

### ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу  
**Мүсілімова Қуаныша Бақытұлы** на тему «Разработка интеллектуальной системы диагностики и оптимального управления ветроэнергетическим комплексом», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070200 – Автоматизация и управление»

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	Тема диссертации соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденным Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан на 2024-2026 годы: «Энергия, передовые материалы и транспорт».
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в развитие ветроэнергетики и машиностроения. Предложенная новая стратегия автоматического управления ветряной электрической установкой с поддержанием оптимального режима с максимальной генерацией в широком диапазоне изменения скоростей ветра. Новая стратегия основана на использовании управления аэродинамическими, механическими и сложными электрическими компонентами ветряной установки. Разработана новая структура системы диагностики и оптимального управления, включая новые системы регулирования. Особый интерес представляет математическая модель ветряной установки. Использование интеллектуальных алгоритмов нейронных сетей в

			<p>системе управления повысила адаптированность ветряной установки к стохастически изменяющимся ветровым режимам Казахстана.</p> <p>Вопрос автоматизации управления и диагностики ветряных установок в диссертации раскрыт в полной мере. Проведен всесторонний анализ конструктивных элементов ветряной установки.</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) Высокий;</p> <p>2) Средний;</p> <p>3) Низкий;</p> <p>4) Самостоятельности нет</p>	<p>Диссертационная работа Мүсілімова Қ.Б. представляет новый стратегический подход к моделированию ветряной электроустановки, которая объединяет аэродинамические характеристики ветроколеса, механические и электромеханические характеристики редуктора и генератора. Новизна стратегии управления и автоматизации практическая и научная значимость исследований, свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Для новой стратегии управления ветряной электроустановкой разработана новая математическая модель ветряной электроустановки, которая включает все конструктивные ее элементы. Математическая модель была реализована в Matlab/Simulink.</p> <p>Все вышеперечисленное показывает высокий уровень самостоятельности соискателя.</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) Обоснована;</p> <p>2) Частично обоснована;</p> <p>3) Не обоснована.</p>	<p>Производительность ветряных электростанций зависит от скорости ветра, которая изменяется по стохастическому характеру и адаптированности системы управления к этим изменениям. В последние годы интеллектуальные системы управления получили широкое применение в системах со стохастическими характеристиками. Для управления объектом с несколькими параметрами и стохастическими входными характеристиками наиболее актуальным решением является применение интеллектуальной системы.</p> <p>Актуальность диссертации обоснована.</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <p>1) Отражает;</p> <p>2) Частично отражает;</p> <p>3) Не отражает</p>	<p>Содержание диссертации в полной мере соответствует теме диссертации.</p>

		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:  1) соответствуют;  2) частично соответствуют;  3) не соответствуют</p> <p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:  1) полностью взаимосвязаны;  2) взаимосвязь частичная;  3) взаимосвязь отсутствует</p> <p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:  1) критический анализ есть;  2) анализ частичный;  3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</p>	<p>Цели, задачи и содержание разделов диссертации раскрывают тему диссертации и соответствуют ей.</p> <p>Построение диссертационной работы имеет логическую последовательность разделов. Выводы предыдущей главы определяют задачи для следующей главы. Таким образом обеспечивается полная взаимосвязь всех разделов и содержания диссертации.</p> <p>Диссертационная работа содержит частичный анализ новизны выносимых на защиту научных положений и технических решений с известными разработками и исследованиями как отечественных, так и зарубежных ученых.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?  1) полностью новые;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p> <p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?  1) полностью новые;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p> <p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:  1) полностью новые;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту частично новые. В новом стратегическом подходе к управлению ветряной электроустановкой используются как уже известные подходы управления по оптимизации аэродинамического момента ветроколеса, так и новая стратегия объединения управления редуктором и генератором.</p> <p>Выводы, сделанные в диссертации, относятся к исследованию вертикально-осевой ветряной турбины ВРТБ и математическая модель системы управления, технические решения по автоматизации диагностирования и управления для нее являются новой. Анализ ветрового потенциала Казахстана уже содержит известную информацию.</p> <p>Разработанная интеллектуальная система управления по регулированию оптимальной частоты вращения при изменении скорости ветра в климатических условиях Казахстана являются новыми. Адекватность математической модели и технических решений, принятых в диссертации апробированы на производственной площадке ТОО «ТЭЛМЗ» совместно с ТОО «Future Power Solutions». Производственные испытания</p>



