

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2020.26.79.005

## Обеспечение техносферной безопасности для целей энергосбережения и энергопотребления

**Сегал Марина Сергеевна**

Студент,  
Дальневосточный федеральный университет,  
690922, Российская Федерация, Владивосток, остров Русский, посёлок Аякс, 10;  
e-mail: segal@mail.ru

**Куц Анастасия Витальевна**

Студент,  
Дальневосточный федеральный университет,  
690922, Российская Федерация, Владивосток, остров Русский, посёлок Аякс, 10;  
e-mail: segal@mail.ru

**Фирсов Вадим Сергеевич**

Кандидат технических наук, доцент,  
Дальневосточный федеральный университет,  
690922, Российская Федерация, Владивосток, остров Русский, посёлок Аякс, 10;  
e-mail: segal@mail.ru

**Федосов Петр Андреевич**

Кандидат технических наук, доцент,  
Дальневосточный федеральный университет,  
690922, Российская Федерация, Владивосток, остров Русский, посёлок Аякс, 10;  
e-mail: segal@mail.ru

### Аннотация

В статье представлен анализ изменения объема потребления электрической энергии на конфигурацию распределения самих скачков нагрузки ОЭС России. Рассмотрены часовые скачки электроэнергии ВИЭ и СЭС, определено влияние изменения объема потребления электрической энергии на конфигурацию распределения скачков нагрузки ОЭС России. Отмечено, что существующая схема распределения энергии не позволяет в полной мере использовать установки возобновляемой энергетики из-за непостоянства их выработки и зачастую низкого качества электрической энергии, производимой ими. В результате проведенного исследования сделан вывод о том, что изменение объема потребления электрической энергии существенно не влияет на конфигурацию распределения самих скачков нагрузки ОЭС России. Большинство рассмотренных факторов будут способствовать снижению скачков чистой нагрузки, то есть смягчать требования к гибкости энергосистемы. В целом требования к гибкости будут ниже, чем полученные во

время расчетов, поскольку развитие технологии преобразования энергии ветра и солнца в электрическую энергию постоянно улучшается и происходит увеличение распределенной генерации на базе ВИЭ небольшой мощности.

#### **Для цитирования в научных исследованиях**

Сегал М.С., Куц А.В., Фирсов В.С., Федосов П.А. Обеспечение техносферной безопасности для целей энергосбережения и энергопотребления // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 10В. С. 461-471. DOI: 10.34670/AR.2020.26.79.005

#### **Ключевые слова**

Источники энергии, энергосистема, задачи развития, система управления, распределение.

