

УДК 621.311.245
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-4-54-60

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ СБОРКИ ВЕТРЯКОВ:
АНАЛИЗ И РЕШЕНИЯ**

А.Б. Аденов, В.В. Кириллов

Аннотация. Рассмотрены технические, экологические и экономические аспекты сборки ветроустановок, предлагаются инновационные методы и технологии для оптимизации этого процесса. Исследуются проблемы, связанные с процессом сборки ветряков. проведен анализ выявленных препятствий и разработаны эффективных решений по их устранению, включая технические несоответствия, экологические вопросы и финансовые ограничения. Разработаны практические рекомендации для повышения эффективности этапа монтажа ветроэнергетических установок. Результаты исследования могут быть полезны для потребителей, использующих возобновляемые источники энергии, а также специалистам для принятия решений в сфере устойчивого развития ветроэнергетики.

Ключевые слова: сборка ветряков; эффективность ветроустановок; инновационные методы решения; возобновляемые источники энергии; устойчивое развитие.

**ШАМАЛ ТУРБИНАСЫН ЧОГУЛТУУ КӨЙГӨЙҮН ИЗИЛДӨӨ:
ТАЛДОО ЖҮРГҮЗҮҮ ЖАНА ЧЕЧҮҮ**

А.Б. Аденов, В.В. Кириллов

Аннотация. Макалада шамал турбинасын чогултуунун техникалык, экологиялык жана экономикалык аспекти каралып, бул процессти оптималдаштыруу үчүн инновациялык ыкмалар жана технологиялар сунушталган. Шамал турбиналарын чогултуу процесси менен байланышкан көйгөйлөр изилденген, аныкталган тоскоолдуктарга талдоо жүргүзүлүп, анын ичинде техникалык ылайык келбестиктерди, экологиялык маселелерди жана финансылык чектөөлөрдү четтетүү боюнча натыйжалуу чечимдер иштелип чыккан. Шамал энергетикасынын орнотмолорун монтаждоо баскычынын натыйжалуулугун жогорулатуу боюнча практикалык сунуштар иштелип чыкты. Изилдөөнүн жыйынтыктары энергиянын кайра жаралуучу булактарын пайдалануучу керектөөчүлөр үчүн, ошондой эле шамал энергиясын туруктуу өнүктүрүү жаатында чечим кабыл алуучулар үчүн пайдалуу болушу мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: шамал турбинасын чогултуу; шамал турбиналарынын эффективдүүлүгү; инновациялык чечүү ыкмалары; энергиянын кайра жаралуучу булактары; туруктуу өнүгүү.

**INVESTIGATION OF THE PROBLEM OF ASSEMBLING WIND TURBINES:
ANALYSIS AND SOLUTIONS**

A.B. Adenov, V.V. Kirillov

Abstract. This article is a study of the problems associated with the wind turbine assembly process, with the main focus on analyzing the identified obstacles and developing effective solutions. Here I have considered technical, environmental and economic aspects of wind turbine assembly, suggesting innovative methods and technologies to optimize this process. The results of the study can be useful for people interested in the field of renewable energy as well as for decision making in the field of sustainable development. The study analyzes the challenges encountered in wind turbine assembly, including technical inconsistencies, environmental issues, and financial constraints. The study aims not only to identify difficulties in the assembly process, but also to provide practical recommendations to improve the efficiency of the assembly phase of wind turbines.

Keywords: assembly of wind turbines; wind turbine efficiency; innovative methods solutions; renewable energy; sustainable development.

В современном мире ветряки являются одним из эффективных и экологически чистых источников энергии. Однако процесс внедрения ветряков может сопровождаться рядом проблем, замедляющих их массовое внедрение. В статье рассмотрены основные проблемы, которые встречаются при внедрении ветряков, предложены возможные пути их решения. Общую проблему сборки можно разложить на пять основных критериев:

1. Технологические сложности.
2. Проблемы с материалами.
3. Транспортировка и сборка на месте.
4. Экологические вопросы.
5. Эффективность и производительность.

