

УДК 629.7.03.035.5

Р.С. ТУРМАНИДЗЕ, д-р техн. наук, Тбилиси, Грузия

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЩНЫХ ВЕТРОВЫХ СТАНЦИЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОТОРОВ С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В ДИНАМИКЕ И ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД АККУМУЛЯЦИИ ВЕТРОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

У статті представлені результати дослідження робочої моделі роторів зі змінними параметрами геометрії в динаміці. На основі аеродинамічних і економічних розрахунків доведена ефективність використання таких конструкцій для потужних вітрових станцій. Дається аналіз різних конструкцій і методів відбору тої чи іншої конструкції для різних умов експлуатації вітрових установок в широкому діапазоні зміни швидкості вітру.

Ключові слова: ротори зі змінними параметрами, вітрові станції

В статье представлены результаты исследования рабочей модели роторов с переменными параметрами геометрии в динамике. На основе аэродинамических и экономических расчетов доказана эффективность использования таких конструкций для мощных ветровых станций. Приведен анализ различных конструкций и методики выбора той или иной конструкции для различных условий эксплуатации ветровых установок в широком диапазоне изменения скорости ветра.

Ключевые слова: роторы с переменными параметрами, ветровые станции

In the report will be presented the investigation results of the working model of rotors with variable geometry parameters in dynamics. On the basis of aerodynamic and economic calculations the effectiveness of use of such designs for powerful wind stations is proved. The analysis of various designs and methods of selection of that or other design for various conditions of operation of wind installations in wide range of the wind speed change is given. Also rather effective by cost-price method of accumulation of wind energy will be suggested that is the topical world problem and for development of which are annually spent some hundreds of millions of US Dollars.

Keywords: rotors with variable geometry parameters, wind installations

В последние годы, в период существенного роста темпов глобального потепления и значительного ухудшения экологического состояния, получение энергии традиционными методами создает серьезную опасность для всего человечества. С этой точки зрения в особенно тяжелую ситуацию попадают развитые страны, где с каждым годом, интенсивно растет объем производства и, соответственно, количество потребляемой энергии.

В этом плане особенно надо отметить те факторы риска, которыми характеризуются атомные электростанции и то недовольство населения, который достиг своего пика в период катастрофы Фукусими, случившийся в Японии в 2011 г.

Всемирно известно, что эти процессы стали основой решений, которое вынуждает руководства всех стран осуществить оперативные мероприятия в

направлении замены доли атомной энергии в общем энергетическом балансе страны каким-нибудь менее опасным видом энергии. Этими процессами обусловлено то, что в последние 10-15 лет почти во всех странах Мира особенное внимание уделяется совершенствованию существующих и созданию новых нетрадиционных методов получения энергии, а также максимальному использованию существующего в стране потенциала. Более того, руководящими органами международного сообщества разрабатываются специальные поощрительные мероприятия для тех стран и фирм, которые эффективно работают на развитие экологически чистых и неопасных методов получения энергии. К Таким видам энергии в первую очередь относятся ветровая и солнечная энергетика. Поэтому интенсивно совершенствуются конструкции ветровых станций и технология получения солнечных панелей. По обоим направлениям интенсивные работы ведутся в Грузинском техническом университете.

Для повышения эффективности ветровых станций были созданы несколько вариантов конструкций воздушных винтов с возможностью изменения основных геометрических параметров в динамике (ВИГ). Такими параметрами являются диаметр ротора, т.е. длина лопастей, угол установки каждой лопасти и закон их крутки.

Предварительные аэродинамические и экономические расчеты доказывают, что в результате использования таких конструкций можно увеличить годовой объем выработки каждой ветростанции минимум на 100%.

Несмотря на множество работ известных фирм, и ученых разных стран, проблема ВИГ еще не решена. Существуют патенты, не нашедшие реального воплощения, главным образом из-за сложности и недостаточной надежности технических решений.

Следует учесть, что все эти фирмы занимались изменением, какого-либо одного параметра, например, фирма «Сикорский» занималась изменением только диаметра винта, а корпорация «Боинг» - изменением только крутки лопастей.

Грузинский технический университет (ГТУ) предложил сочетание изменения диаметра и крутки одновременно в динамике.