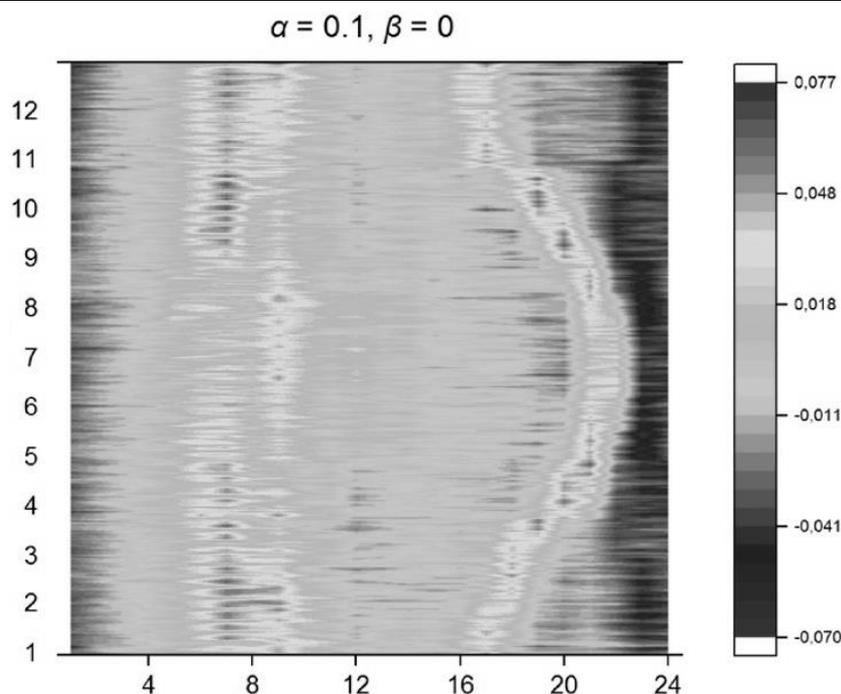
## **Введение**

Интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергосистему России – один из шагов к построению новой эффективной системы распределения энергии. Существующая схема распределения энергии не позволяет в полной мере использовать установки возобновляемой энергетики из-за непостоянства их выработки и зачастую низкого качества электрической энергии, производимой ими. Использование ВИЭ, таких как небольшие ветроэнергетические установки (ВЭУ), сопряжено с рядом трудностей, которые препятствуют развитию возобновляемой энергетики в целом. Электроэнергетика, являясь системой открытого типа, имеет тесные связи с другими народнохозяйственными системами. В первую очередь к ним относятся связи с топливоснабжающими системами: углеснабжающей, газоснабжающей, нефтеснабжающей, ядерно-энергетической. В результате можно говорить о существовании системы особого рода – топливно-энергетическом комплексе (ТЭК). Следует выделить подсистемы экономики, смежные с ТЭК: транспортную, энерго- и электромашиностроение, электроаппаратостроение. В период существования жесткой централизованной системы управления народным хозяйством задачи планирования развития отраслей существенно упрощались вследствие строгой иерархической структуры управления экономикой страны и подчинения частных целей подсистем единой общей цели развития экономики в целом. Это позволяло говорить не просто о планировании развития, но даже об управлении развитием. Способы управления в такой системе значительно усложнились из-за децентрализации самой системы управления. Это привело, с одной стороны, к тому, что основные задачи развития электроэнергетики сохранились, хотя и модифицировались применительно к новым условиям, а с другой стороны, к появлению новых задач развития, актуальных в условиях рыночной экономики.

## **Основная часть**

В статье [Belyaev et. al., 2007] рассмотрено влияние различных сценариев интеграции возобновляемых источников энергии ( $\alpha = \{0.1, 0.5, 1.0\}$ ,  $\beta = \{0.0, 0.25, 0.5\}$ ) на 1-часовые скачки чистой нагрузки.

На рисунке 1 приведено распределение скачков чистой нагрузки для сценария ВИЭ  $\alpha = 0.1$   $\beta = 0.0$ .



**Рисунок 1 – Распределение скачков чистой нагрузки для уровня проникновения ВИЭ  $\alpha = 0.1$   $\beta = 0.0$  (параметры распределения скачков мощности:  $\Delta P_{max} = 0,076$ ;  $\Delta P_{min} = -0,070$ ;  $\sigma = 0,022$ ;  $max_{0,99} = 0,054$ ;  $min_{0,99} = -0,051$ ;  $max_{0,95} = 0,038$ ;  $min_{0,95} = -0,039$ )**

Из полученного распределения можно отметить, что для данного сценария наблюдается рост экстремальных значений 1-но часовых прыжков чистой нагрузки до 0,76 против 0,68, однако их количество незначительно (менее одного процента), поэтому их можно рассматривать как выбросы [Goyal, Bhatti, Kothari, 2007]. В то же время снижаются скачки чистой нагрузки в период с весны до осени во время утреннего и дневного максимумов. Наибольшее замедление дневного роста наблюдается весной и осенью [Pavlov, Levytska, 2015].

В дневные часы, в период между утренним и вечерним максимумами, наблюдается незначительный рост отрицательных скачков. В ночной период распределение прыжков остается практически неизменным. В другие периоды распределение в целом носит случайный характер [Sundaram, Venugopal, 2015].

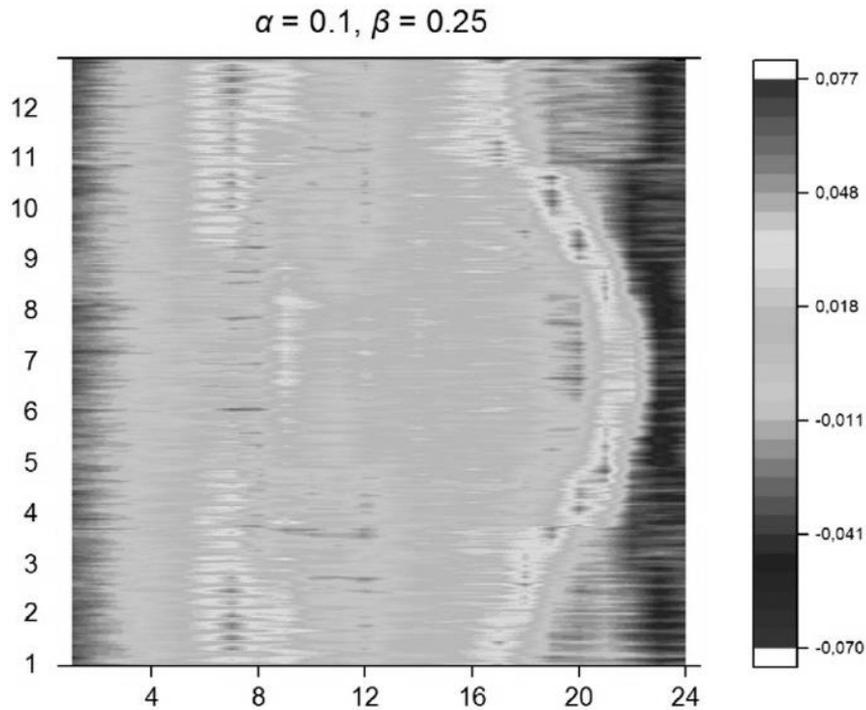
С увеличением доли СЭС в смеси ВИЭ до 0.25 (рис. 2) наблюдается снижение экстремальных значений 1-но часовых скачков чистой нагрузки (0,67 против 0,76). Данное снижение происходит за счет уменьшения доли ВЭС в смеси ВИЭ. Скачки нагрузки энергосистемы преобладают над прыжками ВИЭ.

