



II Международная научно-практическая конференция  
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

# Возможности применения водородно-воздушной системы для аккумулирования энергии ветроэлектростанции

Чухин Николай Иванович, ОИВТ РАН

chnik@mail.ru

16-18 сентября 2020 г  
Воронеж, Россия

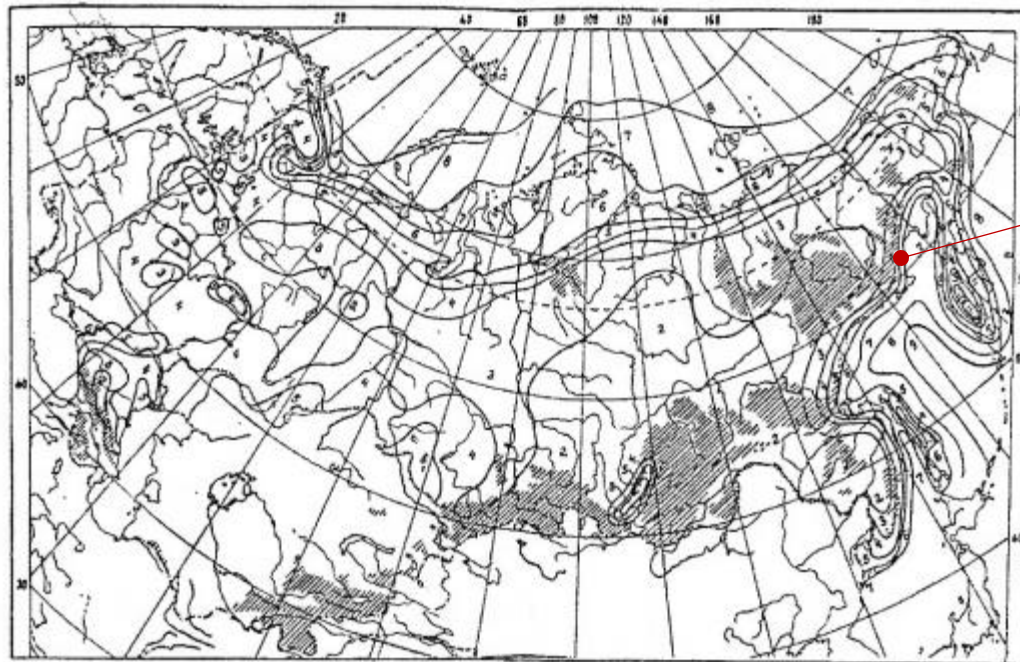




«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Возможности применения водородно-воздушной системы для аккумулялирования энергии ветроэлектростанции

# Выбор местоположения



Тахтоямск,  
Магаданская обл.  
Широта 60.1963  
Долгота 154.684

Среднегодовые значения скорости ветра на высоте 10 м



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Возможности применения водородно-воздушной системы для аккумулирования энергии ветроэлектростанции

# Исходные данные

|  | Янв   | Фев   | Март  | Апр   | Май   | Июнь  | Июль  | Авг   | Сент  | Окт   | Нояб  | Дек   |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Средняя скорость ветра на высоте 10 м, м/с | 8,32  | 7,89  | 6,81  | 5,13  | 3,55  | 3,37  | 3,31  | 3,73  | 4,59  | 5,97  | 7,25  | 8,69  |
| Потребление по месяцам, кВтч               | 39040 | 32400 | 31840 | 31600 | 35680 | 31440 | 31520 | 36800 | 39840 | 42000 | 35600 | 36560 |

