Значение для здоровья аэродинамических выбросов от ветряных турбин

Междисциплинарная оценка

Автор: Доктор медицинских наук. Стефан Каула

Специалист общей практики Многолетний медицинский опыт в области экологической медицины/шумового воздействия/Ухода за пациентами в сельской местности Активно участвует в научно-медицинской работе по изучению последствий техногенных выбросов для здоровья insbe. Энергия ветра in Сотрудничество с немецкими и международными учеными

По состоянию на май 2025 г.

Аннотация: Помимо звука в смысле акустики, ветряные турбины производят в основном аэродинамические выбросы , такие как структурированные импульсы давления, вихри и колебания башни, которые являются энергетически доминирующими. Эти явления основаны на физически подтвержденных механизмах и убедительно с медицинской и физиологической точек зрения объясняют клинические наблюдения и отчеты о пострадавших. Существующий свод правил, основанный исключительно на акустических параметрах, имеет недостаточную силу. Расширение оценки выбросов и срочные защитные меры, по-видимому, необходимы исходя из принципа предосторожности. Содержание Страница

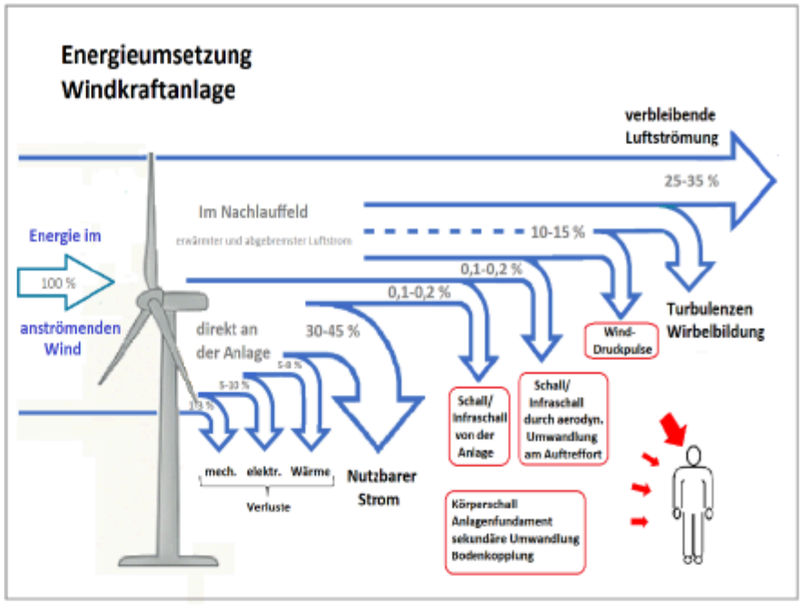
1. Выбросы ветряной турбины и "инфразвук" 1
2. Звук и инфразвук - основы физики 2
2.1 Различие между звуком и (обусловленный потоком)
Не-звук Явления давления 3
Что происходит за 5
вертушкой 3.3.1 Поле тяги 3.2 5
Классификация поля тяги 7
4. Проход в башне лопасти несущего винта
(RTD) / Центральный тактовый датчик 10
4.1 Области доминирования различных энергетических компонентов
RTD /Ветровые импульсы давления в их 12
воздействии на жителей 4.2 Как ветровые 14
импульсы давления достигают жителей 4.3 15
"Танец живота" башни / телесный шум 5. Доказательства 15
и научная ценность 6. Заключение 16

1. Выбросы ветряной турбины и "инфразвук"

Предисловие

В физике ветряных турбин энергетически преобладает поток больших воздушных масс. Поэтому неудивительно , что прямое воздействие этих аэродинамических выбросов, в частности, может вызвать стресс у местных жителей и нанести вред их здоровью. Ветроэнергетика даже активно занимается изучением этих воздушных потоков, поскольку это важно для обеспечения выработки электроэнергии и статической устойчивости этих высокотехнологичных установок. Таким образом, даже если они достаточно научно известны и изучены, эти типы выбросов ветряных турбин не рассматривались и не изучаются в рамках мер по борьбе с выбросами, а также их влияние на местных жителей, хотя это совершенно очевидно. С другой стороны, в рамках защиты от выбросов ветряные турбины ограничивались только значительно менее энергичным акустическим звуком и, соответственно, более низким энергопотреблением. "Инфразвук". (В принципе, это относится и к большим вентиляторам.)