Технологические сложности. Проблемы технологических сложностей при сборке ветряков часто связаны с использованием инновационных технологий. Инженеры сталкиваются с вызовами в области обучения и внедрения новых методов сборки. Основной проблемой здесь является дефицит финансирования исследовательских проектов со стороны государства.

Пример. Экстренная ситуация: вам срочно нужно больше одноразовых подгузников. Вы садитесь в машину и верите, что ваша поездка будет безопасной. Благодаря GPS вашего телефона и микрочипам, которые им управляют, вы определяете, как быстро добраться до магазина. Каждый шаг в этом процессе – это дань уважения университетам, исследователям, студентам и федеральной финансовой поддержке США, благодаря которой эти продукты и технологии были внедрены в жизнь всего общества и каждого человека, в частности.

По некоторым подсчетам, почти две трети технологий, оказавших наиболее существенное воздействие на развитие общественных отношений за последние 50 лет, были созданы в результате финансируемых из федерального бюджета США исследований и разработок в национальных лабораториях и исследовательских университетах.

Результаты этих инвестиций проявились в бесчисленных аспектах нашей повседневной жизни. Например, сеть интернет, которая позволяет быстро находить всю необходимую информацию, также обязана долларовым вливаниям из федерального бюджета США. Министерство обороны США поддержало установку первого узла коммуникационной сети под названием ARPANET в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе еще в 1969 году.

Кроме того, необходимое финансирование можно получить и от частных лиц, но для получения подобных грантов требуется иметь первичные практические наработки с бизнес-планом внедрения проекта и сроком окупаемости не более 5–10 лет.

В Кыргызстане же, помимо сложности в поисках финансирования на сборку тестовых образцов, инженер сталкивается и с убыточной тарификацией электроэнергии, что делает любую инновацию экономически невыгодной, а всю энергосистему КР – стагнирующей.

Согласно источнику [1], в 2024 году финансирование сектора энергетики увеличится вдвое. По данным Министерства финансов на финансирование сектора энергетики и мероприятий, связанных с подготовкой и проведением осенне-зимнего периода, на 2024 год предусмотрены 74 млрд сомов, что на 40,7 млрд сомов больше средств, выделенных в 2023 году (33,2 млрд сомов). Из них: – для увеличения уставных капиталов ОАО «Электрические станции» и «Национальная электрическая сеть Кыргызстана» – 55,8 млрд сомов;

- на подготовку к осенне-зимнему периоду – 7 млрд сомов;
- на выделение бюджетных кредитов – 2,7 млрд сомов;
- по программам государственных инвестиций, а также на реализацию других мероприятий предусмотрены средства в сумме 8,1 млрд сомов.

Согласно данным [2], отсутствует информация о финансировании проектов, связанных с альтернативными источниками энергии. Вся инвестиционная политика направлена только на развитие

традиционных источников энергии. Однако с учетом происходящих глобальных климатических изменений и таяния ледников, такая стратегия является весьма рискованной.

Для решения этой проблемы необходимо существенно улучшить образовательные программы, которые обеспечат специалистов необходимыми знаниями в области современных технологий. Этому могут способствовать и организации экскурсий для студентов на работающие международные энергетические проекты. Например, на ТОО «Жанатаская ветровая электростанция» (рисунок 1).

Кроме того, ключевым аспектом может стать разработка более совершенных систем сборки, которые позволят наиболее эффективно использовать имеющиеся инновации. На наш взгляд, необходимо разработать программу обучения для техперсонала совместно с компаниями-производителями, к примеру – с компанией Энерджи Винд – одной из первых начавшей в 2003 г. **производство ветряных электростанций собственной разработки** на территории СНГ [3]. Это будет способствовать совершенствованию процесса обучения, в том числе и в области дизайна и процессов сборки, что поможет существенно ускорить и упростить процесс создания ветряков, и способствовать их более широкому применению.

Проблемы с материалами. Выбор подходящих материалов для лопастей и других ключевых компонентов ветряка существенно влияет на его эффективность и долговечность. Используемые в конструкции материалы могут быть недостаточно прочными, оказывать негативное воздействие на окружающую среду, и кроме того, иметь ограниченные ресурсы.

