

УДК 629.7.03.035.5

Р.С. Турманидзе д-р техн. наук, Е.Г. Цикаришвили, Г.З. Попхадзе  
Тбилиси, Грузия

## **СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЕЕ АККУМУЛЯЦИИ**

*Представлені нові конструкції роторів з можливістю зміни геометричних параметрів у динаміці для підвищення ефективності вітрових станцій. Показані методи підвищення ефективності використання сонячних панелей за рахунок вибору відповідних схем складання над різним плантаціями і універсальних механізмів в залежності від кліматичних умов. Запропоновано один із шляхів вирішення дуже актуальної світової проблеми – накопичення енергії вітру і сонця з мінімальними втратами і капітальними вкладеннями.*

*Представлены новые конструкции роторов с возможностью изменения геометрических параметров в динамике для повышения эффективности ветровых станций. Показаны методы повышения эффективности использования солнечных панелей за счет выбора соответствующих схем сборки над различным плантациями и универсальных механизмов в зависимости от климатических условий. Предложен один из путей решения очень актуальной мировой проблемы – накопления энергии ветра и солнца с минимальными потерями и капитальными вложениями.*

*New designs of rotors with a possibility of change of geometry parameters in dynamics for the increase of effectiveness of wind stations will be presented in the report. Methods of increase of the effectiveness of use of the solar panels at the expense of selection of corresponding sites of assembling over various plantations and universal mechanisms depending on the climatic conditions will be shown. One of the ways of solution to the very topical world problem – Accumulation of the wind and solar energy with minimal losses and capital investments will be suggested.*

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 тяжёлую 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 особое 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%-ов.

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].

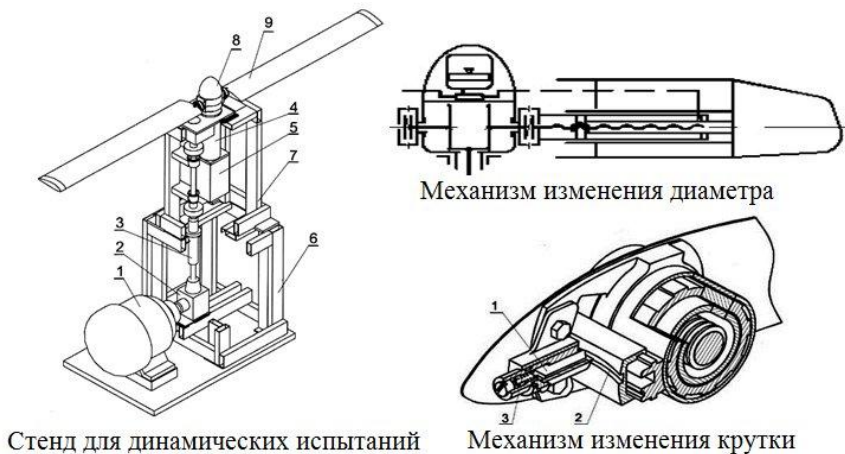


Рисунок 1 – Механизмы для управления параметрами ВИГ-а и стенд для их испытания

Проведённые 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 закреплён 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, 2, 3].

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.

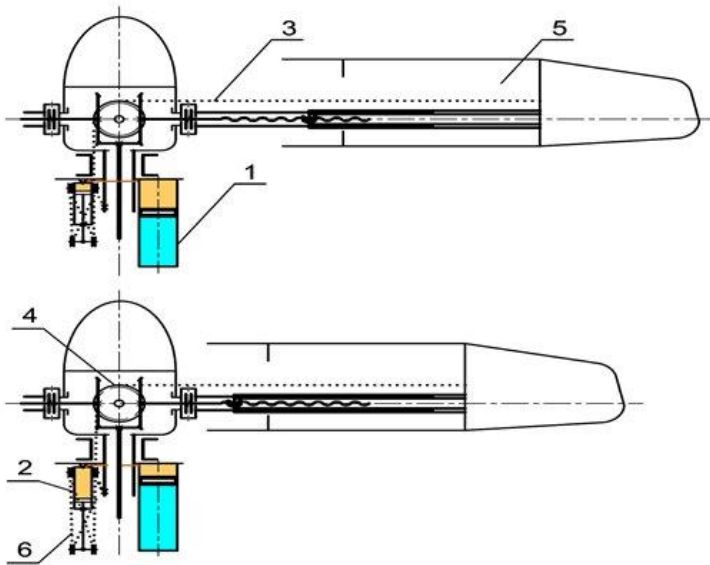


Рисунок 2 – Схема ВИГ с расположением гидропневматического аккумулятора и гидроцилиндра ниже втулки винта  
1 - гидропневматический аккумулятор, 2 - гидроцилиндр,  
3 - трос, 4 - ролик, 5 - лопасть, 6 - полиспагст

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.

