

УДК 728.2.012.27; 721.001

*А.С. Ковалева*

ЗАО «Горхимпроект»

**ПРОЕКТНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ  
С СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКОЙ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ 25-ЭТАЖНОГО  
ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА  
ДЛЯ КРЫМСКОГО РАЙОНА ГОРОДА  
СЕВАСТОПОЛЬ**

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы энергоэффективности, возобновляемых источников энергии и экологии. Энергоэффективность в гражданском строительстве представлена как сфера, позволяющая создавать проектные решения на основе применения возобновляемых источников энергии, в частности фотоэлектрических элементов (ФЭ), и эффективного использования электроэнергии на объекте. Рассмотрены данные проектного эксперимента с высотным жилым комплексом в г. Севастополь. Приведены проектные расчеты и сравнение вариантов проектных решений по использованию полученной ФЭ энергии для освещения подземной автостоянки жилого высотного комплекса. Результаты проектного эксперимента позволяют на начальном этапе исследовать закономерности градостроительных условий и количество вырабатываемой энергии за счет поверхностей здания. Таким образом, представленную концепцию и проектный эксперимент можно считать не только архитектурно-конструктивным, а также градостроительным исследованием. В перспективе использование ФЭ как облицовочных конструкций может изменить энергетические характеристики застройки при переходе на промышленный уровень внедрения технологии. Это дает возможность рассматривать перспективы роста городской застройки и улучшать экономику строительства затратных объектов. Однако последующие проектные эксперименты должны быть основаны в большинстве случаев на других типах застройки и при применении ФЭ на крышах и фасадах учитывать ветровые воздействия и аэродинамические показатели зданий.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, ВИЭ, фотоэлектрические элементы, высотный жилой комплекс, ветровые воздействия, аэродинамика

DOI: 10.22227/2305-5502.2016.3.1

Решение современных проблем экологии требует внедрения новых подходов в архитектурно-конструктивном проектировании с учетом новых технологий возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [1]. Особое место среди ВИЭ занимает солнечная энергия как наиболее эффективный и доступный метод. Технологии

*A.S. Kovaleva*

CJSC "Gorkhimproekt"

**DESIGN EXPERIMENT WITH SOLAR  
ENERGY IN THE ELABORATION  
OF 25-STORY RESIDENTIAL  
COMPLEX FOR THE CRIMEA DISTRICT  
OF THE SEVASTOPOL CITY**

*Abstract.* The scientific project examines the issues of energy efficiency, renewable energy sources, as well as ecology. In today's world the ecological issues are more current than ever. Some of them are ozone holes, disappearance of many species of animals and plants, exhaustible fuel reserves. Ecology is a huge problem of our civilization, which may be solved by paying more attention to energy efficiency in the process of urban development. In the implementation of energy efficiency experiments it is necessary to involve the efforts of scientists, politicians, non-governmental organizations, but first and foremost — of inventors, architects and designers. Energy efficiency in civil construction is presented in the article as an area allowing us to find design solutions basing on renewable energy sources, in particular photovoltaic energy. Project experiment data on a residential high-rise complex in the city of Sevastopol is considered. The author presents design calculations and the comparison of the variants of design decisions on the use of photovoltaic cells producing energy to illuminate the underground car park of a residential high-rise complex. In the future, the use of photovoltaic cells as cladding structures may change the energy characteristics of buildings in case of transition to production scale implementation of the technology. This makes it possible to consider the prospects of urban development growth and improvement of the economy of the construction of expensive facilities. However, subsequent design experiments should be based mostly on other types of facilities and should take into account the impact of wind and aerodynamic performance of buildings in case of application of photovoltaic cells on roofs and facades. The results of the design experiment allow initially investigating the regularities of urban conditions and the amount of energy produced by building surfaces. Thus, the provided concept and the design experiment can be considered not only architectural and structural but also urban planning study.

*Key words:* energy efficiency, renewable energy sources, RES, photovoltaic cells, high-rise residential complex, wind effects, aerodynamics

DOI: 10.22227/2305-5502.2016.3.1

Solution of modern ecology problems requires implementation of new approaches in architectural and construction design with account for new technologies of renewable energy sources (RES) [1]. Solar energy holds a specific place among RES as a most efficient and available method.

фотоэлектрических элементов (ФЭ) на основе кремния имеют уже значительную историю применения, их работа положительно оценивается в архитектурной физике [2]. Кроме того, их применение стало уже объектом развития промышленного дизайна при размещении на фасадах и крышах гражданских и промышленных зданий [3]. Следует отметить, что по экспертным оценкам для полного обеспечения солнечной энергией всего земного шара потребовалось бы построить всего одну солнечную электростанцию, общая площадь солнечных батарей которой будет составлять лишь 66 тыс. км<sup>2</sup>. На первый взгляд, это очень большое число, но в реальности относительно площади планеты, такая электростанция сопоставима по размерами с площадью острова Шри-Ланка (рис. 1) [4].



Рис. 1. Размер острова Шри Ланка относительно размеров земного шара

Photovoltaic cell technologies on the basis of silicon have a significant history of their application, their operation gained positive evaluation in architectural physics [2]. Moreover their use has already become a subject of industrial design development when placing them on facades and roofs of civil and industrial buildings [3]. We should note that according to expert opinion in order to provide the whole Earth with solar energy only one solar power plant should be built, the area of solar batteries of which should be only 66 000 km<sup>2</sup>. At first site this number is very big, but in reality in relation to the area of the Earth such a power station may be compared to the area of the Sri Lanka island (fig. 1) [4].