С весны до осени существенно замедляются скачки чистой нагрузки во время утреннего и дневного максимумов, в некоторые периоды они принимают отрицательное значение. Данное снижение объясняется компенсацией утреннего подъема нагрузки в энергосистеме за счет нарастания генерации СЭС [Gehring, Fröschl, Kohler, Herzog, 2009].

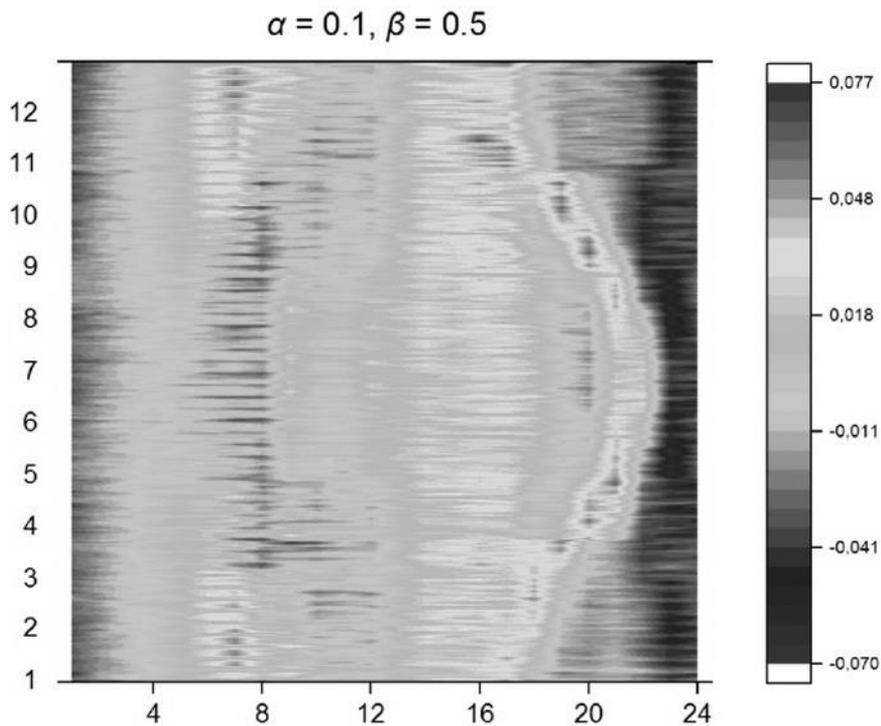
После 12 часов вследствие снижения генерации СЭС наблюдается рост скачков чистой нагрузки с почти постоянной скоростью вплоть до захода солнца.

В ночной период распределение прыжков остается практически неизменным.

На рисунке 3 приведено распределение скачков чистой нагрузки для сценария  $\alpha = 0,1$ ,  $\beta = 0,5$ .



**Рисунок 2 – Распределение скачков чистой нагрузки для уровня проникновения ВИЭ  $\alpha = 0.1$   $\beta = 0.25$  (параметры распределения скачков мощности:  $\Delta P_{max} = 0,067$ ;  $\Delta P_{min} = -0,069$ ;  $\sigma = 0,021$ ;  $max_{0,99} = 0,051$ ;  $min_{0,99} = -0,051$ ;  $max_{0,95} = 0,035$ ;  $min_{0,95} = -0,039$ )**