При этом Федеральное ведомство по охране окружающей среды даже обязано принимать превентивные меры, особенно после того, как появятся достаточные доказательства вредного воздействия на окружающую среду, даже если научные неопределенности все еще существуют (§ 5 BImSchG, статья 191 TEUV). Достаточных доказательств того, что ветряные турбины оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье жителей , было более чем достаточно. Здесь, в частности, следует обратить внимание на результаты широкого тематического исследования из Дании (Ссылка) , в котором были отмечены такие аномалии, как , среди прочего, значительно повышенное потребление снотворных и антидепрессантов . Эти результаты, вероятно, были бы еще более очевидными, если бы учитывались направление ветра и расстояния (см. Выше).



Эти аэродинамические процессы и их влияние на жителей ветряных турбин невозможно обнаружить и устранить с помощью акустических норм, таких как шум TA, поскольку они представляют собой гидромеханические (неакустические) явления, подчиняющиеся физическим закономерностям, отличным от звука. и инфразвук в узком акустическом смысле. Кроме того, явления низкочастотной механики жидкости можно легко спутать или неправильно истолковать со звуком, и это приводит к значительной недооценке энергий, связанных с этими выбросами, их диапазона и возможных последствий для здоровья.

Исключительная интерпретация явлений низкочастотного давления ветряных турбин как просто акустическое излучение звука, а именно "инфразвук вертушки", является грубым физическим недостатком.

Попытка регулировать эти выбросы в соответствующих акустических сводах правил приводит к серьезной недооценке и преуменьшению существенных реальных воздействий на жителей.

---

2. Звук и инфразвук

понятие ***Шум*** уже имеет разные определения. Таким образом, исторически он был ограничен диапазоном слышимости . Но даже слышимые события, такие как хлопок, в некоторых определениях не относятся к звуку в строгом смысле этого слова (как к гармоническому) звуку.

понятие ***Инфразвук*** но это особенно неудачно выбранный общий термин, под которым недифференцированно объединяется все низкочастотное и, следовательно, неслышимое, независимо от того, является ли это на самом деле звуком . Таким образом, к ним часто также относятся периодические движения воздуха с частотами ниже 20 Гц или очень длинными волнами, которые, строго говоря, **отсутствие акустического звука** находятся. Например, пульсирующий ветер (вызванный, среди прочего, синхронизацией ветрового потока через лопасти несущего винта) ни в коем случае не является звуковой волной, но, тем не менее, оказывает низкочастотное периодическое давление на объекты (людей, животных или измерительные приборы, такие как микробарометры или микрофоны).

проблема: Микробарометры и микрофоны просто не могут различать **Звуковое давление** и **Давление потока (давление в пробке)** различать. Таким образом, такие протоколы измерений являются источниками неправильного толкования. В любом случае, важно, где проводить измерения. Именно импульсный ветер, создаваемый ротором ветроколеса , движется строго с попутным ветром в так называемом воздушном потоке. Конечное поле установок, это только на расстоянии нескольких сотен

Метров и, при необходимости, также километров, ударяясь о землю. В так называемых "инфразвуковых измерениях", например, проводимых LUBW (Государственный институт окружающей среды Баден-Вюртемберга), микробарометры при измерении рядом с установкой наполовину зарываются в землю и защищены от порывов ветра. (Ссылка) На уровне земли возникает сильная турбулентность, и поэтому фоновый шум очень высок. Здесь можно измерить акустический инфразвук, который также исходит от установок. Однако важные аэродинамически обусловленные импульсы давления ветра игнорируются , потому что их можно ожидать на высоте и на ветру.
Измерительные станции для мониторинга испытаний ядерного оружия, такие как IGADE, предназначены для измерения чрезвычайно длинноволновых волн детонации от взрывов ядерных бомб, и поэтому их часто называют "инфразвуковыми измерительными станциями". Хотя они также регистрируют инфразвук, фактическая ударная волна от ядерного взрыва, по крайней мере, изначально **нет звуковой волны**.

