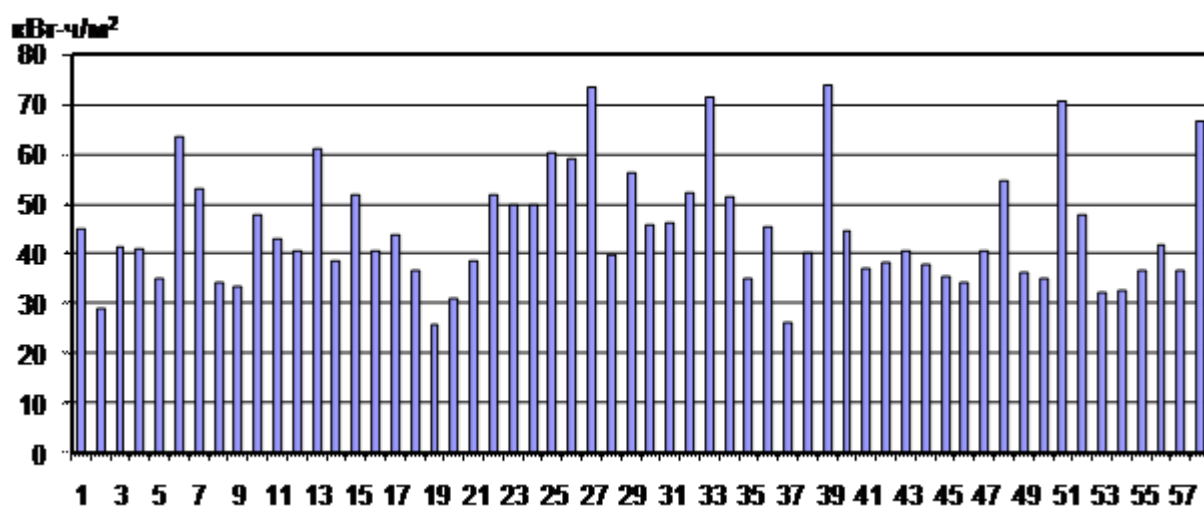
Расходы за потребляемые топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) в ОУ ежегодно возрастают на 15–20 %, поэтому по каждому зданию и сооружению, входящему в состав ОУ, должно вестись постоянное планирование, разработка технически обоснованных норм и учёт фактического расхода энергоресурсов.

1. Динамика удельных затрат на ТЭР по вузам Приволжского федерального округа

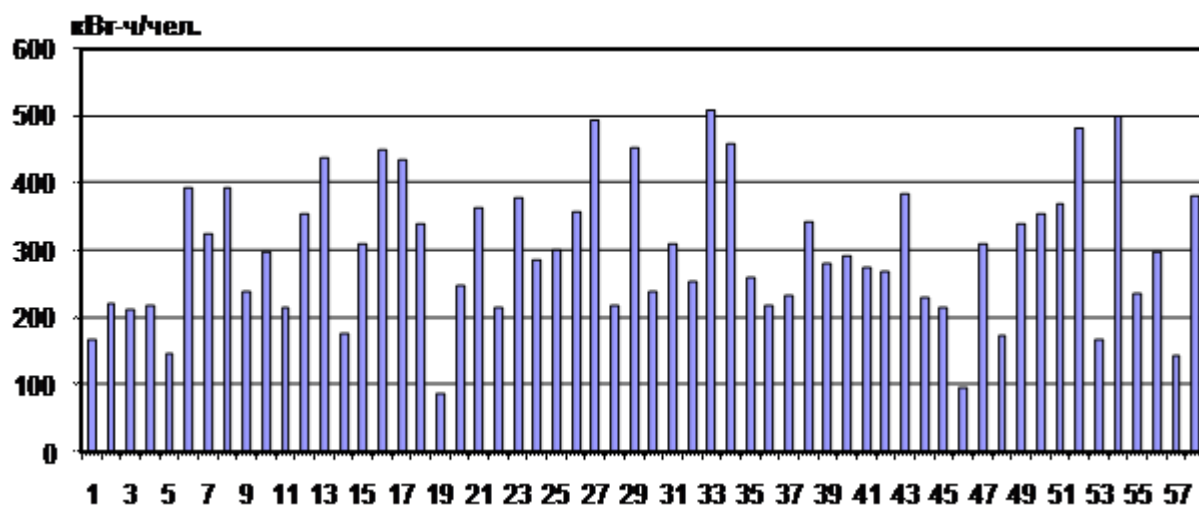
Показатель	Средние удельные затраты на ТЭР по годам					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Из расчёта на 1 кв. м, руб./м ² , в том числе:	95	118	141	178	202	233
учебно-лабораторные корпуса	66	79	84	105	120	139
общежития	19	26	38	48	55	66