Для решения этих проблем необходимо активно исследовать новые композитные материалы, которые обладают высокой прочностью при низкой массе. Экологически устойчивые материалы, такие как биоразлагаемые стекловолоконные или переработанные полимеры, также должны стать объектом внимания. Важно также проводить анализ жизненного цикла материалов для минимизации негативного воздействия их на окружающую среду. Важным аспектом может стать и разработка новых методов утилизации и переработки материалов, использованных в старых ветряках, что также является важным направлением работ по снижению общего экологического следа от использования ветроэнергетики.

При выборе материала авторами предложено остановиться на целлюлозных полимерах.

Целлюлоза – это структурный полимер, естественно встречающийся в клеточных стенках растений и микроорганизмов, таких как древесина, хлопок и торф. Химический состав целлюлозы оказывает наиболее значительное влияние на ее механические свойства, а также зависит от таких факторов, как расположение в растениях (семя, стебель, лист), процессы деления, зрелость и тип погодных



Рисунок 1 – Жанатаская ветровая электростанция

условий. Нановолокна целлюлозы (CNF), представляющие собой целлюлозные волокна с наноразмерными диаметрами, являются углеродно-нейтральными, универсальными, биосовместимыми, нетоксичными и пригодными для вторичной переработки. Они широко используются в различных отраслях промышленности, включая текстиль, строительство, медицину, электрооборудование, пищевую промышленность, чернила, краски, производство бумаги и огнестойких материалов [4].

Транспортировка и сборка на месте. Проблемы, связанные с транспортировкой и сборкой ветряков на месте, затрудняют их массовое применение. Один из ключевых аспектов – это логистические трудности, возникающие при перемещении крупных компонентов ветряков, таких как лопасти и башни.

Для решения этой проблемы инженеры могут стремиться к созданию более компактных и легких компонентов, что облегчает транспортировку. Использование модульных систем, позволяющих собирать ветряк на месте из более мелких частей, также может значительно упростить процесс сборки. Кроме того, оптимизация дизайна для легкости разборки и повторного использования может снизить необходимость в большом транспортном оборудовании. Это не только улучшит эффективность транспортировки, но и сделает обслуживание и модернизацию ветряков более доступными. Ниже представлены выкладки из статьи про наземные ветряные турбины с гибкими лопастями, транспортируемыми по рельсам, а также сравнивающей между собой различные типы ветряных лопастей [5] (рисунок 2).

Расчетные нагрузки (DLC), включенные в данное исследование: U – предельная; F – усталость; PSF – частичный коэффициент безопасности; WS – скорость ветра; V_г – номинальная скорость ветра; V_{in} – скорость ветра на входе; V_{out} – скорость ветра на выходе; V₅₀ – скорость ветра за 50 лет; V₁ – скорость ветра за 1 год; NTM – модель нормальной турбулентности; ETM – модель экстремальной турбулентности; ECD – экстремальный когерентный порыв с изменением направления; EWS – экстремальный сдвиг ветра; EWM – модель экстремального ветра. Детали этих расчетных нагрузок описаны в IEC-61400-1 (2005), и представлены на рисунке 3.

Экологические вопросы. Экологические аспекты при сборке ветряков требуют особого внимания, начиная от производства компонентов и заканчивая утилизацией устаревших ветряков. Проблема заключается в неконтролируемой утилизации старых ветряков и использовании материалов (рисунок 4), которые могут оказать негативное воздействие на окружающую среду [6].

Следует отметить, что вариантов переработки или утилизации лопастей турбин не так много, а те, которые существуют, очень дороги, в том числе и потому, что ветроэнергетика только зарождается. Это проблема отходов, которая противоречит тому, чем считается эта отрасль: идеальным решением