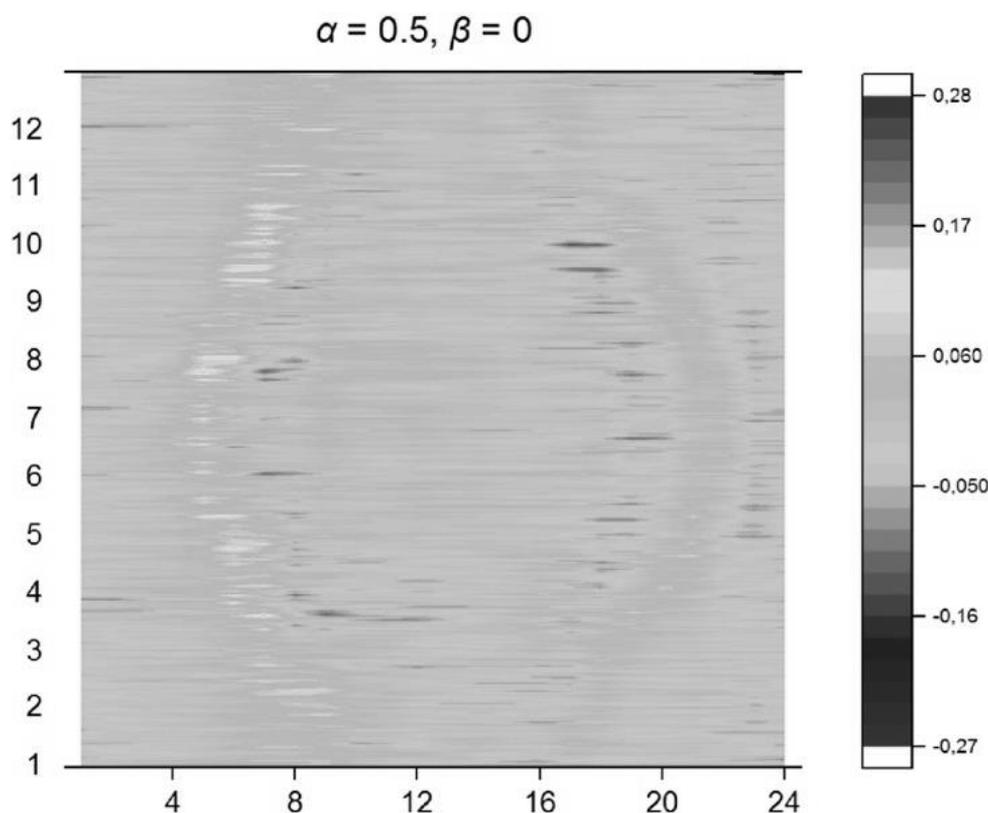
**Рисунок 3 – Распределение скачков чистой нагрузки для уровня проникновения ВИЭ  $\alpha = 0.1$   $\beta = 0.5$  (параметры распределения скачков мощности:  $\Delta P_{max} = 0,077$ ;  $\Delta P_{min} = -0,068$ ;  $\sigma = 0,023$ ;  $max_{0,99} = 0,051$ ;  $min_{0,99} = -0,051$ ;  $max_{0,95} = 0,037$ ;  $min_{0,95} = -0,039$ )**

В данном случае воздействие солнечных электростанций становится весьма существенным [Khan, Singh, 2013]. Утренний рост нагрузки с весны до осени компенсируется нарастающей генерацией СЭС. В первой половине дня увеличивается количество отрицательных скачков чистой нагрузки. Во второй половине дня в результате одновременного роста нагрузки энергосистемы и снижения генерации СЭС происходит существенный рост прыжков чистой нагрузки, то есть фактически утренний максимум перемещается во вторую половину дня с 14 до 17 часов.

В целом, за год наблюдается рост экстремальных значений 1-но часовых скачков чистой нагрузки до 0,77 против 0,68.

Для сценария с уровнем проникновения возобновляемых источников энергии  $\alpha = 0,1$ , независимо от доли солнечных электростанций, влияние на распределение 1-часовых прыжков чистой нагрузки проявляется в изменении характера распределения без существенного роста величины скачков. Наблюдается рост экстремальных значений скачков чистой нагрузки, однако их доля – менее 1%. Согласно полученным распределениям прыжков, генерация СЭС имеет более существенное влияние на 1-часовые скачки чистой нагрузки, чем ВЭС [Saleh, Rahman, 2014]. Для доли ВИЭ на уровне 0,1 скачки нагрузки потребителей продолжают преобладать над скачками ВИЭ почти во всем диапазоне рассматриваемых значений  $\beta$ .

