

**ВОЛНОВОЙ ГЕНЕРАТОР ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ГИДРОПРИВОДА**

*Возобновляемой энергетикой называется производство энергии из неисчерпаемых по человеческим масштабам ресурсов. Главным принципом является использование энергии процессов, происходящих в окружающей среде.*

**Т. Д. Комаров,  
В. Я. Свербилов**

Самарский национальный  
исследовательский университет  
имени академика С. П. Королёва

Московское шоссе, 34,  
г. Самара, Российская Федерация,  
443086

0121998@mail.com

*Альтернативная энергетика – это набор перспективных методов получения, передачи и использования энергии, встречающиеся реже традиционных, но представляющие интерес ввиду низкого риска причинения вреда окружающей среде.*

*В настоящее время выработка электроэнергии через использования энергии волн не распространено и является экспериментальным. Тем не менее, она является одним из наиболее перспективных возобновляемых источников энергии, а также обладает потенциалом стать одной из основных составляющих мировой выработки энергии.*

*В настоящей работе спроектирован волновой генератор на базе гидропривода. Рассмотрены различные варианты исполнения данной установки, а также проанализированы существующие конструкции подобных устройств. Исходя из этого, выбрана наиболее эффективная конструкция установки.*

*Выполнены такие этапы, как конструирование установки в целом, проектирование гидравлической схемы установки, расчёт элементов системы на удовлетворение техническим требованиям, подбор стандартных компонентов и изделий, расчёт эффективности и компьютерное моделирование работы системы.*

**Ключевые слова:** альтернативная энергетика; возобновляемые источники энергии; волновой генератор; проектирование гидравлической схемы; диаграмма Санки; расчёт эффективности

**1 Введение**

Возобновляемой энергетикой называется производство энергии из неисчерпаемых по человеческим масштабам ресурсов. Главным принципом является использование энергии процессов, происходящих в окружающей среде. В 2015 году около 19,3% мирового потребления энергии было удовлетворено возобновляемыми источниками энергии [1].

Альтернативная энергетика – это набор перспективных методов получения, передачи и использования энергии, встречающиеся реже традиционных, но представляющие интерес ввиду низкого риска причинения вреда окружающей среде.

Восьмого октября 2018 года Межправительственной группой экспертов по изменению климата был представлен «Специальный доклад о Глобальном

потеплении на 1.5 градуса» [6], направленный на акцентировании внимания мировой общественности на проблеме глобального потепления. Одним из решений данной задачи, а именно уменьшении выброса углекислого газа в атмосферу, является увеличение доли энергетике, основанной на возобновляемых источниках энергии, в мировом производстве энергии.

В «докладе о реализации Энергетической Стратегией России на период до 2030 года по итогам 2018» [7] установлено направление совершенствования мер государственного регулирования на среднесрочную перспективу в электроэнергетике и теплоснабжении: «запуск новых механизмов поддержки ВИЭ, ориентированных на дальнейшее развитие технологической и производственной базы внутри страны, а также экспорт российского оборудования ВИЭ». Особенно остро вопрос

об обеспечении энергией населения встаёт в районах автономного (децентрализованного) энергоснабжения.

При этом, в сравнении с США и странами ЕС, использование возобновляемых источников энергии в России находится на низком уровне [1]. Это обуславливается доступностью ископаемых энергоносителей и отсутствием специального положения о стимулирующем тарифе, по которому государство покупает электроэнергию, произведённую на основе возобновляемых источников энергии [2]. Этот тариф состоит из нескольких положений:

- Гарантия подключения к сети;
- Долгосрочный контракт на покупку всей электроэнергии, произведённой из возобновляемых источников энергии;
- Надбавка к стоимости произведённой электроэнергии.

По прогнозу Института энергетических исследований Российской академии наук и Центра энергетики Московской школы управления «Сколково», к 2040 год возобновляемые источники энергии обеспечат от 35 до 50% мирового

производства электроэнергии и от 19 до 25% всего энергопотребления [3].

## 2 Разработка и проектирование установки

Принцип работы волнового генератора следующий (рисунок 1): буй благодаря своей плавучести перемещается совместно с волновым движением водной поверхности. К нему присоединён шток гидроцилиндра, что обеспечивает их совместное движение. Перемещение штока с поршнем приводит к вытеснению рабочей жидкости из полостей гидроцилиндра. Вытесненная жидкость поступает в гидросистему установки, где обеспечиваются необходимые параметры рабочей жидкости. После этого она поступает к гидромотору, где происходит преобразование гидравлической энергии в механическую. Вал гидромотора механически соединён с валом электрогенератора, что приводит к генерации электроэнергии. Произведённая энергия направляется в электросистему установки для её стабилизации, после чего она поступает к потребителю.