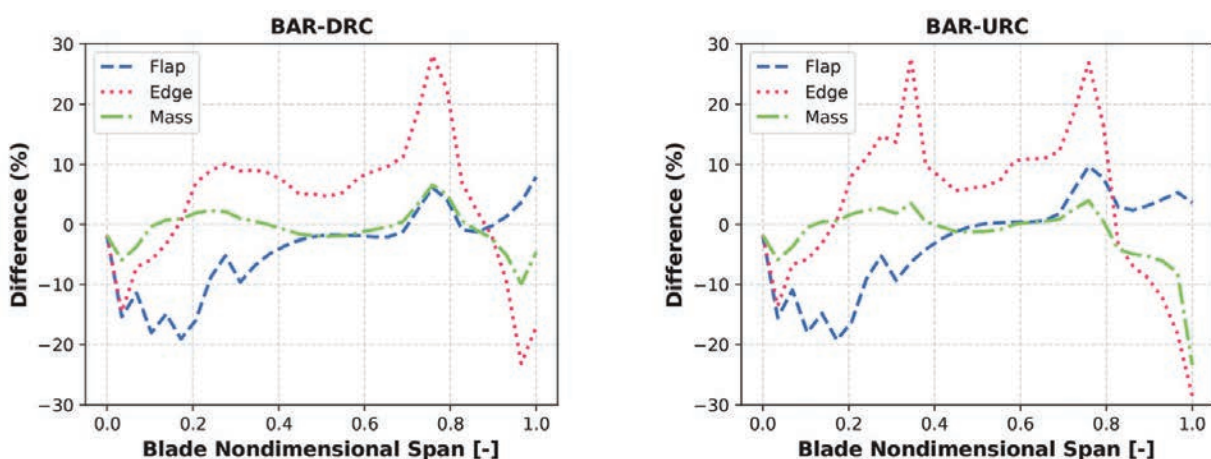


Рисунок 2 – Зависимость КПД от размаха лезвия

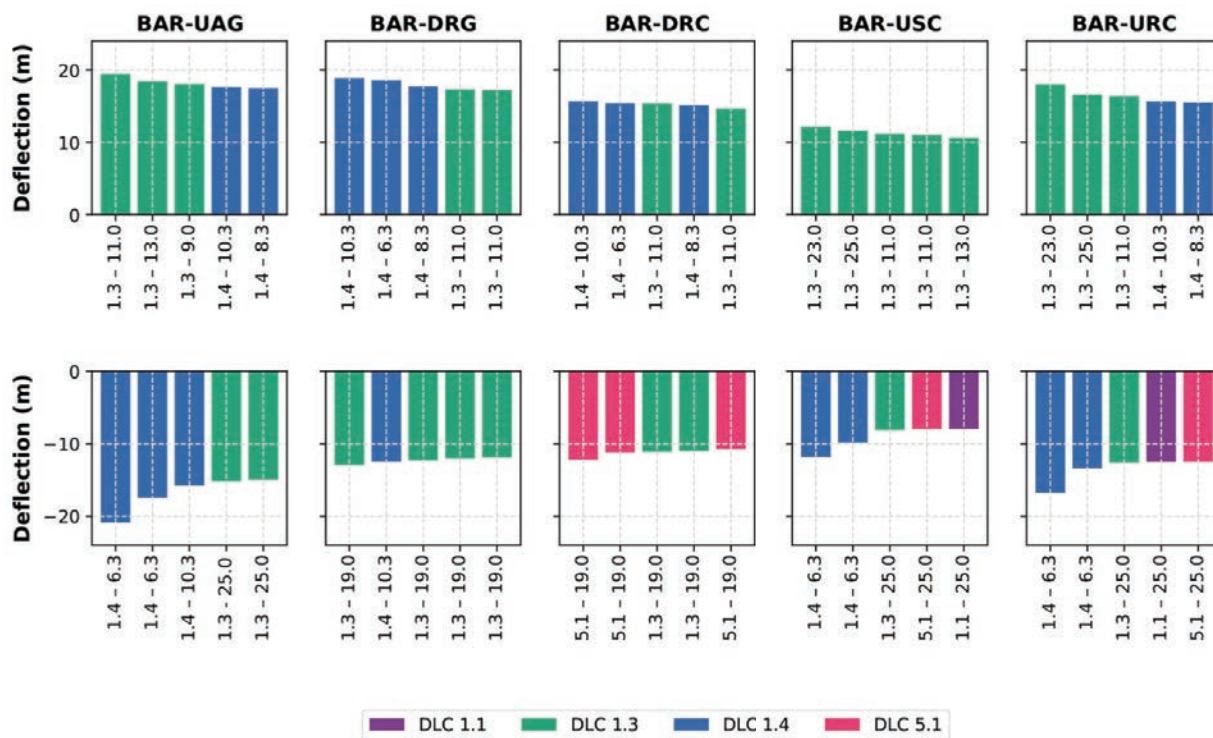


Рисунок 3 – Отклонение КППД различных типов лопастей



Рисунок 4 – Старые ступицы ветряных турбин, которые будут отправлены на металлолом