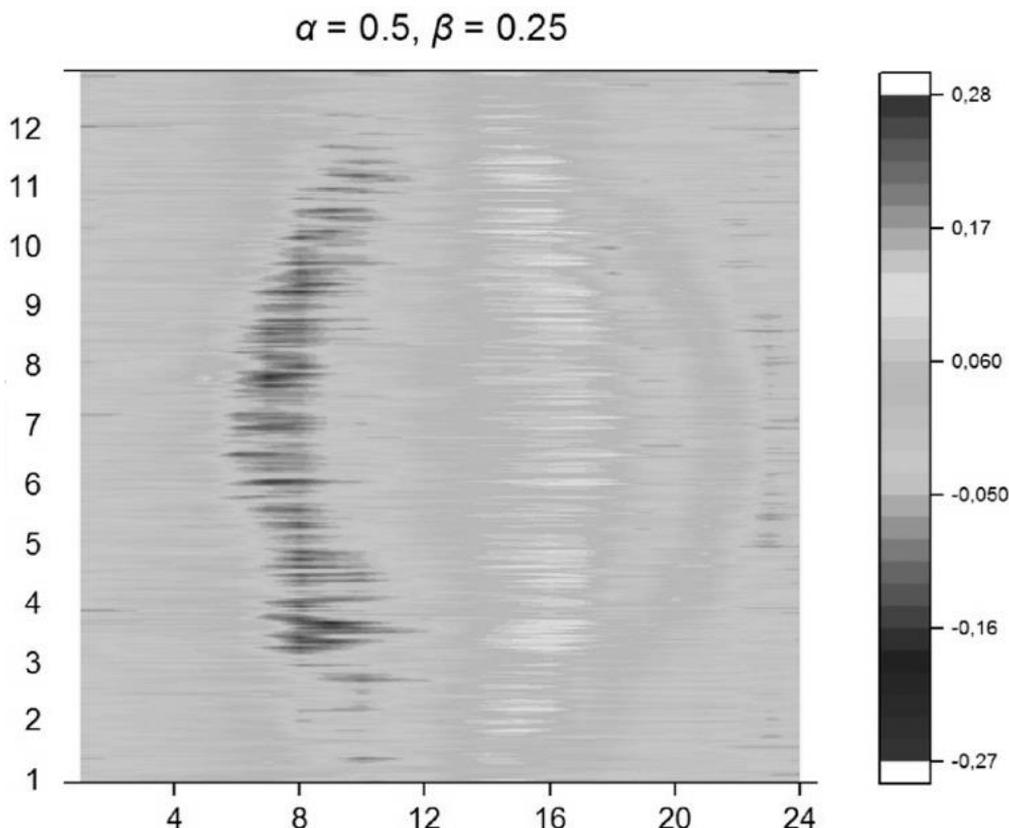
На рисунках 4-6 приведены распределения скачков чистой нагрузки ОЭС России для сценариев  $\alpha = 0.5$ ,  $\beta = \{0.0, 0.25, 0.5\}$  соответственно.



**Рисунок 4 – Распределение скачков чистой нагрузки для уровня проникновения ВИЭ  $\alpha = 0.5$   $\beta = 0.0$  (параметры распределения скачков мощности:  $\Delta P_{\max} = 0,161$ ;  $\Delta P_{\min} = -0,155$ ;  $\sigma = 0,033$ ;  $\max 0,99 = 0,092$ ;  $\min 0,99 = -0,080$ ;  $\max 0,95 = 0,056$ ;  $\min 0,95 = -0,051$ )**

Графики показывают, что скачки мощности генерируемой СЭС преобладают над скачками электроэнергетической системы и ВЭС.

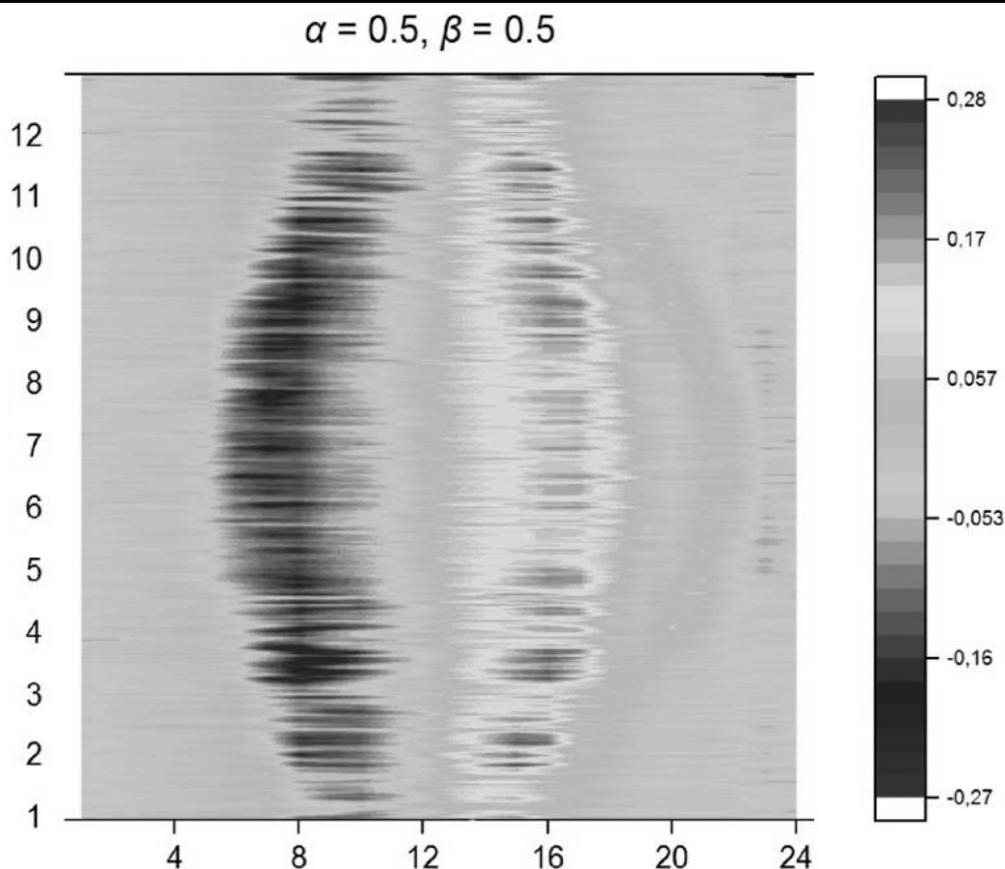
Для сценария  $\beta = 0,0$  влияние нагрузки электроэнергетической системы заметно лишь во время вечернего максимума нагрузок, в остальные часы преобладает влияние ветрогенерации (рис. 4). В целом, распределение скачков чистой нагрузки имеет случайный характер, за исключением характерных для ВЭС зон [Loeffler, Spears, 2014].