Скорости ветра взяты за последние 10 лет из базы Nasa Power

Пересчет на необходимую высоту по формуле

$$V_i = V_{\text{ИЗМ}} \left( \frac{H_i}{H_{\text{ИЗМ}}} \right)^m$$

где  $m=0,14$  – степенной коэффициент для прибрежных зон

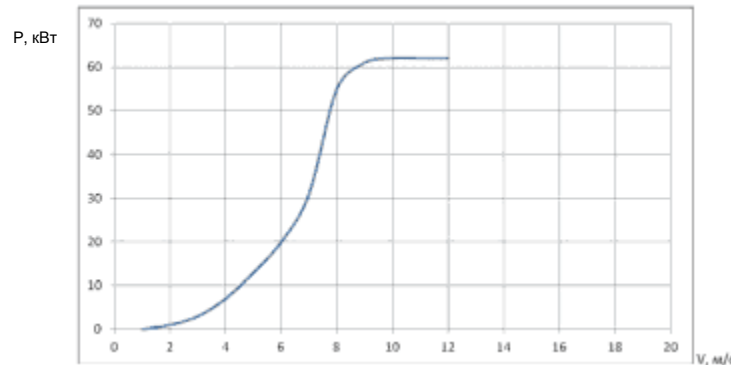


«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Возможности применения водородно-воздушной системы для аккумулирования энергии ветроэлектростанции

# Выбранный ветрогенератор

| Параметр                                | Значение                                    |
|---|---|
| Диаметр ветроколеса                     | 17,5 м                                      |
| Высота лопасти                          | 8,5 м                                       |
| Номинальная мощность                    | 60 кВт                                      |
| Максимальная мощность                   | 62,5 кВт                                    |
| Стартовая скорость ветра                | 2,5 м/сек                                   |
| Номинальная скорость ветра              | 9 м/сек                                     |
| Рабочая скорость ветра                  | 3 - 20 м/сек                                |
| Защита от ураганных ветров              | Автоматическая                              |
| Автоматическое ориентирование на ветер  | Да  |
| Высота мачты                            | <b>18 м</b>                                 |
| Количество лопастей                     | 3   |
| Коэффициент использования энергии ветра | >0,42                                       |
| Тип генератора                          | Трёхфазный генератор на постоянных магнитов |
| Частота генератора                      | 0 - 50 Гц                                   |



Condor Air 60

Зависимость мощности от силы ветра



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Возможности применения  
водородно-воздушной  
системы для  
аккумулирования энергии  
ветроэлектростанции

# Баланс мощности

|  | Янв   | Фев   | Март  | Апр   | Май    | Июнь   | Июль   | Авг    | Сент   | Окт   | Нояб  | Дек   |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Средняя скорость ветра на высоте 18 м, м/с       | 9,04  | 8,57  | 7,39  | 5,57  | 3,85   | 3,66   | 3,59   | 4,04   | 4,98   | 6,48  | 7,87  | 9,44  |
| Выработка за месяц двумя ветрогенераторами, кВтч | 91066 | 79296 | 59520 | 24480 | 8928   | 7200   | 6696   | 11160  | 18720  | 37200 | 74880 | 92256 |
| Потребление по месяцам, кВтч                     | 39040 | 32400 | 31840 | 31600 | 35680  | 31440  | 31520  | 36800  | 39840  | 42000 | 35600 | 36560 |
| Избыток выработки, кВтч                          | 52026 | 46896 | 27680 | -7120 | -26752 | -24240 | -24824 | -25640 | -21120 | -4800 | 39280 | 55696 |