Первоначально на этапе анализа, на основе расчленения объекта исследования был спроектирован и изготовлен макет винта с изменяемым диаметром, потом макет винта с изменяемой круткой лопастей. После лабораторных испытаний их основных узлов на этапе синтеза был создан винт с одновременно изменяемыми диаметром и круткой лопастей (рис. 1), а также стенд для его испытания [1].

Проведенные стендовые испытания модели ВИГ показали, что при высоких числах оборотов возникают значительные центробежные силы, действующие на ходовой винт. Ходовой винт – самый нагруженный элемент конструкции несущего винта и является слабым звеном. Снижение вредного воздействия этих сил и стало весьма актуальной проблемой.

Поэтому была разработана система компенсации центробежных сил. Технический подход состоял в проведении модельного эксперимента, в котором стенд стационарно закреплен на месте. При вращении винта в режиме вентилятора были осуществлены измерения тяги в зависимости от изменения частоты вращения и диаметра винта. Из возможных принципов компенсации (механического, электрического, гидравлического) был выбран гидравлический (рис 2), как наиболее гибкий в управлении [1-3].

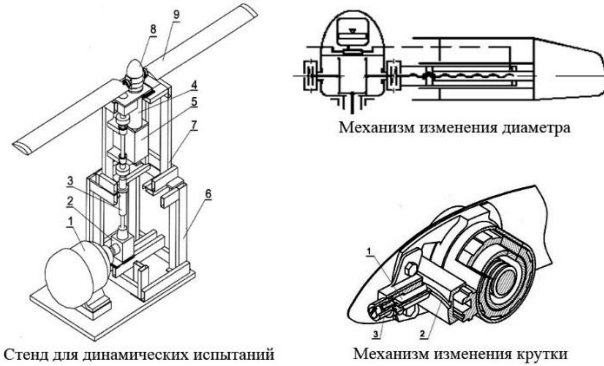


Рисунок 1 – Механизмы для управления параметров ВИГ-а и стенд для их испытания

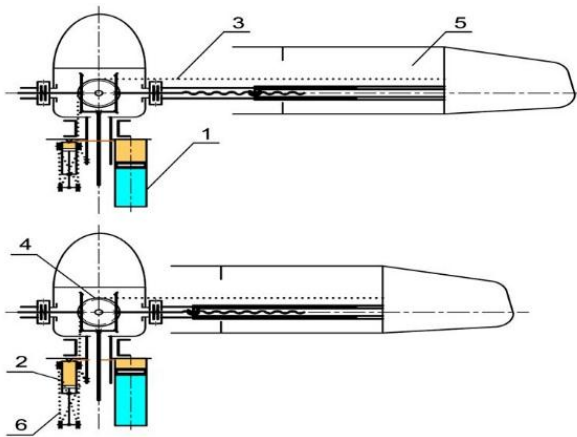


Рисунок 2 – Схема ВИГ с расположением гидропневматического аккумулятора и гидроцилиндра ниже втулки винта

1 - гидропневматический аккумулятор, 2 - гидроцилиндр, 3 - трос, 4 - ролик, 5 - лопасть, 6 - полиспаст

На конструкцию этого варианта ВИГ-а получен Европатент Application No/Patent No 08737551.5 - 2422 PCT/IB2008001041. В настоящее время патентуется в США. Все финансовые расходы патентования взял на себя Евросоюз.

Безопасность динамических испытаний ВИГ-а была обеспечена безотказностью узлов ВИГ с системой компенсации. Для оценки безотказности был сконструирован и изготовлен стенд статических испытаний (рис. 3), на котором были экспериментально имитированы нагрузки, действующие при различных частотах вращения винта.



Рисунок 3 – Стенд для статических испытаний и лопасть с гибкими элементами и нервюрами

Были определены линии упругости лопасти в зависимости от имитируемых частот вращения при сдвинутой и раздвинутой лопасти, а также зависимости усилий на рычаге управления стендом от имитируемых частот вращения.

Эксперименты, на стенде динамических испытаний (рис. 4), были проведены методом замера скорости воздушного потока крыльчатым анемометром, который для данной задачи характеризовался достаточной повторяемостью результатов измерений.