Fig. 1. The size of Sri Lanka island in comparison with the size of the Earth

Первая фотоэлектростанция, в основу которой было положено использование тонких кремниевых пластин, появилась еще в 1883 г. Тем не менее солнечная энергетика до сих пор воспринимается миром как новшество [3]. Поэтому имеет смысл внести некоторую ясность в понимание этой темы, заслуживающей самого пристального внимания. На первый взгляд может показаться, что это самый простой и дешевый метод получения электроэнергии, поскольку достаточно собрать цепочку кремниевых элементов и положить на открытое пространство [4]. Однако для полноценной работы фотоэлектростанции в составе здания потребуется

The first photo power station has appeared in 1883. The use of thin silicon plates laid in the basis of the station. Though solar energy is still perceived as a novelty in the world [3]. That's why we should clarify this topic, which deserves close attention. At first site it may seem that it is the most easy and cheap method to produce energy because it is enough to prepare a chain of silicon elements and put it in the open space [4]. Though an accumulator is also needed inside a building for a proper operation of a photo power station which should accumulate energy from sili-

еще аккумулятор, который накапливает энергию, поступающую от кремниевых элементов, а также контроллер заряда аккумулятора. Эта система способна вырабатывать только постоянный ток, но практически все приборы и механизмы работают на переменном токе. Поэтому в системе необходимо предусмотреть место для инвертора, который преобразует постоянный ток в переменный (рис. 2). При этом не стоит забывать о привлекательности внешнего вида здания [5].

con cells as well as a controller of the accumulator charge. This system is able to produce only direct current, but almost all devices and mechanisms operate using alternate current. That's why it is necessary to provide a place for a converter in the system, which transforms direct current into alternating (fig. 2). At the same time we should remember about appealing external appearance of a building [5].

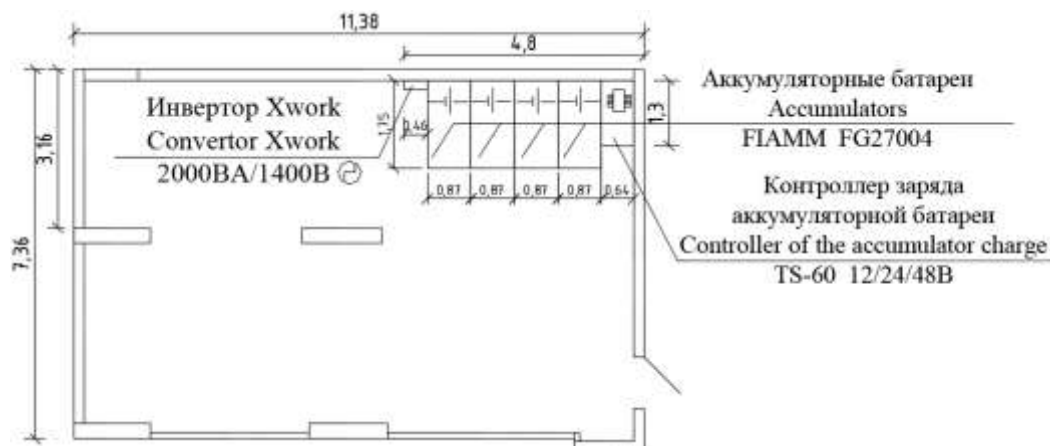


Рис. 2. Схема плана технического помещения в технологическом подполье жилого дома для установки аккумуляторных батарей, контроллеров заряда и инверторов

Fig. 2. Plan of a technical room in a service underground space of a residential house for installation of accumulators, charge controllers and converters

Подобная система имеет, конечно же, множество плюсов: экологичность, независимость владельца таких панелей от магистральной электросети, неисчерпаемость ресурса Солнца. Средний срок службы элементов может составить до 20 лет. Но и минусов тоже немало: дороговизна сборки самой панели из кремниевых пластин, постоянная смена погоды, воздействие ветра, необходимость очищать панели от пыли, грязи и снега, что очень важно в условиях нашей страны. Несмотря на все это, в мире существует множество подобных электростанций, в т.ч. интегрированных в здания [6, 7].

Одним из наглядных примеров эффективного использования ФЭ для обеспечения электроэнергией жилого комплекса является горнолыжный курорт в городе Гамплют в Швейцарии (рис. 3). В него входят двухэтажная горнолыжная база, ресторан и подъемник, для работы которого установлен мощный двигатель. На крышах сооружений расположены эффективные фотоэлектрические панели общей площадью 480 м<sup>2</sup>. Их мощность составляет 48 кВт. Нельзя не обратить внимания на то, что

Such a system certainly has a lot of advantages: environmental friendliness, independence of an owner of such panels from main power lines, inexhaustibility of solar resources. An average operating life of cells may be up to 20 years. But there are also many disadvantages: high price of panel installation, constant weather changes, wind effects, necessity to clean dust, dirt and snow from the panel, which is very important in the conditions of our country. In spite of all the mentioned there exist a lot of such power stations in the world, including the ones integrated unto buildings [6, 7].