**Рисунок 5 – Распределение скачков чистой нагрузки для уровня проникновения ВИЭ  $\alpha = 0.5$   $\beta = 0.25$  (параметры распределения скачков мощности:  $\Delta P_{max} = 0,158$ ;  $\Delta P_{min} = -0,188$ ;  $\sigma = 0,042$ ;  $max_{0,99} = 0,101$ ;  $min_{0,99} = -0,108$ ;  $max_{0,95} = 0,072$ ;  $min_{0,95} = -0,066$ )**

Для сценария  $\alpha = 0,5$ ,  $\beta = 0.25$  (рис. 5) воздействие солнечных электростанций становится более заметным. Дневное распределение скачков чистой нагрузки соответствует характеру изменения генерации СЭС в течение суток [Dixon et al., 2017]. За счет утреннего роста генерации солнечных электростанций исчезают характерные для типового графика нагрузок ОЭС России прыжки утреннего максимума нагрузки. После незначительных утренних положительных скачков чистой нагрузки появляются более существенные отрицательные. Данные скачки связаны с утренним ростом генерации СЭС.

Для сценария  $\alpha = 0,5$ ,  $\beta = 0,5$  (рис. 6) распределение скачков чистой нагрузки имеет характер, подобный предыдущему сценарию [Lazarev, Semenyutina, Khat'ko, 2020]. За счет генерации солнечных электростанций во второй половине дня значительно выросли скачки чистой нагрузки, связанные с вечерним снижением солнечной активности. Также наблюдается существенный рост экстремальных и максимальных значений скачков чистой нагрузки (почти в два раза).



**Рисунок 6 – Распределение скачков чистой нагрузки для уровня проникновения ВИЭ  $\alpha = 0,5$ ,  $\beta = 0,5$  (параметры распределения скачков мощности:  $\Delta P_{max} = 0,275$ ;  $\Delta P_{min} = -0,273$ ;  $\sigma = 0,073$ ;  $max_{0,99} = 0,185$ ;  $min_{0,99} = -0,183$ ;  $max_{0,95} = 0,139$ ;  $min_{0,95} = -0,130$ )**

Распределение скачков чистой нагрузки электроэнергетической системы повторяет распределение скачков солнечных электростанций. Утренние положительные скачки вызваны изменением генерации ветровых электростанций, изменяющихся на отрицательные [Zaidi et al., 2012].

Данные кривые следует рассматривать как кривые экстремальных значений. Целесообразность закладки резерва для их компенсации требует дополнительного обоснования. Для отработки этих скачков могут быть использованы быстродействующие электростанции с краткосрочным временем работы в течение суток – гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) или накопители энергии, например электрохимические [Huang, Huang, 2011]. Кроме этого, отрицательные экстремальные прыжки могут быть устранены за счет ограничения скорости изменения мощности ВИЭ. Наибольшая скорость наблюдается на временных интервалах до 6 часов. На интервалах более 6 часов скорость замедляется.

Развитие СЭС за счет крышных солнечных станций также будет несколько снижать величину скачков. Это можно объяснить тем, что крышные СЭС не всегда имеют оптимальную ориентацию с точки зрения максимальной генерации электрической энергии, из-за этого графики генерации СЭС, даже тех, что расположены рядом, отличаются и частично компенсируют друг друга [Zelenyak, Kostyukov, 2018]. Таким образом, можно отметить, что в целом требования к гибкости будут ниже, чем полученные во время расчетов, поскольку развитие технологии преобразования энергии ветра и солнца в электрическую энергию

постоянно улучшается и происходит увеличение распределенной генерации на базе ВИЭ небольшой мощности.

Интеграция ВИЭ на уровне до 10% практически не влияет на максимальные значения скачков чистой нагрузки и ее вариативность. Значения стандартного отклонения и максимальной положительной 1-часовой смены чистой нагрузки составляют 0,023 и 0,037 В. ед./час. соответственно. При дальнейшем увеличении доли ВЭС и СЭС изменения мощности этого типа электростанций преобладают над изменениями нагрузки потребителей. При этом значения стандартного отклонения и положительного изменения чистой нагрузки составляют для 25% – 0,038 и 0,070 В. ед./ час. соответственно; для 50% – 0,070 и 0,140 В. ед./ час.