Установлено, что в случае увеличения диаметра винта в 1,4 раза и изменения кривизны лопасти в пределах $16 \div 18^\circ$ обеспечивается повышение силы тяги примерно, в 1,6 раз.

Эффективность системы компенсации доказана многократным безотказным сдвижением-раздвижением лопасти винта во всем диапазоне изменения частот вращения. Это обусловило синхронность функционирования ВИГ-а.

Были накоплены результаты многократного и всестороннего исследования действующей модели воздушных винтов с изменяемыми геометрическими параметрами в динамике. На рис. 5 - 8 в качестве примера, показаны результаты исследования значений подъемной силы при

максимальных и минимальных диаметрах ротора в большом диапазоне изменения оборотов вращения.

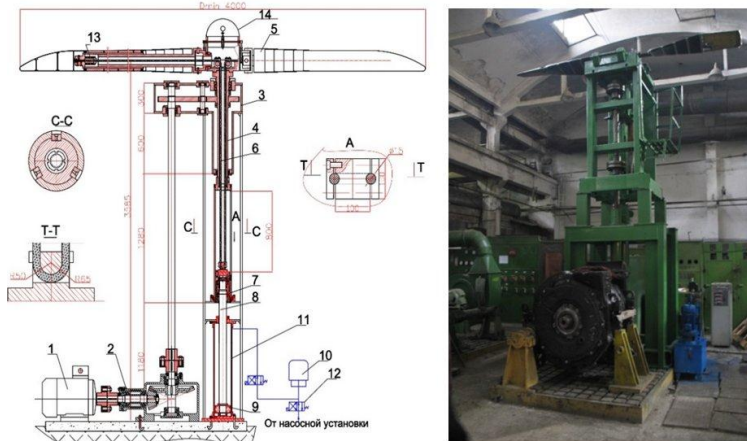


Рисунок 4 – Стенд динамических испытаний и фото стенда

- 1-Электродвигатель постоянного тока, 2-Конический редуктор, 3-Цилиндрический редуктор, 4-Шпиндель цилиндрического редуктора, 5-Лопасть с гибкими элементами, 6-Грос, 7-Узел подшипников с корпусом, 8-Шток, 9-Поршень, 10-Гидропневмоаккумулятор, 11-Гидроцилиндр, 12-Гидрораспределитель, 13-Узел крепления троса, 14-Втулка

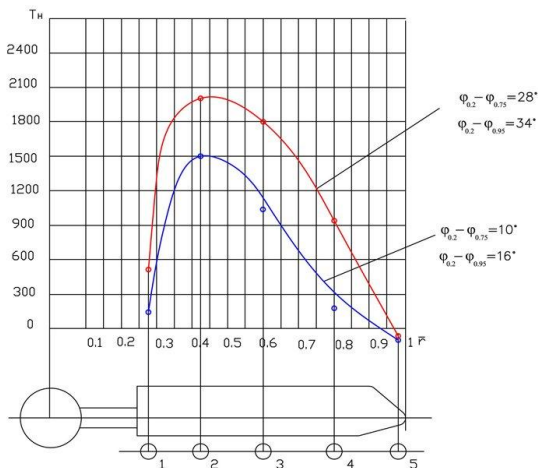


Рисунок 5 – График зависимости тяги ВИГ от изменения крютки лопастей

для минимального диаметра D_{\min} винта, частоты вращения $n = 300$

об/мин и угла установки $\varphi = 5^0$

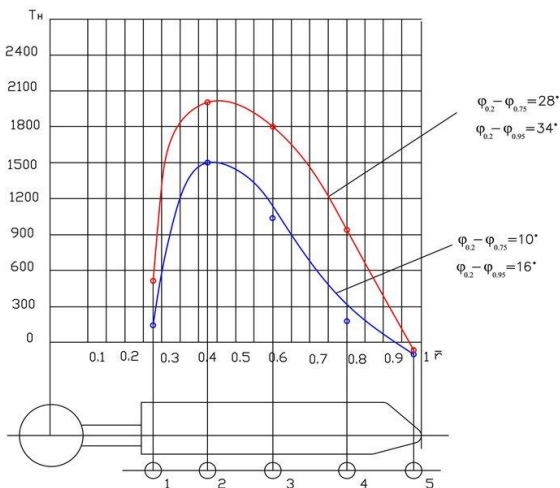


Рисунок 6 – Графік залежності тяги ВИГ от изменения крутки лопастей для максимального диаметра D_{\max} винта,