One of the spectacular examples of the efficient use of photovoltaic cells (PC) for providing a residential complex with energy is a ski resort in Gamplüt in Switzerland (fig. 3). It consists of two-storeyed ski center, restaurant and ski-lift, for operation of which a high-power engine is installed. Efficient photovoltaic panels are installed on the roofs of the buildings with the total area of 480 m<sup>2</sup>. Their wattage is

Швейцария не является южной страной. Зимой там выпадает большое количество снега, поэтому встает вопрос о постоянной очистке от него панелей, поэтому на скатные крыши зданий установлены специальные снегозадержатели (рис. 4), которые не позволяют пластам снега съезжать на ФЭ. Дополнительной защитой является труба, расположенная над рядами кремниевых панелей, в которую подается горячая вода (рис. 5). При необходимости температура повышается, и тепло растапливает снег и лед, находящиеся на поверхности ФЭ. Следует также отметить, что для объектов туристической отрасли и курортно-оздоровительных объектов описанная выше ситуация в г. Гамплют очень характерна в плане применения ВИЭ в связи с удаленностью и низкой рентабельностью прокладки трассы сетей, а также с экологическими рисками [8].

48 kW. We should note that Switzerland is not a Southern country. In winter there is a lot of snow there, that's why an issue of a constant cleaning of the panels is current, that's why special snow shields are installed on the sloping roofs of the buildings (fig. 4), which don't allow snow slabs to move down to photovoltaic cells. A pipe over the rows of silicon panels with hot water in it is an additional proof (fig. 5). If necessary the temperature goes up and the warmth melts the snow and ice on the surface of photovoltaic cells. We should also note that the described situation in Gamplüt is characteristic of touristic industry and health resorts in terms of application of renewable energy sources because of remote locations and low profitability of laying lines as well as ecological risks [8].



Рис. 3. Комплекс, работающий за счет энергии, вырабатываемой ФЭ в г. Гамплют, Швейцария

Fig. 3. A complex operating by means of the energy produced by photovoltaic cells in Gamplüt in Switzerland

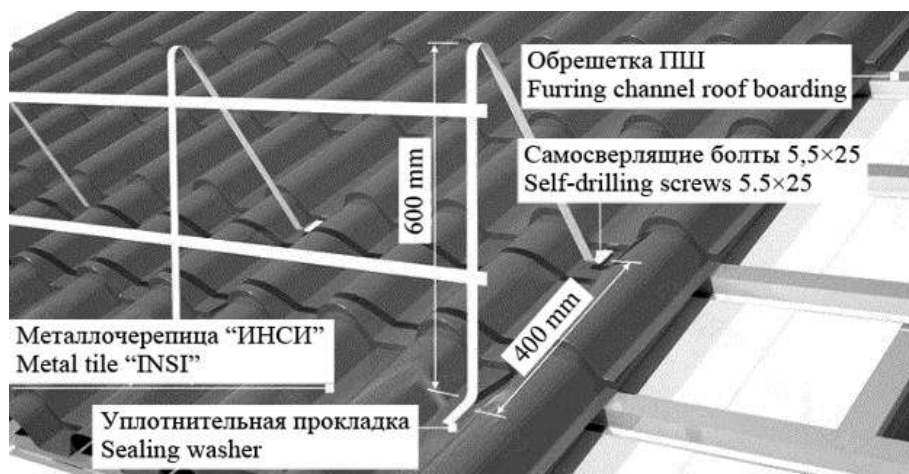


Рис. 4. Снегозадержатель на скатной крыше

Fig. 4. Snow shield on a sloping roof

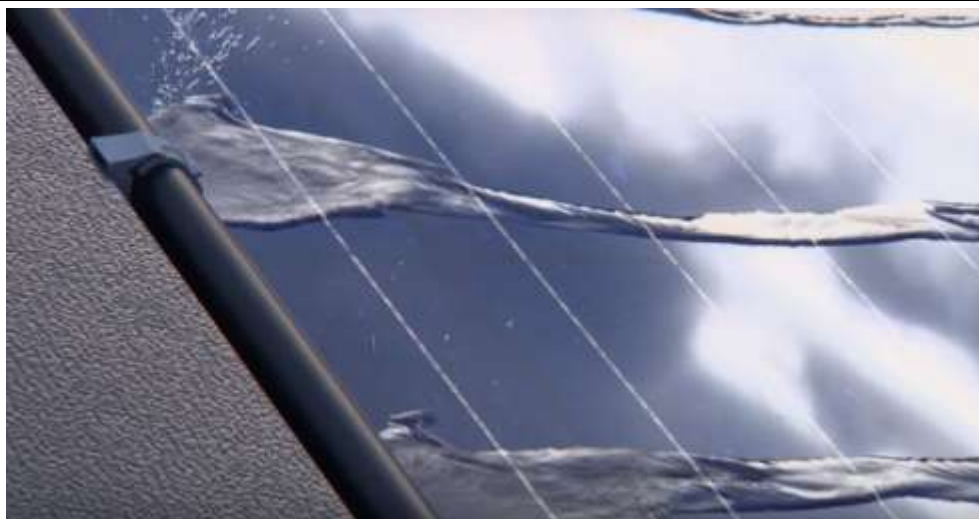


Рис. 5. Труба с горячей водой для очистки ФЭ от снегового покрова

Fig. 5. Hot water pipe for cleaning photovoltaic cells from snow cover

Почему же до сих пор использование такого эффективного источника энергии, как Солнце так мало распространено? Дороговизна производства и эксплуатации? Низкий КПД? Ответ на эти вопросы отрицательный, так как технология ФЭ стала дешевле и доступнее за последние годы. Уже разработаны ФЭ 4-го поколения и налажено промышленное производство в больших количествах предыдущих моделей. Проблема, возможно, кроется в привычке использовать сетевые источники энергии в соответствии с техническими условиями по градостроительной документации и недостаточности знаний по этому вопросу у архитекторов и проектировщиков [10]. Использование ФЭ непосредственно в городской застройке реально и теперь необходимо исследовать, насколько это выгодно.