			<p>подтвердили адекватность модели, а принятые технические решения их работоспособность.</p> <p>Выводы основаны на теоретических знания в области электрических машин, аэродинамики ветряных турбин и подтверждены компьютерным моделированием и физическими экспериментами на производственной площадке.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p>	
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да; 2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий; 2) средний; 3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Соискатель выносит на защиту следующие положения:</p> <p>– универсальная модель ветроэнергетической системы с выработкой электроэнергии в сеть;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- положение – доказано;</li> <li>- положение - является оригинальным;</li> <li>- положение – модель использует новый стратегический подход;</li> <li>- положение – перспективно для применения на всех типах ветряных электростанций;</li> <li>- положение раскрыто в статьях: 1. Mussilimov K., Ibraev A., Wójcik W. Development of Wind Energy Complex Automation System // Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2019. – Vol. 9, Issue 2. – P. 36-40.; 2. Ибраев А.Х., Мүсілімов Қ.Б. Автоматизация ветроэнергетического комплекса на основе роторной турбины Болотова (ВРТБ) // Вестник Национ. академии наук Республики Казахстан. – 2017. – №1. – С. 230-234.</li> </ul> <p>– интеллектуальные системы диагностики и управления на основе нейронных сетей для оптимального управления ветроэнергетическим комплексом;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- положение – достаточно раскрыто и доказано;</li> <li>- положение – оригинально;</li> <li>- положение – модель использует новый стратегический подход;</li> <li>- положение – перспективно для применения на всех типах ветряных электростанций;</li> <li>- положение раскрыто в статье;</li> </ul>

			<p>– механизм регулирования направляющих статора с интеллектуальной системой, принимающая энергию потока ветра в ротор турбины в зависимости от ее скорости поступающих с анемометра;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- положение – достаточно раскрыто и доказано;</li> <li>- положение – оригинально;</li> <li>- положение – модель использует новый стратегический подход;</li> <li>- положение – перспективно для применения на всех типах ветряных электростанций;</li> <li>- положение раскрыто в статье: 1. Mussilimov K., Ibraev A., Wójcik W. Development of Wind Energy Complex Automation System // Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2019. – Vol. 9, Issue 2. – P. 36-40.; 2. Ибраев А.Х., Мүсілімов Қ.Б. Автоматизация ветроэнергетического комплекса на основе роторной турбины Болотова (ВРТБ) // Вестник Национ. академии наук Республики Казахстан. – 2017. – №1. – С. 230-234.</li> </ul> <p>– автоматическая коробка переключателя скоростей с расчетными ступенями передаточного числа на уменьшение или увеличение, в зависимости от скорости вращения вала турбины и частоты тока возбуждения, звено передачи скорости вращения с вала турбины на вал генератора, которая управляется интеллектуальной системой регулирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- положение – достаточно раскрыто и доказано;</li> <li>- положение – оригинально в использовании нейронной сети;</li> <li>- положение – новизна в использовании нейронной сети для адаптации системы управления под конкретную установку;</li> <li>- положение – перспективно для применения на всех типах ветряных электростанций;</li> <li>- положение раскрыто в статье: 1. Mussilimov K., Ibraev A., Wójcik W. Development of Wind Energy Complex Automation System // Informatyka, Automatyka, Pomiar w</li> </ul>
--	--	--	--

			<p>Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2019. – Vol. 9, Issue 2. – P. 36-40.; 2. Ибраев А.Х., Мүсілімов Қ.Б. Автоматизация ветроэнергетического комплекса на основе роторной турбины Болотова (ВРТБ) // Вестник Национ. академии наук Республики Казахстан. – 2017. – №1. – С. 230-234.</p> <p>– система автоматического регулятора возбуждения генератора с изменением тока возбуждения генератора в зависимости от скорости высокоскоростного вала, также связанная с интеллектуальной системой;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- положение – достаточно раскрыто и доказано;</li> <li>- положение – оригинальность в использовании нейросети и адаптация к новым условиям и снижает время на пусконаладочные работы;</li> <li>- положение – новизна в новом алгоритме управления током возбуждения с учетом ступени редуктора;</li> <li>- положение – перспективно для применения на всех типах ветряных электростанций;</li> <li>- положение раскрыто в статье; 1. Mussilimov K., Ibraev A., Wójcik W. Development of Wind Energy Complex Automation System // Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2019. – Vol. 9, Issue 2. – P. 36-40.; 2. Ибраев А.Х., Мүсілімов Қ.Б. Автоматизация ветроэнергетического комплекса на основе роторной турбины Болотова (ВРТБ) // Вестник Национ. академии наук Республики Казахстан. – 2017. – №1. – С. 230-234.</li> </ul> <p>– система диагностики, предотвращающая критические ситуации и возобновляющая работу ВЭУ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- положение – достаточно раскрыто и доказано;</li> <li>- положение – оригинальность в предварительном диагностировании на основе анализа зависимости частоты вращения, генерации, скорости ветра и машинного обучения;</li> <li>- положение – применение машинного обучения для прогнозирования состояния ветряной установки;</li> </ul>
--	--	--	---