прочие здания	10	13	19	25	28	28
Из расчёта на одного учащегося, руб./чел., в том числе:	756	935	1124	1417	1608	1816
учебно-лабораторные корпуса	522	625	671	834	950	1086
общежития	151	207	299	382	435	515
прочие здания	83	103	154	202	222	215

Исследования удельных расходов заявляемого потребления электрической энергии большой группы ОУ показывают, что они имеют большие разбросы (до 2–5 раз) даже для ОУ одного назначения. На рис. 1 и 2 приведены удельные расходы электрической энергии 58 технических вузов и 47 техникумов Приволжского федерального округа. Большие разбросы расходов электроэнергии по ОУ объясняются отсутствием в РФ научно-обоснованных методов нормирования электропотребления ОУ.

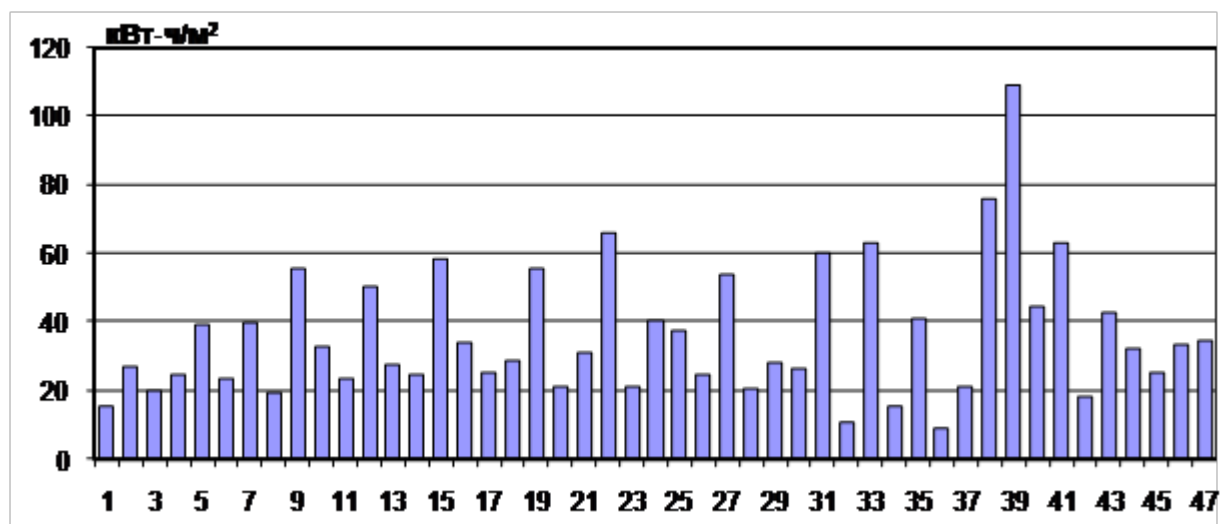


а)

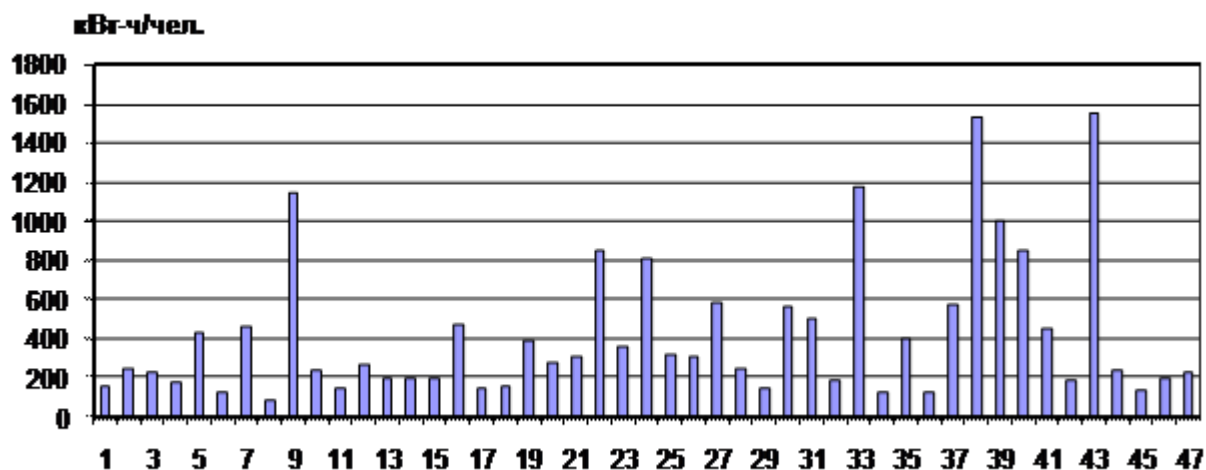


б)