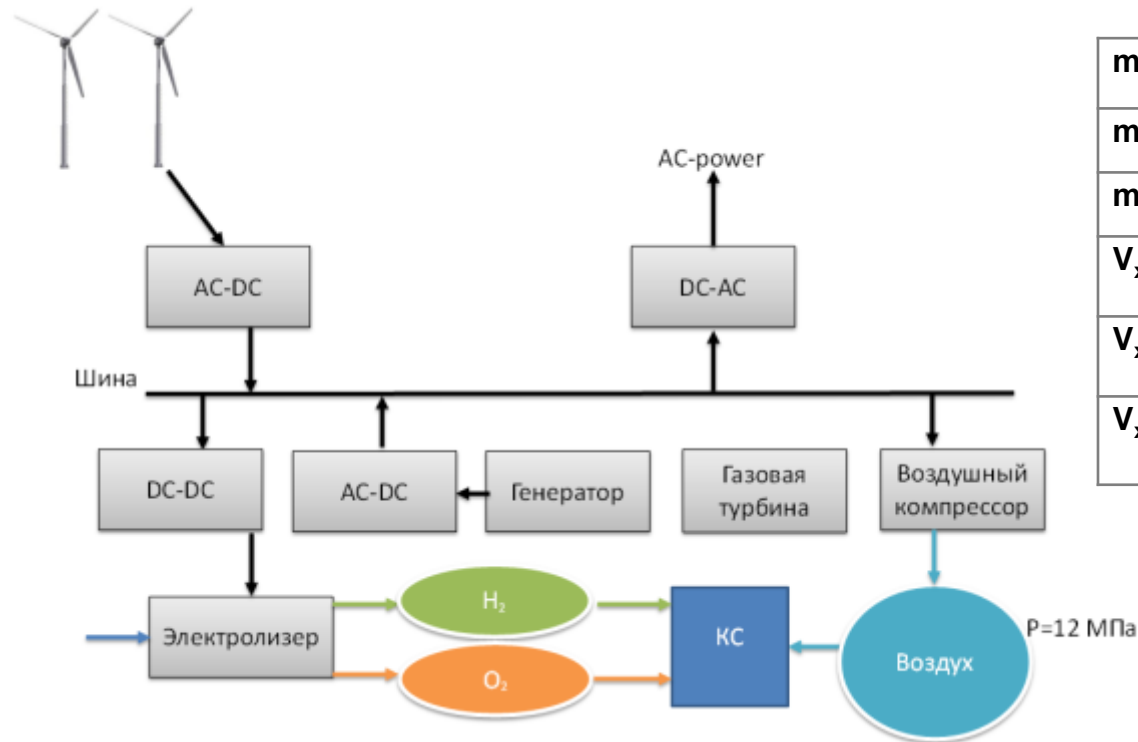
На основании баланса существует потребность в аккумулировании 221578 кВтч в период с ноября по март.



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Возможности применения водородно-воздушной системы для аккумулирования энергии ветроэлектростанции

# Схема установки аккумулирования энергии



Аккумулируемые массы газов за ноябрь-март

|                                  |        |              |
|----------------------------------|--------|--------------|
| $m_{\text{возд.}}, \text{ кг}$   | 310209 | кг           |
| $m_{\text{H}_2}, \text{ кг}$     | 1734   | кг           |
| $m_{\text{O}_2}, \text{ кг}$     | 13803  | кг           |
| $V_{\text{хрвозд}}, \text{ м}^3$ | 2762   | $\text{м}^3$ |
| $V_{\text{хрH}_2}, \text{ м}^3$  | 221    | $\text{м}^3$ |
| $V_{\text{хрO}_2}, \text{ м}^3$  | 106    | $\text{м}^3$ |



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Возможности применения водородно-воздушной системы для аккумулирования энергии ветроэлектростанции

# Сравнение с Li-ion



При использовании аккумуляторов LT-LYP 770 на 770 Ач потребуется 89926 шт. для запасания этого же количества энергии



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

# Выводы

- На указанной прибрежной территории России в Магаданской области ветропотенциал является достаточным для автономного покрытия ежедневных нагрузок населенного пункта по приведенному графику.
- Для обеспечения надежного энергоснабжения были выбраны 2 ветрогенератора на 60 кВт каждый.
- После сведения энергетического баланса стало очевидным, что выработка электроэнергии за счет ВЭС имеет выраженную сезонность, и в период с ноября по март (т.к. средние скорости ветра именно в этот сезон максимальны) избыток вырабатываемой энергии требуется запасать для использования в остальное время.
- Для водородно-воздушной системы аккумулирования энергии от ВЭС были рассчитаны на основании энергетического баланса массы запасаемых воздуха, кислорода и водорода, а также необходимые для них объемы хранилищ.
- Для сравнения также было рассчитано применение Li-ion аккумуляторов в данных условиях и определено их необходимое количество. Сравнение показало, что их количество является слишком большим, и применение водородно-воздушной системы аккумулирования является предпочтительным.





**Спасибо за внимание**