частоте вращения $n = 200$ об/мин и угла установки $\varphi = 5^0$

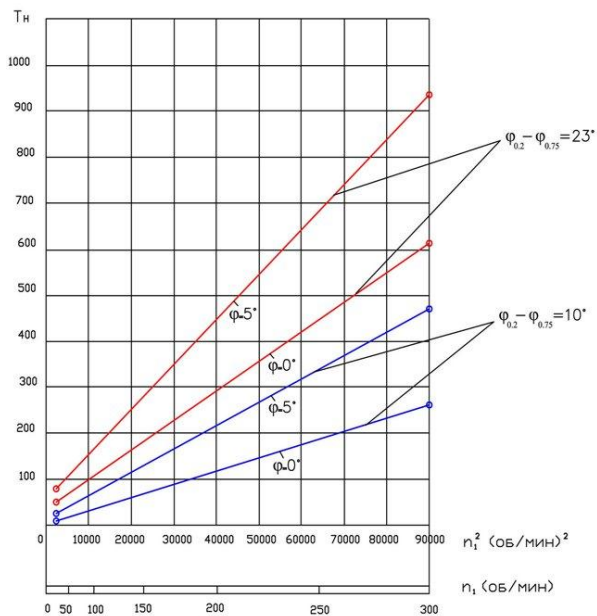


Рисунок 7 – Графік залежності тяги ВИГ от частоты вращения

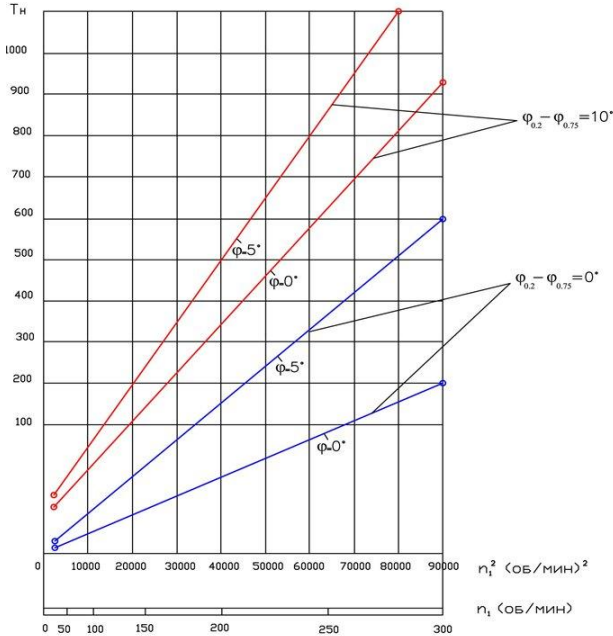


Рисунок 8 – График зависимости тяги ВИГ от частоты вращения винта, для максимального диаметра D_{\max}

В результате изготовления и испытания демонстрационной модели винта с изменяемыми геометрическими параметрами в динамике, нами было доказано, что для ветроэнергетических установок, особенно с большими мощностями, использование ВИГ-а даст возможность расширить диапазон максимальных значений КПД установки при изменении скорости ветра в большом диапазоне от 3 до 20÷22 м/сек, а также обеспечить работоспособность установки при тех высоких скоростях ветра (22÷35 м/сек) (Рис. 9), при которых существующие установки не в состоянии работать [4].

Проведен подробный анализ разных предлагаемых конструкций ротора и на этой основе предложены рекомендации подбора той или иной конструкции для разных условий эксплуатации ветроустановок в широком диапазоне изменения скорости ветра [5].

В настоящее время ведутся переговоры с известной Немецкой фирмой «Энеркон» для создания совместного предприятия или филиала на территории Грузии и производства наряду с стандартными роторами также новых конструкций.

Также ведутся переговоры с фирмой «Шмид» о производстве солнечных панелей.