Рис. 1 – Диаграммы удельного расхода электроэнергии ВУЗами Приволжского федерального округа:
а - на 1 м² общей площади, *б* – на одного студента.



а)



б)

Рис. 2 – Диаграммы удельного расхода электроэнергии техникумами Приволжского федерального округа:
а - на 1 м² общей площади, *б* – на одного студента.

Методы расчёта нормативов электропотребления. Основным нормативным документом для определения потребности в ТЭР существующими зданиями ОУ в настоящее время является методика, разработанная Роскоммунэнерго [1], где используются удельные отопительные характеристики q_o , ккал/(м³·ч·°С) и удельные вентиляционные характеристики q_v , ккал/(м³·ч·°С). Методов нормирования расходов электроэнергии в [1] нет.

Сложность нормирования расходов электрической энергии заключается в отсутствии в литературе данных по электроприёмникам ОУ и режимам их работы. Предлагаются два подхода к расчёту нормативов потребления электрической энергии ОУ:

- 1) на основе фактического потребления за последние 3 года [2];
- 2) на основе характеристик режимов работы электроприёмников.

Нормы расхода электроэнергии для ОУ рассчитывают для интервала времени 1 год (W_z^*).

При первом подходе определяют базовую величину годового потребления каждого вида энергоносителя по выражению

$$W_6^* = (W_1 + W_2 + W_3) / 3, \quad (1)$$

где W_1 , W_2 , W_3 – фактическое потребление электроэнергии за три предшествующих года.

Годовую норму потребления электроэнергии находят по выражению

$$W_z^* = W_6^* - \Delta W, \quad (2)$$

где ΔW – величина снижения потребления электроэнергии за счёт внедрения мероприятий по энергосбережению.

Второй подход даёт большую точность расчёта нормативов потребления электроэнергии, но для более широкого применения данного подхода необходима инвентаризация всех ОУ, что позволит получить исходные данные для расчёта нормативов. На современном этапе нормирования наиболее рационально сочетать оба подхода.

Годовую норму расхода электроэнергии, кВтч, определяют по формуле

$$W_z^* = \sum_{i=1}^n (W_{ci}^* + W_{BOi}^*) + W_{BO}^* + \Delta W, \quad (3)$$

где n – число объектов (зданий) образовательного учреждения; W_{ci}^* – норма расхода электроэнергии силовой нагрузкой i -го объекта (здания); W_{BOi}^* – норма расхода электроэнергии системой внутреннего освещения i -го объекта (здания); W_{BO}^* – норма расхода электроэнергии для наружного (уличного)

освещения образовательного учреждения; $\Delta W_{\text{э}}$ – расчётные потери электроэнергии в питающей электрической сети образовательного учреждения.

Норматив расхода электроэнергии по каждому помещению учебно-лабораторных корпусов определяют по выражению

$$W_{\text{н}}^{\text{н}} = W_{\text{н.с}}^{\text{н}} + W_{\text{н.о}}^{\text{н}}, \quad (4)$$

где $W_{\text{н.с}}^{\text{н}}$ – расход электроэнергии силовой нагрузкой помещения; $W_{\text{н.о}}^{\text{н}}$ – расход электроэнергии на освещение помещения.

Норму расхода электроэнергии силовой нагрузкой по каждому помещению рассчитывают следующим образом:

$$W_{\text{н.с}}^{\text{н}} = \sum_{i=1}^n (P_{\text{у.н.и}} N_i K_{\text{и}} T_{\text{и}}) \quad (5)$$

где n – число типов электроприёмников; $P_{\text{у.н.и}}$ – установленная мощность электроприёмника i -го типа, кВт; N_i – число электроприёмников i -го типа; $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования установленной мощности электроприёмников i -го типа, о.е. (определяется в процессе инвентаризации ОУ); $T_{\text{и}}$ – число часов работы в год электроприёмников i -го типа.