Автором была разработана концепция жилого 25-этажного жилого комплекса в г. Севастополь, состоящего из монолитных зданий и подземной автостоянки. Проектный эксперимент учитывал действующие градостроительные и строительные нормативы, рекомендации для высотных зданий [9], а также особенности градостроительной ситуации и влияние климата на инсоляцию и освещенность и, в свою очередь, засветку фасадов [11, 12]. Здания комплекса расположены таким образом, что их главный фасад обращен к востоку (рис. 6). Это наиболее удачный вариант, так как на восточном и южном фасадах предусмотрены большие площади витражного остекления. Было принято решение установить в эти витражные массивы панели ФЭ ФСМ 300 (300 Вт)

So why such an efficient energy source as sun isn't still widely used? High cost of production and operation? Low efficiency factor? The answer to these questions is in the negative, because in the recent years PC technology has become cheaper and more affordable. PC of the 4th generation has already been developed and industrial production of previous models runs in large amounts. The problem possibly lies in the habit to use network energy sources according to technical requirements in urban planning documentation and lack of knowledge of architects and designers in this issue [10]. The use of PC in urban development is real and now it is necessary to investigate how beneficial it is.

The author developed a concept of 26-storeyed residential complex in Sevastopol city consisting of monolithic buildings and underground parking. The design experiment took account of the acting urban development and construction standards, recommendations for high-rise buildings [9] as well as the features of urban development situation and influence of climate on insolation and illumination and lighting of facades [11, 12]. The buildings of the complex are located so that their main façades face the East (fig. 6). This is the most advantageous variant, because big areas of stained glass are supposed on western and southern facades. It was decided to install PC panels FSM 300 (300 W) in these stained areas (fig. 7). The major part of panoramic win-

(рис. 7). Большая их часть панорамного остекления встроена в последние пять этажей, имеются и вертикальные ленты остекления по углам корпусов (рис. 7, 8). Общая площадь панелей —  $1145 \text{ м}^2$ . Это решение также основывается на рекомендациях по учету ветрового воздействия на высотную застройку в г. Севастополе, [13, 14].

dows was installed into the last 5 storeys, there are also vertical glass lines at the corners of the buildings (fig. 7, 8). The general area of panels is  $1145 \text{ m}^2$ . This solution is also based on the recommendations on account for wind effect on high-rise buildings in Sevastopol [13, 14].



Рис. 6. Фрагмент генерального плана территории высотного жилого комплекса в г. Севастополь

Fig. 6. General plan extract of a territory of high-rise residential complex in Sevastopol

Таким образом, на фасадах может быть применено 600 элементов ФСМ-300 (300 Вт). По данным производителя, средняя выработка электроэнергии будет составлять  $600 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{день}$ , а среднегодовая выработка —  $304\,400 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ . Фотоэлектрические панели ФСМ-300 являются поликристаллическими и используются как технология ВИЭ для солнечной энергетики. Они изготовлены из высокоэффективных поликристаллических солнечных элементов, что гарантирует повышенную производительность и надежность модуля. Модуль изготавливается из 72 поликристаллических солнечных элементов размером  $156 \times 156 \text{ мм}$  и может быть размещен на фасаде по схеме, приведенной на рис. 7. Основные характеристики фотоэлектрической панели ФСМ-300 поликристаллической приведены в таблице.

So 600 cells of FSM-300 (300 W) may be applied on facades. According to the data of the manufacturer an average energy production will be  $600 \text{ kW h/day}$  and an annual average production —  $304\,400 \text{ kW}\cdot\text{h}$ . Photovoltaic panels FSM-300 are polycrystal and are used as RES technology for solar energy production. They are produced of high-efficient polycrystal solar elements which ensures improved productivity and reliability of the module. The module is produced of 72 polycrystal solar cells of  $156 \times 156 \text{ mm}$  and may be placed on a façade according to the scheme on fig. 7. The main features of polycrystal photovoltaic panel FSM-300 are listed in tab.



Рис. 7. Фрагмент фасада 25-этажного монолитного жилого дома с использованием ФЭ в качестве облицовки

Fig. 7. An extract of the façade of 25-storeyed monolithic residential house with application of photovoltaic cells as facing material

Технические характеристики фотоэлектрических панелей ФСМ 300

Характеристика	Значение
Мощность	300 Вт, 0 + 6 Вт
Напряжение холостого хода	45,0 В
Напряжение при работе на нагрузку	36,7 В
Номинальное напряжение	24 В
Ток при работе на нагрузку	8,17 А
Габаритные размеры	1956 × 992 × 50 мм
Температура эксплуатации и хранения	-40...+85 °С
Коннекторы	MC4
Класс защиты	IP 65
КПД солнечного модуля	15,5 %
КПД солнечного элемента	17,3 %
Солнечные элементы	Grade A
Количество диодов	3 шт.
Вес	23,5 кг
Средняя выработка в день	1000 кВт·ч/день
Среднегодовая выработка	304 400 кВт·ч