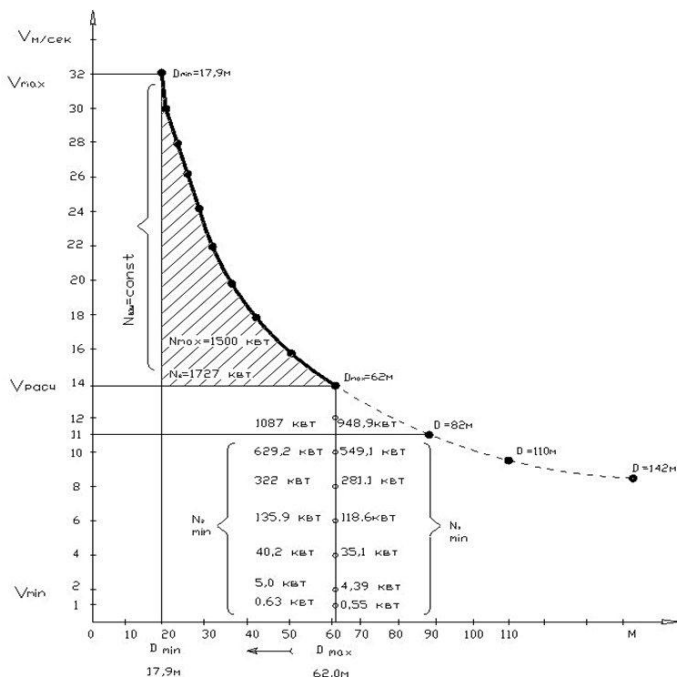


Рисунок 9 – Необходимое сочетание диаметра ротора и скорости ветра для получения запланированной мощности ветростанции

Осуществление данного проекта целесообразно, так как в Грузии функционировали несколько крупных предприятий по микроэлектронике, поэтому грузинские учёные имеют весьма интересные предложения по отдельным ответственным операциям производства пластин из монокристалла силиция, а также по принципам подбора мест для монтажа готовых солнечных модулей и создания конструкций соответствующих механизмов, внедрение которых ещё больше повысит эффективность солнечных модулей.

В частности, установка этих панелей, например над виноградниками по заранее рассчитанным параметрам, с использованием специальных механизмов, позволяющих менять угловое положение панелей в большом диапазоне, даст возможность наряду с получением электрической энергии, защитить плантации от града, а также от высыхания кисточек винограда и почвы, когда температура воздуха постоянно несколько недель держится в пределах $35 \div 40^{\circ}$ и выше. Следует отметить, что такая ситуация в Грузии очень частая и если это случается перед процессом уборки винограда, оно

сильно влияет на объем урожая, особенно на процент выхода виноградного сока.

Как защита плантаций от града, так и регулирование процесса высухания винограда перед уборкой урожая является острой проблемой не только для Грузии, но и для всех других стран тоже, где имеются подобные плантации.

Поэтому мы интенсивно работаем над разработкой методов оптимизации схем монтажа солнечных панелей над виноградниками.

На рис. 10 показан один из вариантов схем монтажа таких панелей.



Рисунок 10 – Солнечные панели над виноградниками

В данный момент ведётся поиск оптимальных размеров панелей, схемы их расположения и совершенствование механизмов для регулирования их углового положения в широком диапазоне для разного периода времени. Разрабатываются также разные варианты механизации и автоматизации этих процессов.

На основе консультаций с опытными крестьянами установлено, что использование таких схем монтажа существенно повысит объем и качество урожая, что в конечном итоге даст ощутимый экономический эффект.

Представленная идея содержит и научную новизну, что совместно с немецкими специалистами уже оформляется и в ближайшем будущем будет оформлен Европатент.

В настоящее время достигнуто согласие наших партнеров для безвозмездной передачи примерно 200 м² солнечных панелей с целью

организации в Грузии опытного участка, где будут установлены опытные образцы солнечных панелей и проведены все необходимые исследования.

Существует ещё одна весьма актуальная проблема, над которой долгое время работают ведущие ученые многих известных научных центров всего мира, однако, к сожалению эффективного пути решения этой проблемы до сегодняшнего дня не существует. Вопрос касается метода аккумуляции полученной солнечной и ветровой энергий, для решения которого ежегодно тратятся несколько сотен миллионов долларов США.