Норму расхода электроэнергии осветительной нагрузкой по каждому помещению определяют по выражению:

$$W_{\text{н.о}}^{\text{н}} = P_{\text{у.л}} n T_{\text{л}} E_{\text{н}} / E_{\text{ф}}, \quad (6)$$

где n – число ламп в помещении; $P_{\text{у.л}}$ – установленная мощность одной лампы, кВт; $T_{\text{л}}$ – число часов работы в год системы освещения помещения; $E_{\text{н}}$ и $E_{\text{ф}}$ – нормированная и фактическая освещённость.

Перед расчётом норм проводят инвентаризацию помещений ОУ по назначению и инвентаризацию электрооборудования. Электрооборудование ОУ делится на три группы:

- освещение (внутреннее и наружное);
- силовая нагрузка (все электроприёмники, кроме осветительных);
- электрооборудование для передачи и преобразования электроэнергии (линии электропередач и трансформаторы подстанций).

Может быть предложена следующая классификация помещений учебно-лабораторных корпусов (зданий) по направлениям использования электроэнергии:

- 1) административные помещения;
- 2) места общего пользования;
- 3) помещения с общетехническим электрооборудованием зданий;
- 4) лекционные аудитории;
- 5) кафедры;
- 6) буфеты, столовые (при условии, что они не являются отдельным юридическим лицом);
- 7) котельные, в том числе и электродогреватели (если они находятся на балансе ОУ);
- 8) другие подразделения ОУ (поликлиника, клуб, спортивный комплекс и др.).

Рекомендуемая классификация для общежитий:

- 1) административные помещения (кабинет директора, кабинет коменданта и др.);
- 2) места общего пользования (коридоры, туалеты, кухни, фойе и др.);
- 3) помещения с общетехническим электрооборудованием здания общежития (сантехническое оборудование, лифты, электрооборудование мастерских механика, электрика и др.);
- 4) жилые комнаты;
- 5) буфеты, столовые (при условии, что они не являются отдельным юридическим лицом);
- 6) котельные, в том числе и электродкотлы (если они находятся на балансе образовательного учреждения);
- 7) другие подразделения общежития (поликлиника, клуб, спортивный зал, библиотека и др.).

Суммированием норм электропотребления по всем помещениям определяют нормы расхода электроэнергии по каждому учебно-лабораторному корпусу (зданию), общежитию и прочим зданиям. При необходимости рассчитывают потери электроэнергии в питающих линиях и трансформаторах.

Расчёт числа часов работы электроприёмников в год. Для электроприёмников, используемых персоналом при фиксированной длительности рабочей недели (например, 40 ч в неделю для административно-хозяйственного персонала, 36 часов в неделю – для преподавательского состава), используется выражение

$$T_z = T_n N_n, \quad (7)$$

где T_n – число часов работы в неделю; N_n – число недель в году;

для общетехнического электрооборудования зданий при фиксированной длительности рабочего дня (например, учебно-лабораторный корпус работает с 7-00 до 21-00, т. е. 14 ч в день):

$$T_z = T_{дн} \cdot N_{дн}, \quad (8)$$

где $T_{дн}$ – продолжительность рабочего дня; $N_{дн}$ – число рабочих дней в году;

для электроприёмников лекционных аудиторий число часов работы определяется по плану учебного отдела; для лабораторий, учебных мастерских, спортзалов – по учебным планам соответствующих кафедр.

Примеры параметров, необходимых для расчёта числа часов работы в год силовых электроприёмников учебно-лабораторных корпусов (зданий), приведены в табл. 2 (для Нижегородского государственного технического университета); аналогичен подход и к обследованию общежитий. Для конкретного ОУ параметры должны быть уточнены.

2. Данные для определения числа часов работы электроприёмников в год

Классификация помещений	Помещения	Документ, определяющий режим работы	Примеры параметров, необходимых для расчёта T_r
Административные помещения	Кабинеты ректората, деканатов, отдел кадров, бухгалтерия и др.	По графику работы персонала	40-часовая рабочая неделя, 52 недели в год
Места общего пользования	Коридоры, туалеты, раздевалки, фойе, курительные комнаты и др.	По графику работы зданий (корпусов)	С 7.30 до 22.00 ежедневно, кроме выходных и праздничных дней
	Сантехническое оборудование (насосы, вентиляторы), лифты		
	Электрооборудование мастерских служб главного		