Изучать результаты проектного эксперимента нужно, применяя подходы устойчивого проектирования, рекомендации по надежному креплению панелей с ФЭ и защите их от ветра [15], при этом необходимо сочетать творческое решение архитекторов по фасаду высотного здания [9, 10] с использованием для выбора

Performance specifications of photovoltaic panels FSM 300

Specification	Value
Capacity	300 W, 0 + 6 W
Floating voltage	45.0 V
Load voltage	36.7 V
Nominal voltage	24 V
Current load	8.17 A
Total dimensions	1956 × 992 × 50 mm
Operation and storage temperature	-40...+85 °C
Connectors	MC4
Protection index	IP 65
Performance index of the solar module	15.5 %
Performance index of the solar cell	17.3 %
Solar cells	Grade A
Number of diodes	3 pcs
Weight	23.5 kg
Average output a day	1000 kW·h/day
Average output a year	304 400 kW·h

It is required to investigate the results of a project experiment using the approaches of sustainable design, recommendations on reliable fastening of panels with PC and their protection from the wind [15], at the same time it is necessary to combine a creative solution of architects on a high-rise building

окончательного проектного решения элементов деловой игры [16]. Поэтому важно осуществить сравнение проектных решений при применении в подземном паркинге светодиодных, люминесцентных ламп и ламп накаливания, имеющих источник питания на основе ФЭ ФСМ-300. Таким образом, для обеспечения автономным питанием подземных помещений жилого комплекса необходимо собрать комплект из основных составляющих: панелей ФЭ, аккумуляторов, контроллеров заряда, инверторов. Общая площадь помещений двухуровневой автостоянки составляет 12 тыс. м<sup>2</sup>, требуемая освещенность в помещении подземной парковки по правилам техники безопасности — 20 лк.

Необходимая величина светового потока рассчитывается по формуле

$$\alpha = xyz, \quad (1)$$

где  $x$  — норма освещенности объекта,  $x = 20$  лк;  $y$  — площадь помещения, м<sup>2</sup>;  $z$  — поправочный коэффициент на высоту потолков. Для высоты от 3,5 до 4,5 м коэффициент принимается равным 2.

$$\alpha = 20 \cdot 6000 \cdot 2 = 240\,000 \text{ Лм.}$$

Рассчитав величину светового потока, можно определить необходимое количество и мощность ламп.

Потребляемая мощность одной лампы накаливания в среднем составит 25 Вт. Величина светового потока для таких источников света — 220 лм. Необходимое количество ламп на один уровень подземной парковки, определяется по формуле

$$n = \frac{\alpha}{\beta}, \quad (2)$$

где  $n$  — потребное количество ламп на один уровень паркинга, шт.;  $\alpha$  — необходимая величина светового потока, лм;  $\beta$  — величина светового потока принятых светодиодных ламп, лм

$$n = \frac{240\,000}{220} = 1090 \text{ шт.}$$

Соответственно, на освещение одного уровня парковки потребуется 1090 ламп накаливания мощностью 25 Вт. Всего на паркинг — 2180 ламп. Потребная мощность для освещения подземных помещений на освещенность 20 лк составит согласно формуле

façade [9, 10] with the use of management game for the choice of final design solution [16]. That's why it is important to compare the design solutions in case of application of LED, luminescent lamps and incandescent lamps with power supply based on PC FSM-300. Consequently in order to provide underground premises of a residential complex with self-contained power supply it is necessary to collect a set of main components: PC panels, accumulators, charge controllers, converters. The total area of double-level parking is 12 000 m<sup>2</sup>, the required illumination of underground parking premises according to security regulations is lx.

The required value of light flux is calculated according to the formula

where  $x$  — entitled wattage of electric lighting,  $x = 20$  lx;  $y$  — area of a premise, m<sup>2</sup>;  $z$  — correction coefficient according to ceiling height. For the height from 3.5 to 4.5 m the coefficient is taken to be equal to 2.

After calculating the value of light flux it is possible to determine the required number and wattage of lamps.

The power demand of one incandescent lamp is 25 W on the average. The light flux value for such light sources is 220 lm. The required number of lamps for one level of underground parking is calculated according to the formula

where  $n$  is a lamp requirement for one parking level, pcs;  $\alpha$  — a required light flux value for LED lamps, lm;  $\beta$  is a light flux value of taken LED lamps, lm

Consequently in order to illuminate one parking level 1090 incandescent lamps of 25 W are needed, 2180 lamps for the whole parking. The power requirements for illumination of underground premises for 20 lx illumination according to the formula will be



$$P = nP_{\text{л}}, \quad (3)$$

где  $P$  — необходимая мощность на освещение паркинга, Вт;  $n$  — необходимое количество светодиодных ламп, шт.;  $P_{\text{л}}$  — мощность одной выбранной светодиодной лампы, Вт.

where  $P$  is a power requirement for parking illumination, W;  $n$  — required number of LED lamps, pcs;  $P_{\text{л}}$  — Wattage of one chosen LED lamp, W.

$$P = 2180 \cdot 25 = 54\,500 \text{ Вт} = 54,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Следовательно, для освещения парковки 24 часа в сутки потребуется 1308 кВт.

Consequently in order to illuminate the parking 24 hours a day 1308 kW are needed.