Рисунок 1. Структурная схема волнового генератора

В состав гидравлической системы проектируемой установки входят:

1. Буй;
2. Гидроцилиндр;
3. Гидромост;
4. Пневмогидравлический аккумулятор;
5. Гидромотор;
6. Электрогенератор;
7. Гидробак.

Принцип работы гидравлической системы волнового генератора (рисунок 2)

следующий: буй 1 благодаря своей плавучести перемещается совместно с волновым движением водной поверхности. К нему присоединён шток гидроцилиндра 2, что обеспечивает их совместное движение. Перемещение штока с поршнем приводит к вытеснению рабочей жидкости из полостей гидроцилиндра. Вытесненная жидкость поступает к организованному из обратных клапанов гидромосту 3. Это обеспечивает постоянность направления течения жидкости. В линии нагнетания установлен

пневмогидравлический аккумулятор 4, необходимый для демпфирования пульсаций давления и создания равномерного расхода рабочей жидкости в линии. После этого рабочая жидкость поступает к гидромотору 5, где происходит преобразование гидравлической энергии в механическую. Вал гидромотора соединён с валом электрогенератора 6, что приводит к

генерации электроэнергии. После прохождения гидромотора рабочая жидкость направляется к гидробаку 7, необходимому для предотвращения разрежения в системе. Таким образом в системе обеспечивается замкнутый контур, необходимый для постоянной работы установки. Рабочей жидкостью принимается гидравлическое масло МГ-30 в соответствии с ТУ 38.10150.

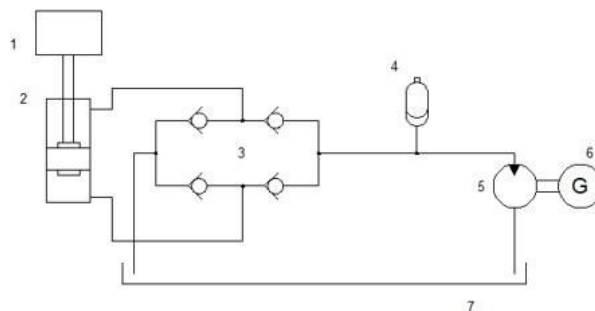


Рисунок 2. Гидравлическая схема волнового генератора

В состав электрической системы установки (рисунок 3) входят:

G1 – Электрогенератор;  
T1 – Стабилизатор напряжения

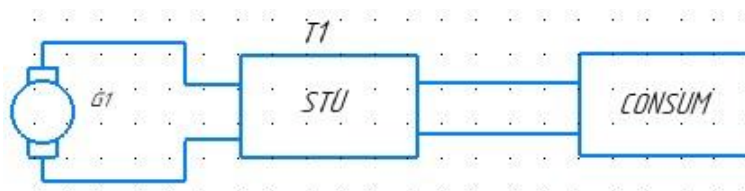


Рисунок 3. Электрическая схема волнового генератора

Для расчёта эффективности проектируемой установки рассмотрим следующие составляющие суммарных энергетических потерь [5]:

- Потери мощности в гидроцилиндре L\_ГЦ;
- Потери мощности в гидроаппаратуре L\_ГА;

- Потери мощности в гидромоторе L\_ГМ;
- Потери мощности в электрогенераторе L\_ЭГ.

Таким образом, была составлена диаграмма Санки, представленная на рисунке 4.

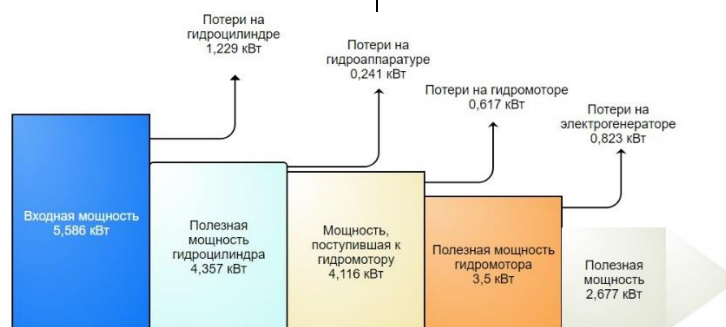


Рисунок 4. Диаграмма Санки для расчётного режима работы установки

При расчёте модели установки используется программный пакет Simcenter Amesim.

Воздействие волновой энергии на буй и буя на шток цилиндра упрощено и принято за синусоидальное воздействие с

амплитудой и частотой рассчитанного усилия.