Общетеchnическое	инженера, энергетика, механика и др.	По графику работы персонала	40-часовая рабочая неделя, 52 недели в год
Лекционные аудитории		По плану учебного отдела	С 7.30 до 21.00 ежедневно, кроме каникул, выходных и праздничных дней
Кафедры	Кабинет зав. кафедрой, преподавательская, лаборантская	По графику работы преподавательского и учебно-вспомогательного состава	36-часовая рабочая неделя
	Лаборатории, учебные мастерские и др.	По учебному плану кафедры	Например, 120 ч в год
Библиотеки, читальные залы		По графику работы	С 8.00 до 20.00 ежедневно, кроме каникул, выходных и праздничных дней
Спортзалы		По графику кафедры физвоспитания	Например, 1300 ч в год
Буфеты, столовые		По графику работы	С 8.00 до 17.00 ежедневно, кроме выходных и праздничных дней
Котельные		По графику работы котельной	Например, 211 суток по 24 ч в сутки

Нормативы времени использования осветительной нагрузки для служб и отделов определяется в зависимости от режима работы и наличия естественного света следующим образом:

	T_r , ч
Помещения с естественным освещением	
1 смена	650
2 смены	2050
Помещения без естественного освещения	

1 смена	2150
2 смены	4300
3 смены	6500

Для помещений общего пользования, лабораторий, учебных мастерских и лекционных аудиторий в зависимости от времени начала и окончания работы в расчётах используется табл. 3. Для наружного (уличного) освещения, выключаемого в 01.00, принимается $T_c=2350$ ч, для включённого всю ночь – $T_c=3500$ ч.

3. Время использования осветительной нагрузки в зависимости от режима работы

Время начала работы	T_c , ч, при времени окончания работы										
	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
6.00	831	832	889	985	1110	1274	1470	1718	2030	2401	2725
6.30	712	712	770	866	991	1155	1351	1599	1911	2280	2604
7.00	605	606	664	760	884	1048	1244	1491	1803	2169	2493
7.30	474	475	532	628	753	917	1113	1361	1673	2037	2361
8.00	355	356	413	509	634	798	994	1242	1554	1915	2239
8.30	252	253	311	407	532	696	892	1140	1452	1810	2134
9.00	163	164	221	317	442	606	802	1050	1362	1718	2042
9.30	97	98	156	252	376	540	736	985	1296	1651	1975
10.00	36	37	94	190	315	479	675	923	1235	1587	1911
10.30	8	9	66	162	287	451	647	895	1207	1560	1884
11.00	0	0	59	154	279	443	639	888	1199	1552	1876

Определение норм годового расхода электроэнергии для системы освещения. Этот показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$W_{0.2}^H = \sum_{i=1}^n W_{0.2i}^H + W_{H.0.2i}^H, \quad (9)$$

где $W_{0.2i}^H$ – норма годового расхода электроэнергии системой внутреннего освещения i -го здания, кВтч; n – число объектов (зданий), входящих в состав

учреждения; $W_{н.о.з}^{н}$ – норма годового расхода электроэнергии системой наружного освещения образовательного учреждения, кВт·ч.

Норму годового расхода электроэнергии системой внутреннего освещения здания рекомендуется определять по выражению:

$$W_{н.о.з}^{н} = K_c \sum_{i=1}^m W_{н.о.з}^{н,i} \quad (10)$$

где $W_{н.о.з}^{н,i}$ – норма годового расхода электроэнергии на освещение i -го помещения, кВт·ч; m – число помещений в здании; K_c – коэффициент спроса, принимаемый равным:

Административные помещения	0,9
Лекционные аудитории	0,9
Лабораторные помещения, учебные мастерские	0,8
Места общего пользования	1,0
Мастерские служб	0,8
Помещения с общетехническим электрооборудованием зданий	0,4
Подсобные помещения, склады	0,6
Наружное освещение	1,0
Аварийное освещение	1,0

Норма годового расхода электроэнергии на освещение каждого помещения рассчитывается по фактической мощности установленных в нём светильников (с проверкой нормы освещённости) или методом удельных мощностей (рекомендуется использовать для вновь строящихся зданий или в случае планируемой реконструкции системы освещения с заменой светильников). Расчёт нормы на освещение методом удельных мощностей ведётся по формуле:

$$W_{н.о.з}^{н} = P_{\Sigma} F T_{\Sigma} \quad (11)$$

где $P_{\text{у.с.}}$ – удельная установленная мощность искусственного освещения помещения при выполнении норм освещенности, Вт/м² [3]; F – площадь помещения, м²; $T_{\text{г}}$ – годовое число часов работы источников света.