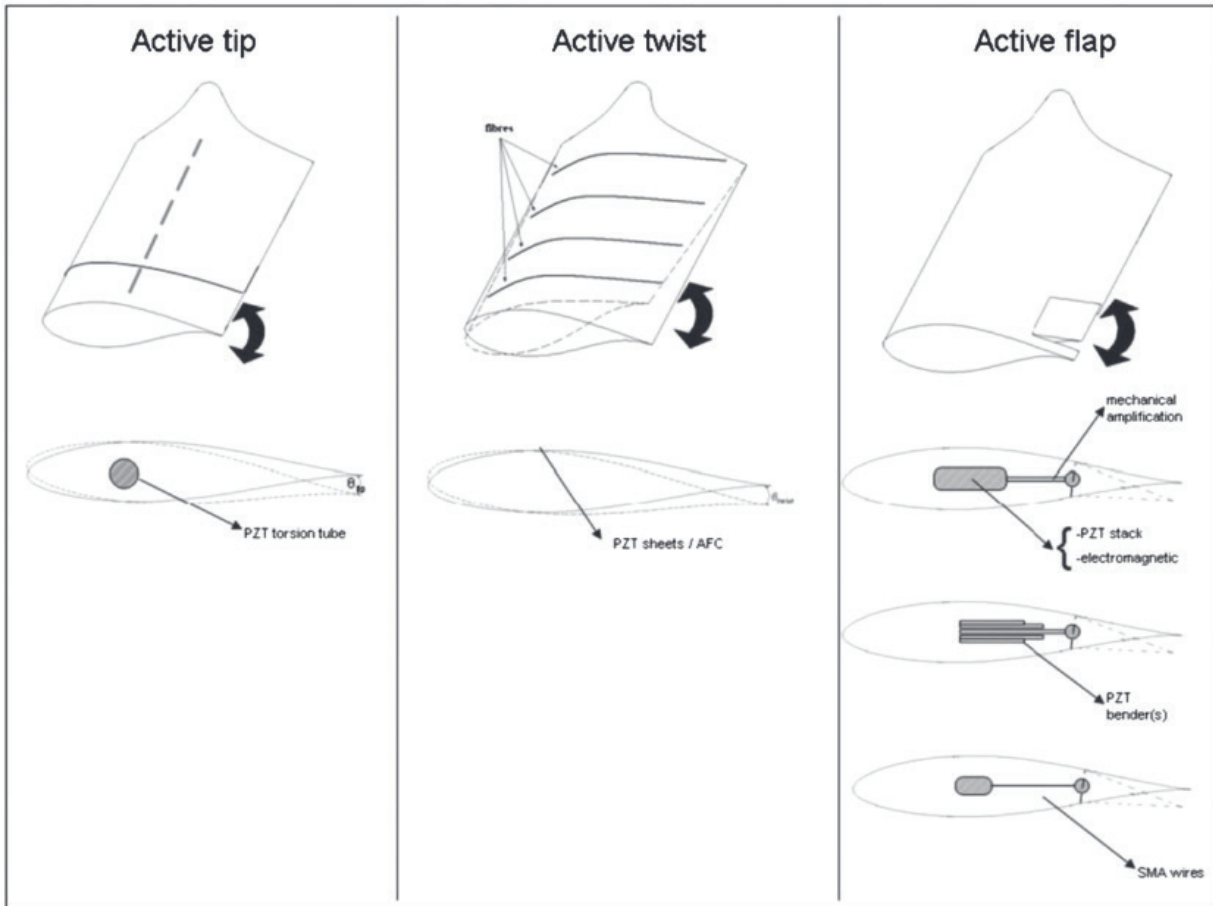


Рисунок 5 – Схема основных концепций интеллектуальных лопастей вертолета:
 PZT – пьезоэлектрик; AFC – активные волоконные композиты; SMA – сплав с памятью формы

для экологов, борющихся с изменением климата, привлекательной инвестицией для крупных транснациональных компаний.