Для доли ВИЭ более 10% на величину скачков чистой нагрузки существенное влияние оказывает соотношение ВЭС и СЭС. При увеличении доли СЭС возрастает вариативность и экстремальные значения скачков чистой нагрузки. При достижении значения ВИЭ в балансе энергосистемы 50% от общего потребления электрической энергии существенно меняется конфигурация суточного графика нагрузок энергосистемы – вместо утреннего роста нагрузки появляется снижение.

Наибольшее внимания требуют положительные 1-часовые прыжки чистой нагрузки, величина которых для доли ВИЭ 25% может достигать значения 0,094 максимальной нагрузки энергосистемы (около 3 ГВт/час.) и 0,185 (около 5,9 ГВт/час.) для 50% ВИЭ в балансе ЭЭС.

Для ВЭС, расположенных на расстоянии более 300 км друг от друга, 1-часовые изменения мощности почти не коррелируют. Для СЭС умеренная корреляция 1-часовых изменений мощности наблюдается даже для расстояний до 900 км. Поэтому рассредоточение ВЭС и СЭС на значительной территории позволяет уменьшить величину скачков чистой нагрузки и снизить требования к гибкости энергосистемы.

## Заключение

Исходя из проведенного исследования, можно предположить, что изменение объема потребления электрической энергии существенно не влияет на конфигурацию распределения самих скачков нагрузки ОЭС России.

Большинство рассмотренных факторов (кроме изменения нагрузки энергосистемы) будут способствовать снижению скачков чистой нагрузки, то есть смягчать требования к гибкости энергосистемы.

Можно отметить, что в целом требования к гибкости будут ниже, чем полученные во время расчетов, поскольку развитие технологии преобразования энергии ветра и солнца в электрическую энергию постоянно улучшается и происходит увеличение распределенной генерации на базе ВИЭ небольшой мощности.

## Библиография

1. Ширяев Д.А., Зимин А.И. Устойчивость энергосистемы при использовании бесщеточной системы возбуждения турбогенератора энергоблока // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2017. № 3. С. 131-141.
2. Bardsley W.E. The Sustainable Global Energy Economy: Hydrogen or Silicon? Natural Resources Research. 2008. No. 17(4). P. 197–204.
3. Belyaev A. et. al. Electrical grid and risk assessment // Proceedings of the 4th International Scientific Symposium on Electric Power Engineering. 2007. P. 612-616.
4. Dixon R.C. et al. Issues of linearization of a two-phase boost DC-DC converter applied in the power supply systems operating on renewable energy sources // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. 2017.

- No. 328(1). P. 89-99.
5. Gehring R., Fröschl J., Kohler T.P., Herzog H.-G. Modeling of the automotive 14 V power net for voltage stability analysis // 5th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC. 2009. P. 71-77.
  6. Goyal H., Bhatti T.S., Kothari D.P. Control systems for small hydropower plants: A review // International Journal of Energy Technology and Policy. 2007. No. 5(1). P. 97-105.
  7. Huang X., Huang N. Power system's reserve margin of coal indicator. Advanced Materials Research. 2011. No. 171-172. P. 266-269.
  8. Khan M., Singh A.K. Modeling and simulation of solar boost converter to supply power for cardiac pacemakers // MeMeA 2013 – IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications, Proceedings. 2013. P. 187-190.
  9. Lazarev S., Semenyutina A., Khat'ko A. Analysis of the current state and prospects of environmental rehabilitation of tree plantations in river valleys // World Ecology Journal. 2020. No. 10(1). P. 22-47.
  10. Loeffler C., Spears E. Uninterruptible Power Supply System. Data Center Handbook. 2014. <https://doi.org/10.1002/9781118937563.ch27>.
  11. Pavlov V., Levytska I. The condition, problems and development prospects of the modern energy supply companies in Ukraine // Economic Annals – XXI. 2015. No. 1-2(2). P. 55-58.
  12. Saleh S.A., Rahman M.A. Optimal resolution level for input-output control of 3 $\phi$  VS WM AC-DC converters // IEEE Transactions on Industry Applications. 2014. No. 50(2). P. 1432-1447.
  13. Sundaram E., Venugopal M. Hybrid controller for three level shunt active power filter to reduce supply current harmonics for power quality improvement // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 2015. No. 10(5). P. 581-590.
  14. Zaidi S.S.H. et al. Robust analysis of a wireless bistable micro-actuator // ASME 2012 11th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis, ESDA. 2012. Vol. 2. P. 351-357.
  15. Zelenyak A., Kostyukov S. Features of the development of architectonics of crowns of bushes as a criterion of decorativeness in green building // World Ecology Journal. 2018. No. 8(3). P. 1-22.