Норматив годового расхода электроэнергии системой наружного освещения ОУ рассчитывается по формуле

$$W_{\text{н.о.г.}}^{\text{н}} = P_{\text{у.с.}} N_{\text{с}} K_{\text{с}} T_{\text{г}}, \quad (12)$$

где $P_{\text{у.с.}}$ – установленная мощность ламп в одном светильнике; $N_{\text{с}}$ – суммарное число светильников; справочные данные по $K_{\text{с}}$ и $T_{\text{г}}$ принимаются по приведённым выше справочным данным.

Определение нормы расхода электроэнергии для силовой нагрузки учебно-лабораторных корпусов. Силовую нагрузку учебно-лабораторных корпусов составляют пять групп электроприёмников.

1. *Общетехнические электроприёмники зданий:* сантехническое оборудование (вентиляторы, насосы); лифты; оргтехника и бытовая техника отделов, служб, деканатов, кафедр (компьютеры, принтеры, факсы, холодильники и др.); станочное и другое оборудование мастерских службы главного инженера; нагревательные установки (кипятильники, титаны).

2. *Электроприёмники учебного процесса:* оргтехника лабораторий, библиотек и компьютерных залов; оборудование учебных мастерских; лабораторные стенды и установки серийного производства (имеющие технические паспорта); лабораторные стенды без технических паспортов (изготовленные силами образовательного учреждения), потребляемая мощность которых неизвестна.

3. *Электроприёмники столовых и буфетов.*

4. *Электроотопление.*

5. Электроприёмники, определяющие прочие статьи расхода электроэнергии.

Норма годового расхода электроэнергии силовой нагрузкой определяется по формуле (5) по каждой группе электроприёмников, а далее – суммированием по пяти группам; установленная мощность – по паспортным данным или путём измерения.

Аналогично определяются нормы расхода электроэнергии для силовой нагрузки общежитий. Норма расхода электроэнергии электроприёмниками, подключёнными к розеткам в жилых комнатах общежитий (бытовая нагрузка), может быть рассчитана по формуле:

$$W_{\text{э}}^{\text{н}} = P_{\text{уд}} N_{\text{р}} K_{\text{о}} T_{\text{о}}, \quad (13)$$

где $P_{\text{уд}}$ – удельная мощность на одну розетку (при числе розеток в общежитии до 100 принимается 0,1 кВт, свыше 100 – 0,06 кВт); $N_{\text{р}}$ – суммарное количество розеток в жилых комнатах общежитий; $T_{\text{о}}$ – годовое число часов использования максимума бытовой нагрузки ($T_{\text{о}}=3000$ ч); $K_{\text{о}}$ – коэффициент одновременности для сети розеток, определяемый следующим образом [3]:

Число розеток	$K_{\text{о}}$
До 10	1,0
10–20	0,9
20–50	0,8
50–100	0,7
100–200	
200–400	
400–600	
Свыше 600	0,35

Расчёт потерь электроэнергии в электрической сети. Производится в случае, если на балансе ОУ имеются трансформаторные подстанции 10(6)/0,4 кВ, линии электропередачи 10(6) кВ от городского центрального

распределительного пункта или 0,4 кВ от городской трансформаторной подстанции.

Годовые потери электроэнергии в электрической сети рассчитываются по формуле:

$$\Delta W_p = \sum_{i=1}^n \Delta W_{\text{тп}i} + \sum_{j=1}^m W_{\text{лэп}j}, \quad (14)$$

где $\Delta W_{\text{тп}i}$ – годовые потери электроэнергии в i -м трансформаторе, кВтч; n – число трансформаторов; $W_{\text{лэп}j}$ – годовые потери энергии в j -й линии, кВтч; m – число ЛЭП.

Приведенная методика расчета нормативов потребления электрической энергии использована в Приволжском федеральном округе для ежегодного расчета нормативов расхода электрической энергии образовательными учреждениями. Ее внедрение в ГОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» позволило выявить нерациональные расходы по корпусам и снизить на 10% потребление электроэнергии по университету.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения. ЗАО "Роскоммунэнерго", 2003.
2. Письмо Минтопэнерго России от 11.06.98 г. № АК-4670 "Методика формирования лимитов потребления энергии организациями, финансируемыми из бюджета".

3. Электротехнический справочник / Под ред. В. Г. Герасимова и др. М.: Изд-во МЭИ, 2004. Т. 4.