В результате моделирования процесса работы установки был получен график мощности на выходном валу гидромотора, представленный на рисунке 5.

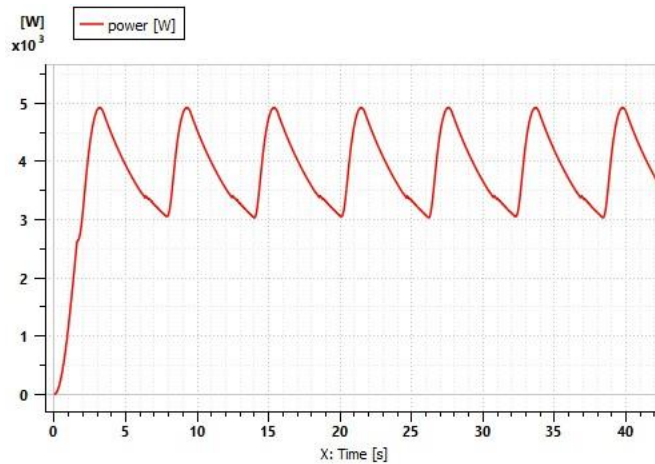


Рисунок 5. График мощности на выходном валу гидромотора

Для анализа работы установки при меньшей мощности волны было проведено моделирование процесса работы установки

при 20, 40, 60 и 80% силы входного воздействия. Полученные графики представлены на рисунке 6.

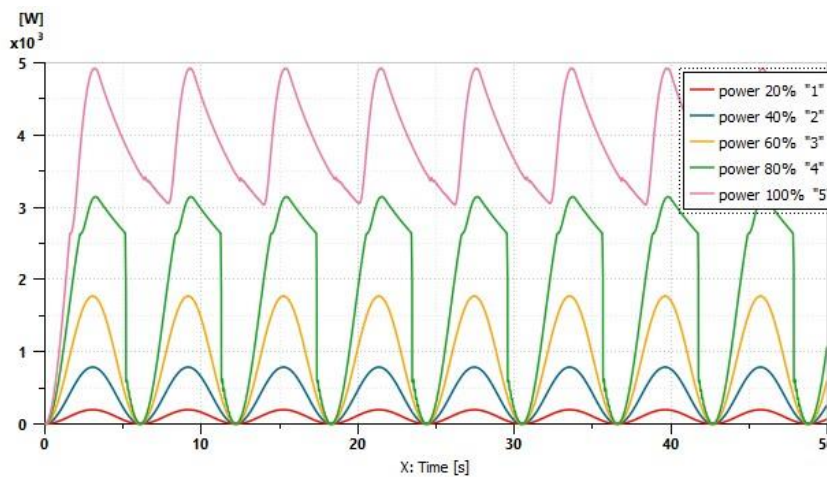


Рисунок 6. Графики выходной мощности при уменьшении силы входного воздействия

Из анализа рисунка 6 можно сделать вывод, что при уменьшении мощности волны наблюдается снижение мощности на выходном валу по нелинейной

характеристике. Это связано с работой гидравлической системы на нерасчётном режиме работы, что можно наблюдать по графику частоты вращения ротора гидромотора на рисунке 7.

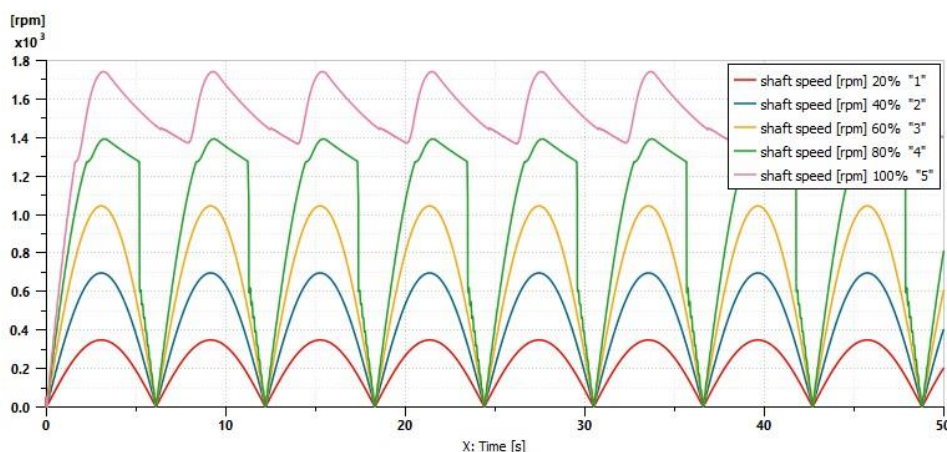


Рисунок 7. График частоты вращения ротора гидромотора при уменьшении силы выходного воздействия

### 3 Заключение

Разработанная установка позволяет преобразовывать волновую энергию водной поверхности в электрическую энергию для потребителей.