Кроме того, лампы накаливания имеют ряд неоспоримых минусов:

Moreover incandescent lamps have a number of undeniable disadvantages:

- срок службы одной лампы не превышает 1000 ч;
- низкий КПД — только 10 % от потребляемой лампой электроэнергии преобразуется в световой поток, остальные же 90 % — в тепло;
- высокая яркость негативно влияет на зрение человека.

operating life of one lamp is not more than 1000 h;

• low performance coefficient — only 10 % of energy consumption is transformed into the light flux, the remaining 90 % — into heat;

• high brightness has a negative effect on human vision.

Далее рассмотрим люминесцентные лампы, которые наиболее часто используют для освещения подземных автостоянок. Средняя номинальная мощность одной лампы составит 18 Вт. Световой поток от одной лампы составит 1350 лм.

Further we will consider luminescent lamps which are most often used to illuminate underground parkings. Average wattage rating of one lamp is 18 W. The light flux of one lamp will be 1350 lm.

$$n = \frac{240\,000}{1350} = 178 \text{ шт.}$$

Итого на оба уровня потребуется 356 люминесцентных ламп.

Totally for both levels 356 luminescent lamps are required.

$$P = 356 \cdot 18 = 6408 \text{ Вт} = 6,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Таким образом, потребляемая ими мощность в сутки составит 153,6 кВт. Люминесцентные лампы, бесспорно, превосходят лампы накаливания в плане энергоэффективности.

So the power consumption is 153.6 kW a day. Luminescent lamps surely surpass incandescent lamps in terms of energy efficiency.

Теперь рассмотрим светодиодные лампы. Величина светового потока таких ламп — 900 лм, а потребляемая мощность — всего 10 Вт. Тогда

Let's now consider LED lamps. The value of the light flux of such lamps is 900 lm, the power consumption is only 10 W. So

$$n = \frac{240\,000}{900} = 267 \text{ шт.}$$

Для освещения одного уровня подземной парковки потребуется 267 светодиодных ламп, соответственно, на весь паркинг — 534 шт.

In order to illuminate one level of underground parking 267 LED lamps are needed, correspondently 534 pcs. for the whole parking.

$$P = 534 \cdot 10 = 5340 \text{ Вт} = 5,34 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Соответственно, для освещения парковки 24 часа в сутки необходимо всего лишь 128,16 кВт.

Correspondently in order to illuminate the parking for 24 hours a day only 128.16 kW are needed.

Итак, можно сделать вывод, что светодиодные и люминесцентные лампы потребляют практически одинаковое количество энергии в сутки. Однако световой поток люминесцентных ламп почти в 1,5 раза выше, поэтому для освещения одной и той же площади потребуется больше светодиодных ламп, чем люминесцентных. Срок службы одной люминесцентной лампы в среднем составляет около 45 тыс. ч, а светодиодной — 40 тыс. ч. Зададимся вопросом стоимости. Средняя стоимость линейной светодиодной лампы — 800 руб., люминесцентной — 500 руб.

So we can make a conclusion that LED and luminescent lamps consume almost equal amount of energy a day. Though the light flux of luminescent lamps is almost 1.5 times higher. that's why more LED lamps than luminescent ones are needed for illumination of the same area. The operating life of one luminescent lamp is in average 45 000 h, that of a LED lamp is 40 000 h. Lets now consider the price. An average price of a linear LED lamp is 800 roubles, of a luminescent lamp — 500 roubles.



Рис. 8. Фасад экспериментально запроектированного здания с использованием ФЭ в витражных массивах в осях Э-А

Fig. 8. The façade of the experimentally designed building with the use of photovoltaic cells in stained glass areas in axes E-A

*Вывод.* По всем показателям, в т.ч. по сроку службы, энергоэффективности, а также по стоимости обслуживания и замены, люминесцентные лампы превосходят и светодиодные лампы и лампы накаливания. Мощности, вырабатываемой ФЭ, размещенными на фасадах здания, хватит на круглогодичное и круглосуточное освещение подземной автостоянки при установке в ней люминесцентных ламп. Необходимость расположения панелей именно на фасадах обусловлена благоприятными условиями светового климата и удачной ориентацией фасада. Кроме того, на панелях,

*Conclusion.* According to all the indicators, including operating life, energy efficiency, service and replacement cost luminescent lamps surpass LED and incandescent lamps. The power produced by photovoltaic panels on building facades will be enough for year-round and twenty-four-hour illumination of underground parking in case of installing luminescent lamps. It is required to place panels on the facades due to favorable light climate conditions and effective orientation of a façade. Moreover,

находящихся в вертикальном положении, не будет собираться снег и в меньшей степени — пыль, а ветровое воздействие будет минимальным. Поэтому использование ФЭ на фасадах здания может существенно сэкономить затраты эксплуатирующей организации на обеспечение светом помещений подземной автостоянки. Следует также отметить, что использование таких панелей из ФЭ не портит вид зданий, а мощности, вырабатываемой ими, может хватить на обеспечение энергией не только подземных помещений парковки, но и, возможно, мест общего пользования в здании или освещения дворовой территории.