Эти концептуальные неточности и неправильное толкование термина "инфразвук" приводят к серьезные недоразумения в ущерб защите от выбросов для местных жителей.

2.1 Различие между явлениями звука и давления

(обусловленный потоком) **Не-звук**

Звук (гармонический звук)

при обычном звуке (*гармоничный звук*) возбуждает ли источник воздух **упругие колебания** на. Это колебание распространяется волнообразно, без движения воздуха в целом. Частицы перемещаются взад и вперед только на короткое время вокруг своего положения покоя.
Пример: вибрирующая гитарная струна толкает окружающие молекулы воздуха, которые передают движение соседним частицам. Когда струна возвращается, первые частицы воздуха снова "втягиваются", и процесс начинается снова. Этот **периодическая операция** создает звуковую волну постоянной длины волны (тон), которая взаимодействует с **Скорость звука** распространяется. Несколько тонов образуют один звук.

Историческое определение:
Раньше звук часто применялся к **диапазон слышимых частот** (примерно от 20 Гц до 20 кГц).
Следовательно , безразмерная единица измерения относится к **Децибелы (дБ**) на человеческое восприятие и является **нет абсолютной физической сущности**.
Децибелы измеряют *логарифмический уровень* величины (например, звукового давления) относительно некоторого эталонного значения. Преобразование в физические единицы (так называемые единицы измерения) Единица СИ, такая как Паскаль) , следовательно, требует дополнительных указаний и предположений.

Tabelle 1. Schematisierte Übersicht der Unterschiede zwischen Schall und anderen Druckstörungen

	Klassischer Schall	Grenzfall	kein Schall		
	Harmonischer Schall	**Knallereignis**	**Explosion (Nahfeld)**	**Implosion (Nahfeld)**	**Wind-Druckpuls**
Was bewegt sich?	Schallwelle	Druckwelle	Luft + Druckwelle	Luft + Druckwelle	Luft
Ausbreitungs-Geschwindigkeit	Schall-Geschwindigkeit	Schall-Geschwindigkeit	Schall-Geschwindigkeit teils darüber	Schall-Geschwindigkeit	Wind-Geschwindigkeit
Physik/ Messeinheit	Akustik dB	Akustik dB Zuschläge für Impulshaltigkeit	Strömungsdynamik SI-Einheiten	Strömungsdynamik SI-Einheiten	Strömungsdynamik SI-Einheiten
Spektrum	definiert	kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich
Bodenkopplung			Abstoßung	Anziehung	

"Инфразвуковой скандал", BGR, Хольцхей "разоблачен", и министр Альтмайер вынужден принести публичные извинения
В связи с этим следует обратить внимание на предполагаемые "Ошибка преобразования" BGR (Федеральный институт наук о Земле и природных ресурсов) при интерпретации их "инфразвуковых" данных ~~измерений в инфразвуковых и представлении в единицах дБ. BGR измеряет импульсы~~ давления в так называемых измерениях давления. Единицы СИ и отсутствие звука в безразмерной единице дБ. Основным требованием для такого "преобразования" в единицу измерения звука, дБ , помимо других предположений, является то, что это вообще звук в акустическом смысле. Последнее, однако , очень сомнительно, потому что это может быть так же, как и аэродинамически обусловленные импульсы давления ветра. Это не совсем обычный звук там, где живут местные жители, и поэтому его также нельзя преобразовывать. Это поражает

в частности, к области в непосредственной близости от установок, вплоть до области (с попутным ветром) установок, примерно до трех километров.