1. 90 % деталей турбины можно переработать или продать, но лопасти, изготовленные из прочной, но податливой смеси смолы и стекловолокна, похожей на ту, из которой делают детали космических кораблей, – это совсем другая история.

2. Размер лопастей может поставить свалки в затруднительное положение.

Решение этой проблемы требует разработки, внедрения и дополнения экологических стандартов на всех этапах внедрения и эксплуатационного цикла ветряков. Это включает в себя использование экологически чистых материалов, разработку технологий переработки, и создание системы рециклинга для устаревших ветряков. Важно также уделять внимание улучшению процессов производства с целью снижения общего экологического следа ветроэнергетики. Инновации в области экологически устойчивых материалов и методов производства будут способствовать созданию ответственной эксплуатации ветряной энергии.

Эффективность и производительность. Проблемы, связанные с эффективностью ветряков, могут включать в себя ограничения при низких скоростях ветра и неоптимальное использование энергии. Решение этой проблемы требует фундаментальных исследований и инноваций в дизайне ветряных установок. Одним из путей улучшения их эффективности является разработка интеллектуальных

систем управления, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям ветра. Это может включать в себя использование сенсоров и алгоритмов, оптимизирующих угол атаки лопастей для максимального сбора энергии. Исследования в области новых форм лопастей и их материалов также играют весьма важную роль. Применение аэродинамических инноваций, таких как гибридные лопасти или морфирующие поверхности, может увеличить эффективность установок при различных условиях ветра (рисунки 4, 5).

Следует также обратить внимание и на процессы выработки, хранения, передачи и использования энергии [7]. Разработка эффективных систем хранения и передачи энергии может устранить проблемы с нестабильностью производства, связанные с изменениями ветрового режима. Систематическое исследования и инновации в этих областях могут значительно повысить общую эффективность ветряной энергетики, делая ее более конкурентоспособной и устойчивой в долгосрочной перспективе.

Поступила: 12.03.24; рецензирована: 26.03.24; принята: 28.03.24.

Литература

1. В 2024 году финансирование энергосектора увеличится вдвое – Минфин КР: URL <https://bulak.kg/2024/02/05/v-2024-godu-finansirovanie-energosektora-uvlichitsya-vdvloe-minfin-kr/> (дата обращения: 05.02.2024).
2. Программа государственных инвестиций (ПГИ). URL: <https://www.minfin.kg/pages/show/page/programma-gosudarstvennyh-investitsiy-pgi> (дата обращения: 06.02.2024).
3. Официальный сайт компании ЭнерджиВинд . URL: <https://energywind.ru/> (дата обращения: 07.02.2024).
4. Bio-Based Flame-retardant Technology for Polymeric Materials / Yuan Hu, Xin Wang, Hafezeh Nabipour // Copyright © 2022 Elsevier Inc. All rights reserved. URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9780323907712/bio-based-flame-retardant-technology-for-polymeric-materials>.
5. Land-based wind turbines with flexible rail-transportable blades – Part 1: Conceptual design and aeroservoelastic performance / Pietro Bortolotti¹, Nick Johnson, Nikhar J. Abbas, Evan Anderson, Ernesto Camarena, and Joshua Paquette // Wind Energ. Sci., 6, 1277–1290, 2021. URL: <https://doi.org/10.5194/wes-6-1277-2021>. © Author(s) 2021. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License (дата обращения: 15.11.2023).
6. Unfurling The Waste Problem Caused By Wind Energy. URL: <https://www.npr.org/2019/09/10/759376113/unfurling-the-waste-problem-caused-by-wind-energy> (дата обращения: 19.09.2022).
7. The Future of Energy Storage / An Interdisciplinary MIT Study/. URL: <https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2022/05/The-Future-of-Energy-Storage.pdf>.