snow will not be accumulated on vertical panels and there will be less dust, the wind effect will be minimal. That's why the use of PC on building facades may greatly reduce the expenses of an operating organization for providing the underground parking premises with light. We should also note that the use of such panels of PC doesn't spoil the appearance of buildings and the power produced by them may be enough to provide not only underground parking, but maybe also public space with energy or to illuminate yard territories.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильвицкая С.В., Поляков И.А. Этапы развития архитектуры и природы как единой системы // Естественные и технические науки. 2014. № 11–12 (78). С. 443–444.
2. Соловьев А.К. Физика среды. М.: Изд-во АСВ, 2011. 341 с.
3. Поляков И.А., Ильвицкая С.В. Гелиоархитектура // Архитектура и строительство России. 2016. № 1–2. С. 166–167.
4. Соловьев А.А., Варфоломеев С.Д., Безруких П.П., Попель О.С., Тарасенко А.Б., Антипов Е.В., Томаров Г.В., Слипечук М.В., Голубева Е.И., Киселева С.В., Николаев В.Г., Бляшко Я.И., Ермоленко Г.В., Егоров И.Ю., Чернова Н.И. Возобновляемые источники энергии: Курс лекций. Выпуск 8 / под ред. А.А. Соловьева, С.В. Киселевой. М.: Университетская книга, 2015. С. 296.
5. Shepvalova O., Strebkov D., Dunichkin I. Energetically independent buildings of the resort-improving and educational-recreational complex in ecological settlement GENOM // World Renewable Energy Forum, WREF 2012, Including World Renewable Energy Congress XII and Colorado Renewable Energy Society (CRES) Annual Conference. 2012. С. 3767–3772.
6. Дуничкин И.В. Территориальное планирование с учетом возобновляемых источников энергии // Архитектура и строительство России. 2013. № 8. С. 12–19.
7. Рафикова Ю.Ю., Киселева С.В., Нefeldова Л.В. Использование ГИС-технологий в области возобновляемой энергетики: зарубежный и отечественный опыт // Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 12 (152). С. 96–106.
8. Дуничкин И.В. Развитие экологических поселений. Курортно-оздоровительные и образовательно-рекреационные комплексы // Архитектура и строительство России.

#### REFERENCES

1. Il'vitskaya S.V., Polyakov I.A. Etapy razvitiya arkhitektury i prirody kak edinoi sistemy [Stages of Development of Architecture and Nature as a Single System]. *Estestvennyye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences]. 2014, no. 11–12 (78), pp. 443–444. (In Russian)
2. Solov'ev A.K. *Fizika sredy* [Environment Physics]. Moscow, ASV Publ., 2011, 341 p. (In Russian)
3. Polyakov I.A., Il'vitskaya S.V. Geliioarkhitektura [Solar Architecture]. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and Construction in Russia]. 2016, no. 1–2, pp. 166–167. (In Russian)
4. Solov'ev A.A., Varfolomeev S.D., Bezrukikh P.P., Popel' O.S., Tarasenko A.B., Antipov E.V., Tomarov G.V., Slipenchuk M.V., Golubeva E.I., Kiseleva S.V., Nikolaev V.G., Blyashko Ya.I., Ermolenko G.V., Egorov I.Yu., Chernova N.I. *Vozobnovlyаемые istochniki energii: Kurs lektsiy. Vypusk 8* [Renewable Energy Sources: Lectures. Issue 8]. Moscow, Universitetskaya kniga Publ., 2015, p. 296. (In Russian)
5. Shepvalova O., Strebkov D., Dunichkin I. Energetically Independent Buildings of the Resort-Improving and Educational-Recreational Complex in Ecological Settlement GENOM. World Renewable Energy Forum, WREF 2012, Including World Renewable Energy Congress XII and Colorado Renewable Energy Society (CRES) Annual Conference. 2012, pp. 3767–3772.
6. Dunichkin I.V. Territorial'noe planirovanie s uchetom vozobnovlyаемых istochnikov energii [Territorial Planning with Account of Renewable Energy Sources]. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and Construction in Russia]. 2013, no. 8, pp. 12–19. (In Russian)
7. Rafikova Yu.Yu., Kiseleva S.V., Nefeldova L.V. Ispol'zovanie GIS-tekhnologiy v oblasti vozobnovlyаемой energetiki: zarubezhnyy i otechestvennyy opyt [The Use of Geoinformation Technologies in RES Field: Foreign and Domestic Experience]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya* [International Journal of Alternative Energy and Ecology]. 2014, no. 12 (152), pp. 96–106. (In Russian)
8. Dunichkin I.V. Razvitie ekologicheskikh poseleniy. Kurortno-ozdorovitel'nye i obrazovatel'no-rekreatsionnye komplekсы [Development of Ecological Settlements. Resort and Health, Educational and Recreational Facilities]. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii* [Architecture and Construction in Russia]. 2012, no. 2, pp. 16–27. (In Russian)
9. Maklakova T.G. *Vysotnye zdaniya. Gradostroitel'nye i arkhitekturno-konstruktivnye problemy proektirovaniya* [High-Rise

2012. № 2. С. 16–27.

9. *Маклакова Т.Г.* Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования. 2-е изд., доп. М.: Изд-во АСВ, 2008. 160 с.

10. *Саркисов С.К., Ильвицкая С.В., Петрова Л.В., Булгакова Е.А.* Инновационные технологии в контексте творческого обучения архитекторов // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2015. № 4 (124). С. 45–51.

11. *Бахареv Д.В., Орлова Л.Н.* Изображение оптическое (к определению основного понятия теории светового поля) // *Светотехника*. 2007. № 2. С. 4–7.

12. *Бахареv Д.В., Орлова Л.Н., Ширококов А.Ф.* О визуализации спектральной модели безоблачного неба и солнца // *Светотехника*. 2000. № 4. С. 30–34.