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.



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

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.

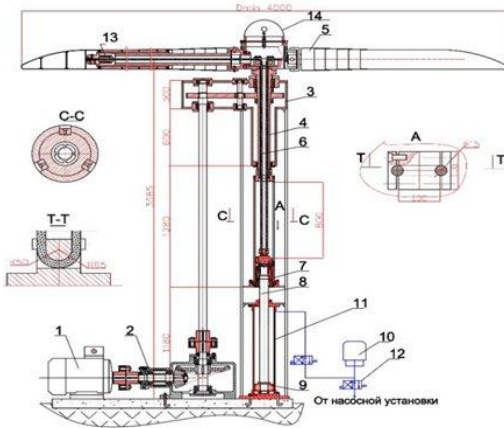


Рис. 4. Стенд динамических испытаний и фото стенда  
1-электродвигатель постоянного тока, 2-конический редуктор,  
3-цилиндрический редуктор, 4-шпиндель цилиндрического редуктора,  
5-лопасть с гибкими элементами, 6-трос, 7-узел подшипников с корпусом,  
8-шток, 9-поршень, 10-гидропневмоаккумулятор, 11-гидроцилиндр,  
12-гидрораспределитель, 13-узел крепления троса, 14-втулка

Установлено, що в случае увеличения диаметра винта в 1,4 раза и изменения крутки 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.

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  $20\div 22$  м/сек, а также обеспечить работоспособность установки при тех высоких скоростях ветра ( $22\div 35$  м/сек) (Рис. 5), при которых существующие установки не в состоянии работать [4].

Были накоплены результаты многократного и всестороннего исследования действующей модели воздушных винтов с изменяемыми геометрическими параметрами в динамике, проведен анализ разных предлагаемых конструкций и на этой основе предложены рекомендации подбора той или иной конструкции для разных условий эксплуатации ветроустановок в широком диапазоне изменения скорости ветра [5].

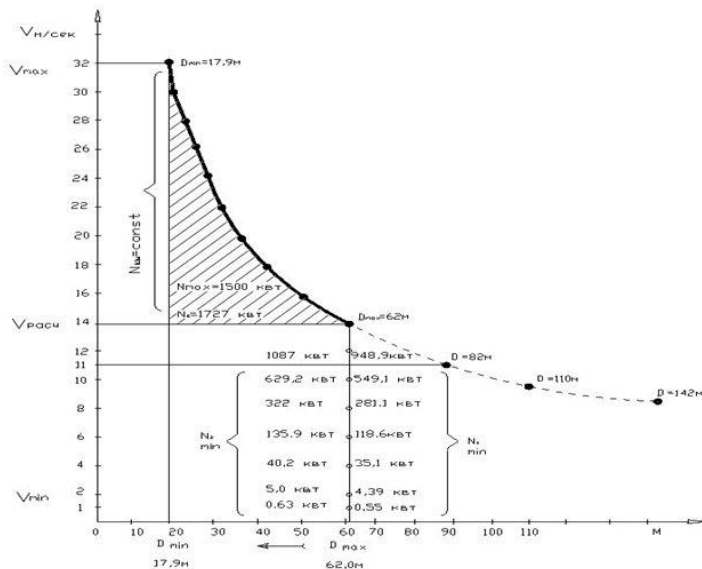


Рисунок 5 – Необходимое сочетание диаметра ротора и скорости ветра для получения запланированной мощности ветростанции

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

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

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÷40 °С 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 высыхания 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. 6 показан один из вариантов схем монтажа таких панелей.



Рисунок 6 – 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 м<sup>2</sup> 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 имеются 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. 7 показана примерная схема компоновки таких сооружений, где видна монтированная одна маленькая группа ветряков и солнечных модулей. Также видна, что вокруг водохранилища можно разместить еще таких несколько групп.





Рисунок 7 – Примерный вариант компоновки агрегатов и системы их управления для аккумуляции полученной ветровой и солнечной энергий

Консультации с ведущими специалистами энергетики показывают, что после создания такого опытного объекта и совершенствования его отдельных узлов и системы их управления объект будет широко, успешно и эффективно использоваться во многих странах мира.

**Список литературы:** 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 5<sup>th</sup> 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<sup>rd</sup> 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.