			<ul style="list-style-type: none"> <li>- положение – перспективно для применения на всех типах ветряных электростанций;</li> <li>- положение раскрыто в статье: 1. Mussilimov K., Ibraev A., Wójcik W. Development of Wind Energy Complex Automation System // Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska. – 2019. – Vol. 9, Issue 2. – P. 36-40.; 2. Ибраев А.Х., Мүсілімов Қ.Б. Автоматизация ветроэнергетического комплекса на основе роторной турбины Болотова (ВРТБ) // Вестник Национ. академии наук Республики Казахстан. – 2017. – №1. – С. 230-234..</li> </ul> <p>Среди источников использованной литературы только две научные работы соискателя. В заключении приводится информация, результаты исследований отражены в 15 научных работах.</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно подробно описана 1) да; 2) нет</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет</p> <p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет</p>	<p>Выбор методологии соискателем сделан на основании литературного анализа технологии ветряных электростанций отечественного и зарубежного производства, с использованием международного опыта проведения исследований в ветроэнергетике с использованием компьютерного моделирования. Методология компьютерного моделирования достаточно описано в работе. В работе отсутствуют подробные описания производственных испытаний.</p> <p>Результаты исследований получены с применением современного компьютерного моделирования и использованием современного программного продукта Matlab/Simulink.</p> <p>В диссертационной работе в полной мере обоснованы теоретические выводы. Модели автоматизации управления и диагностики разработаны в результате проведенных исследований и подтверждены экспериментально с использованием компьютерного моделирования и промышленных испытаний. Промышленные испытания прошли на производственной площадке ТОО «ТЭЛМЗ» совместно с ТОО «Future Power Solutions», что подтверждается Актом.</p>

		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Список литературных источников диссертации насчитывает 103 научных работы, в том числе для литературного обзора более 75, которых достаточно для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	В диссертационной работе проведен детальный анализ аэродинамических характеристик ветродвигателей с горизонтальной и вертикальной осью вращения, механической коробки передач и электрогенератора двойного питания. Разработанная математическая модель системы управления имеет теоретическое значение для исследования ветряных электростанций. Важное теоретическое значение имеет модель системы ветряной электростанции позволяет рассматривать энергетическую систему в динамике. Модель позволит сократить время экспертов на исследование режимов работы и прогнозированию объемов генерации ветряными электростанциями.
9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет		В Казахстане реализуется программа по переходу на «зеленую экономику». В рамках этой программы идет перевооружение энергетической отрасли с переходом на возобновляемые источники энергии. Скорость ветра изменяется со стохастическим характером, а энергосистема требует прогнозирования генерации с максимально допустимой точностью. Математическая модель с нейронной системой прогнозирования генерации и диагностирования исправности поможет обеспечить нужную точность.	
9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)		Предложенные технические решения помогут обеспечить устойчивую работу ветряных электростанций, внедряемых в Казахстане и являются новыми.	



10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана грамотным научно-техническим, доступным для читателя языком. Стил ь изложения лаконичный. Формулировки основных положений и выводов носят логичный, законченный характер. В работе имеются незначительные стилистические ошибки.
-----	---------------------------------	--	---

В отзывах официальные рецензенты указывают одно из следующих решений:

Указанные замечания не снижают в целом положительной оценки диссертационной работы. Считаю, что рецензируемая диссертационная работа Мүсілімова Куаныша Бақытұлы, тема: «Разработка интеллектуальной системы диагностики и оптимального управления ветроэнергетическим комплексом» по своей актуальности, научной новизне, важности для теории и практики, объёму экспериментальных исследований полностью соответствует требованиям, которые предъявляются к диссертациям на соискание степеней PhD Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНиВО РК, а ее автор Мүсілімов Куаныш Бақытұлы заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070200 - «Автоматизация и управление».

**Официальный рецензент:**  
Генеральный директор ТОО  
«Казахский научно-исследовательский  
институт энергетики им. ак. Ш. Ч. Чокина»



К.Бакенов