13. *Поддаева О.И., Дуничкин И.В., Прохорова Т.В.* Влияние пространственной организации реконструируемой жилой застройки на ветроэнергетический потенциал среды // *Вестник МГСУ*. 2013. № 2. С. 157–165.

14. *Дуничкин И.В., Жуков Д.А., Золотарев А.А.* Влияние аэродинамических параметров высотной застройки на микроклимат и аэрацию городской среды // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 9. С. 39–41.

15. *Поддаева О.И., Орехов Г.В., Дуничкин И.В., Кочанов О.А.* Устойчивое проектирование на основе экспериментальных исследований архитектурно-строительной аэродинамики и аэроакустики // *Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сб. Междунар. молодеж. конф. М.: МГСУ, 2012. С. 133–138.*

16. *Ильвицкая С.В., Петрова Л.В., Булгакова Е.А.* Опыт и предпосылки разработки деловых игр для обучения архитекторов // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2015. № 2 (31). Ст. 7. Режим доступа: <http://www.marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/il/abstract.php>.

*Поступила в редакцию в августе 2016 г.*

*Buildings. Town Planning, Architectural and Structural Design Problems*]. 2nd edition, enlarged. Moscow, ASV Publ., 2008, 160 p. (In Russian)

10. Sarkisov S.K., Il'vitskaya S.V., Petrova L.V., Bulgakova E.A. Innovatsionnye tekhnologii v kontekste tvorcheskogo obucheniya arkhitektorov [Innovative Technologies in the Context of Creative Education of Architects]. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land Management, Land Monitoring and Cadaster]. 2015, no. 4 (124), pp. 45–51. (In Russian)

11. Bakharev D.V., Orlova L.N. Izobrazhenie opticheskoe (k opredeleniyu osnovnogo ponyatiya teorii svetovogo polya) [Optical Image (To the Definition of the Main Concept of the Theory of the Light Field)]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 2007, no. 2, pp. 4–7. (In Russian)

12. Bakharev D.V., Orlova L.N., Shirobokov A.F. O vizualizatsii spektral'noy modeli bezoblachnogo neba i solntsa [On Visualization of a Spectral Model of the Cloudless Sky and the Sun]. *Svetotekhnika* [Light and Engineering]. 2000, no. 4, pp. 30–34. (In Russian)

13. Poddaeva O.I., Dunichkin I.V., Prokhorova T.V. Vliyanie prostranstvennoy organizatsii rekonstruirovomoy zhiloy zastroyki na vetroenergeticheskiy potentsial sredy [Effect of Spatial Organization Patterns of Restructured Residential Housing Areas on the Wind Energy Potential of the Environment]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 2, pp. 157–165. (In Russian)

14. Dunichkin I.V., Zhukov D.A., Zolotarev A.A. Vliyanie aerodinamicheskikh parametrov vysotnoy zastroyki na mikroklimat i aeratsiyu gorodskoy sredy [Influence of Aerodynamic Parameters of High-Rise Buildings on the Microclimate and Aeration of the Urban Environment]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2013, no. 9, pp. 39–41. (In Russian)

15. Poddaeva O.I., Orekhov G.V., Dunichkin I.V., Kochanov O.A. Ustoychivoe proektirovanie na osnove eksperimental'nykh issledovaniy arkhitekturno-stroitel'noy aerodinamiki i aeroakustiki [Sustainable Design Based on Experimental Studies of Architectural and Construction Aerodynamics and Aeroacoustics]. *Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitel'noy nauke i obrazovanii: sbornik Mezhdunarodnoy molodezhnoy konferentsii* [Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education: Collection of International Youth Conference]. Moscow, MGSU Publ., 2012, pp. 133–138. (In Russian)

16. Il'vitskaya S.V., Petrova L.V., Bulgakova E.A. Opyt i predposylki razrabotki delovykh igr dlya obucheniya arkhitektorov [Experience and Background of the Development of Business Games Learning Architects]. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2015, no. 2 (31). Ст. 7. Available at: <http://www.marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/il/abstract.php>. (In Russian)

*Received in August 2016.*

Об авторе: **Ковалева Алеся Сергеевна**, инженер, ЗАО «Горхимпроект», 105187, г. Москва, ул. Щербакoвская, д. 3, [alesya.kovaleva.2014@mail.ru](mailto:alesya.kovaleva.2014@mail.ru).

About the author: **Kovaleva Alesya Sergeevna**, engineer, CJSC “Gorkhimproekt”, 3 Shcherbakovskaya str., Moscow, 105187, Russian Federation; [alesya.kovaleva.2014@mail.ru](mailto:alesya.kovaleva.2014@mail.ru).

Для цитирования:

*Ковалева А.С.* Проектный эксперимент с солнечной энергетикой при разработке 25-ти этажного жилого комплекса для крымского района города Севастополь // *Строительство: наука и образование*. 2016. № 3. Ст. 1. Режим доступа: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2016.3.1.

For citation:

Kovaleva A.S. Proektnyy eksperiment s solnechnoy energetikoy pri razrabotke 25-ti etazhnogo zhilogo kompleksa dlya krymskogo rayona goroda Sevastopol' [Design Experiment with Solar Energy in the Elaboration of 25-Storey Residential Complex for the Crimea District of the Sevastopol City]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2016, no. 3, paper. Available at: <http://www.nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2016.3.1.