## **Ensuring technosphere safety for energy saving purposes and energy consumption**

**Marina S. Segal**

Student,  
Far Eastern Federal University,  
690922, 10, Ayaks village, Russkii island, Vladivostok, Russian Federation;  
e-mail: segal@mail.ru

**Anastasiya V. Kuts**

Student,  
Far Eastern Federal University,  
690922, 10, Ayaks village, Russkii island, Vladivostok, Russian Federation;  
e-mail: segal@mail.ru

**Vadim S. Firsov**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Far Eastern Federal University,  
690922, 10, Ayaks village, Russkii island, Vladivostok, Russian Federation;  
e-mail: segal@mail.ru

**Petr A. Fedosov**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,  
Far Eastern Federal University,  
690922, 10, Ayaks village, Russkii island, Vladivostok, Russian Federation;  
e-mail: segal@mail.ru

**Abstract**

The article presents an analysis of changes in the volume of electricity consumption for the configuration of the distribution of the load surges themselves of the unified energy system of Russia. Hourly surges of electricity from RES and SES are considered, the influence of changes in the volume of electricity consumption on the configuration of the distribution of load surges of the UES of Russia is determined. It is noted that the existing energy distribution scheme does not allow the full use of renewable energy installations due to the inconstancy of their production and often the low quality of electrical energy produced by them. As a result of the study, the authors conclude that the change in the volume of electricity consumption does not significantly affect the configuration of the distribution of the load surges themselves of the UPS of Russia. Most of the factors considered will help reduce surges in net load, that is, mitigate the flexibility requirements of the power system. In general, the requirements for flexibility will be lower than those obtained during the calculations, since the development of technology for converting wind and solar energy into electrical energy is constantly improving and there is an increase in distributed generation based on renewable energy sources of small capacity.

**For citation**

Segal M.S., Kuts A.V., Firsov V.S., Fedosov P.A. (2020) Obespechenie tekhnosfernoi bezopasnosti dlya tselei energosberezheniya i energopotrebleniya [Ensuring technosphere safety for energy saving purposes and energy consumption]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 10 (10B), pp. 461-471. DOI: 10.34670/AR.2020.26.79.005

**Keywords**

Energy sources, power system, development tasks, management system, distribution.

**References**

1. Bardsley W.E. (2008) The Sustainable Global Energy Economy: Hydrogen or Silicon? *Natural Resources Research*, 17(4), pp. 197-204.
2. Belyaev A. et. al. (2007) Electrical grid and risk assessment. Proceedings of the 4th International Scientific Symposium on Electric Power Engineering, pp. 612-616.
3. Dixon R.C. et al. (2017) Issues of linearization of a two-phase boost DC-DC converter applied in the power supply systems operating on renewable energy sources. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 328(1), pp. 89-99.
4. Gehring R., Fröschl J., Kohler T.P., Herzog H.-G. (2009) Modeling of the automotive 14 V power net for voltage stability analysis. In: *5th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC*, pp. 71-77.
5. Goyal H., Bhatti T.S., Kothari D.P. (2007) Control systems for small hydropower plants: A review. *International Journal of Energy Technology and Policy*, 5(1), pp. 97-105.
6. Huang X., Huang N. (2011) Power system's reserve margin of coal indicator. *Advanced Materials Research*, 171-172, pp. 266-269.
7. Khan M., Singh A.K. (2013) Modeling and simulation of solar boost converter to supply power for cardiac pacemakers.

- 
- MeMeA 2013 – IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications, Proceedings*, pp. 187-190.
8. Lazarev S., Semenyutina A., Khat'ko A. (2020) Analysis of the current state and prospects of environmental rehabilitation of tree plantations in river valleys. *World Ecology Journal*, 10(1), pp. 22-47.
  9. Loeffler C., Spears E. (2014) *Uninterruptible Power Supply System. Data Center Handbook*. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781118937563.ch27> [Accessed 15/11/2020].
  10. Pavlov V., Levytska I. (2015) The condition, problems and development prospects of the modern energy supply companies in Ukraine. *Economic Annals – XXI*, 1-2(2), pp. 55–58.
  11. Saleh S.A., Rahman M.A. (2014) Optimal resolution level for input-output control of 3 $\phi$  VS WM AC-DC converters. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 50(2), pp. 1432-1447.
  12. Shiryayev D.A., Zimin A.I. (2017) Ustoichivost' energosistemy pri ispol'zovanii besshchetochnoi sistemy vozbuzhdeniya turbogeneratora energobloka [Stability of the power system using the brushless excitation system of the turbine generator of the power unit]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Yadernaya energetika* [News of higher educational institutions], 3, pp. 131-141.
  13. Sundaram E., Venugopal M. (2015) Hybrid controller for three level shunt active power filter to reduce supply current harmonics for power quality improvement. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 10(5), pp. 581-590.
  14. Zaidi S.S.H. et al. (2012) Robust analysis of a wireless bistable micro-actuator. *ASME 2012 11th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis, ESDA*, 2, pp. 351-357.
  15. Zelenyak A., Kostyukov S. (2018) Features of the development of architectonics of crowns of bushes as a criterion of decorativeness in green building. *World Ecology Journal*, 8(3), pp. 1-22.