Дальнейшие исследования и модернизация установки направлены на расширение возможностей её использования и увеличения эффективности преобразования энергии.

### Список использованных источников

- [1] REN21 Renewables 2017 Global Status Report/ под ред. А. Зевроса – Париж, 2017. – 302 с. – ISBN 978-3-9818107-6-9.
- [2] REN21 Renewables 2015 Global Status Report/ под ред. А. Зевроса – Париж, 2015. – 251 с. – ISBN 978-3-9815934-6-4.
- [3] Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская школа управления Сколково – Москва, 2019. – 210 с. - ISBN 978-5-91438-028-8

[4] ТУ 38.10150-79. Масла гидравлические для гидроприводов объёмного типа МГ-20, МГ-30. Технические условия [текст]. – Введ. 1980-03-01.

[5] Энергоэффективность пневматического отбора мощности для волнового преобразователя энергии / М. Лиерманн, С. Атшан, О. Самхури; Международный журнал морской энергетики – 2015. – 14 с.

[6] Глобальное потепление на 1,5 °С. Специальный доклад МГЭИК о последствиях глобального потепления на 1,5 °С выше доиндустриальных уровней и о соответствующих траекториях глобальных выбросов парниковых газов в контексте укрепления глобального реагирования на угрозу изменения климата, а также устойчивого развития и усилий по искоренению бедности [текст] / В. Муфума-Окия [и др.], отв. Ред. Т. Мейкок. – Швейцария, Женева: Всемирная Метеорологическая Организация, 2019. – 35 с.

[7] Доклад о реализации энергетической стратегии России на период до 2030 года по итогам 2018 года [электронный ресурс] / официальный сайт Министерства Энергетики Российской Федерации // режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/1026/100241>

## WAVE GENERATOR BASED ON A HYDRAULIC SYSTEM

*Renewable energy is the production of energy from resources that are inexhaustible on a human scale. The main principle is the use of energy from processes occurring in the environment.*

*Alternative energy is a set of promising methods for obtaining, transferring and using energy, which are less common than traditional ones, but are of interest due to the low risk of causing harm to the environment.*

*Currently, the generation of electricity through the use of wave energy is not common and is experimental. Nevertheless, it is one of the most promising renewable energy sources, and also has the potential to become one of the main components of the world's energy production.*

*In this work, a wave generator based on a hydraulic system has been designed. Various versions of this installation are considered, and the existing designs of such devices are analyzed. Based on this, the most efficient design was selected.*

*The following stages have been completed: the design of the wave generator, the design of the hydraulic system, the calculation of the system elements according to the technical requirements, the selection of standard components and units, the calculation of efficiency and mathematical modeling of the system operation.*

**Key words:** *alternative energy; renewable energy sources; wave generator; hydraulic circuit design; strength calculation; efficiency calculation*

**Timofei D. Komarov,  
Victor Ya. Sverbilov**

Samara National Research University  
34, Moskovskoe shosse, Samara,  
443086, Russian Federation

0121998@mail.com

## References

- [1] REN21 (2017), Renewables 2017 Global Status Report, ISBN 978-3-9818107-6-9, Paris, 302 p.
- [2] REN21 (2015), Renewables 2015 Global Status Report, ISBN 978-3-9815934-6-4, Paris, 251 p.
- [3] Makarov, A. (2019), Forecast of energy development in the world and in Russia. [Prognoz razvitiya energetiki v mire I Rossii], ISBN 978-5-91438-028-8, ERIRAS, Moscow, 210 p.
- [4] TC 38.10150-79. Hydraulic oils for volumetric hydraulic systems MG-20, MG-30. Technical conditions [TU 38.10150-79. Masla gidravlicheskie dlya gidroprivodov ob'emnogo tipa MG-20, MG-30. Tehnicheskie uslovia], Moscow, 1980
- [5] Liermann, M. (2015), "Energy Efficiency of Pneumatic Power Take-Off for Wave Energy Converter", International Journal of Marine Energy, October 2015, pp.1-31.
- [6] IPCC, 2018, Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- [7] "Report on the implementation of the energy strategy of Russia for the period up to 2030 at the end of 2018" ["Doklad o realizacii energeticheskoy strategii Rossii na period do 2030 goda po itogam 2018 goda"], available at: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/1026/100241>