Мы имеем на наш взгляд интересное предложение для решения этой проблемы в тех странах, где имеются гидроэлектростанции со средней и с большой мощностями, т.е. где уже имеются построенные высокие плотины и водохранилища.

Известно, что все такие электростанции имеют большой дефицит воды и тот объем, который, набирается в основном весной, потом постепенно, очень экономично расходуется целый год по специальному графику.

Суть нашего предложения заключается в том, что можно вокруг водохранилища монтировать максимально возможное количество ветровых станций и солнечных панелей. Когда будет заказ на электрическую энергию они будут работать на её выработку, а когда заказов нет, работать на перекачку воды обратно от нижнего водохранилища в верхнюю его часть. Это даст возможность, чтобы все источники энергии работали постоянно на прибыль, днем и ночью, ежедневно и круглый год.

На рис. 11 показана примерная схема компоновки таких сооружений, где видна смонтированная одна маленькая группа ветряков и солнечных модулей. Также видна, что вокруг водохранилища можно разместить еще таких несколько групп.



Рисунок 11 – Примерный вариант компоновки агрегатов и системы их управления для аккумуляции полученной ветровой и солнечной энергий

Консультації с ведущими спеціалістами енергетики показують, що після створення такого опытного об'єкта і удосконалення його окремих вузлів і системи їх управління об'єкт буде широко, успішно і ефективно використовуватися во многих країнах світа.

Список использованных источников: 1. *R.Turmanidze, L.Dadone*. „Variable Geometry Rotor“. Monograph, Publishing House of University of Petrosani. 2003, Romania, 164 p. 2. *R.Turmanidze, L.Dadone, G.Sanadze*. Increase of Flight and Technical Characteristics of Flying Vehicles By Means of Application of the Variable Geometry Rotor. Materials of the 5th Forum of the Russian Helicopter Society. Moscow, 2002. p. VI39-VI48. 3. *R.Turmanidze, L.Dadone, J.-J.Philippe, B.Demaret*, Investigation, Development and Tests Results of the Variable Geometry Rotor. 33 rd European Rotorcraft Forum. Kazan, 10–14 September 2007, Pages 11. 4. *R.Turmanidze, O.Rukhadze, R.Bidzinashvili, E.Rukhadze*, Designing Fundamentals of Investigation Equipment of Rotors with the Parameters of Variable Geometry. International Scientific Journal «Problems of Mechanics». №1 (42)/2011. Georgia, Tbilisi. 2011. 8 p. 5. *R.Turmanidze, O.Rukhadze, R.Bidzinashvili, E.Rukhadze*, Investigation of the Variable Geometry Rotor in Dynamics. International Scientific Journal «Problems of Mechanics». №2 (43)/2011. Georgia, Tbilisi. 2011. 8 p.

Bibliography (transliterated): 1. *R.Turmanidze, L.Dadone*. „Variable Geometry Rotor“. Monograph, Publishing House of University of Petrosani. 2003, Romania, 164 p. 2. *R.Turmanidze, L.Dadone, G.Sanadze*. Increase of Flight and Technical Characteristics of Flying Vehicles By Means of Application of the Variable Geometry Rotor. Materials of the 5th Forum of the Russian Helicopter Society. Moscow, 2002. p. VI39-VI48. 3. *R.Turmanidze, L.Dadone, J.-J.Philippe, B.Demaret*, Investigation, Development and Tests Results of the Variable Geometry Rotor. 33 rd European Rotorcraft Forum. Kazan, 10–14 September 2007, Pages 11. 4. *R.Turmanidze, O.Rukhadze, R.Bidzinashvili, E.Rukhadze*, Designing Fundamentals of Investigation Equipment of Rotors with the Parameters of Variable Geometry. International Scientific Journal «Problems of Mechanics». №1 (42)/2011. Georgia, Tbilisi. 2011. 8 p. 5. *R.Turmanidze, O.Rukhadze, R.Bidzinashvili, E.Rukhadze*, Investigation of the Variable Geometry Rotor in Dynamics. International Scientific Journal «Problems of Mechanics». №2 (43)/2011. Georgia, Tbilisi. 2011. 8 p.