Событие взрыва

Взрыв определяется физически иногда как звук, а иногда как незвуковой (потому что негармоничный) (Акустика: физико-технические основы, Спрингер, 1980). Поэтому он занимает промежуточное положение. Здесь источник выталкивает воздух **только один раз** включается, так что **отсутствие периодических колебаний** возникнете. Следовательно, треск, похожий на "шум", имеет, **нет четко определенной длины волны** (в отличие от гармонического звука). Вместо этого взрыв обладает **непрерывный частотный спектр**, то есть пропорции в широком диапазоне частот с максимумом. В зависимости от состава, треск может быть ярким, приглушенным или даже неслышимым. Его ударная волна распространяется со скоростью звука. В акустике хлопающие события описываются из-за их **Постоянство импульса** считается более раздражающим , чем гармонический звук одинаковой громкости, особенно если треск повторяется. Характеристика давления ветряных турбин соответствует периодически повторяющемуся удару в инфразвуковом диапазоне, который синхронизируется с частотой прохождения лопасти ротора (см. Раздел ниже: Проход башни лопасти ротора). Здесь не учитывается особая характеристика.

Детонация

Детонации - это **ни звука**. Они возникают в результате **внезапное, взрывное увеличение объема**. При взрыве материал внезапно испаряется, и расширяющийся газ образует **Ударная волна**, которые изначально **сверхзвуковая скорость** есть. По мере увеличения расстояния он замедляется до скорости звука, и, следовательно, взрыв превращается в взрыв.

Имплозия

работает наоборот и является **внезапное уменьшение объема**. Так что, опять же, объем меняется, но с самого начала ударная волна распространяется только со скоростью звука. Поскольку объемный перенос уменьшается с расстоянием быстрее, чем амплитуда давления, взрыв на некотором расстоянии также становится взрывным событием.

Ветер-импульсы давления или пульсирующий ветер соответственно

ветер- это **ни звука**, а скорее **воздушный поток, который** с **Скорость ветра** движется вперед. Фронт давления образуется в передней части движущейся воздушной ячейки при столкновении с препятствием (или при более медленном ветре) с **Импульс давления ветра** из. (Шум ветра возникает из-за **Вихревой** в пограничных слоях воздушных ячеек с разной скоростью. Эта турбулентность может вызвать колебания, которые можно услышать в виде шума или свиста .)

Важно для понимания: эти **Импульсы давления ветра** только когда они сталкиваются с препятствием или более медленными воздушными ячейками, они создают давление ветра или давление затора. Образовавшийся таким образом фронт давления сопровождается, в отличие от звука, объемом поступающего воздуха. Таким образом, энергия импульсов давления ветра в первую очередь определяется кинетической энергией движущейся воздушной ячейки и лишь незначительно зависит от изменения давления за счет чисто упругих колебаний молекул воздуха, как в случае со звуком. Таким образом, измеренное давление порывов пульсирующего ветра может быть таким же высоким, как звуковое давление звуковой волны в измерительном приборе, но его энергия (в 100-1000 раз) выше, а следовательно, и его потенциальное воздействие! Образно это можно сравнить с дробилками (импульсами давления ветра), выброшенными штормом на обрывистый берег , и волной, которая только вздымается и опускается (акустический инфразвук).

Подводные камни анализа Фурье

Преобразования Фурье обычно применяются к данным о давлении / времени (например, с микробарометров), но имеют смысл только для гармонического звука или звуков, частично состоящих из гармонического звука . Таким образом, выявление странного звука в машине, например, может указывать на вибрацию неисправной детали и может помочь изолировать ее. Однако применение анализа Фурье к импульсоподобным сигналам (с непрерывными спектрами) бессмысленно. Однако периодически повторяющиеся импульсные шумы дают , математически говоря, гармонические частоты в рядах Фурье, но не имеют аналогов в реальном мире (например, вибрирующие компоненты). При этом высокие и многие гармоники, которые можно обнаружить в сигнале вертушки даже на больших расстояниях, являются прямым выражением сильного отклонения от (гармоники)

Инфразвуковая волна. Таким образом, хотя анализ Фурье может помочь обнаружить сигнатуры ветряных турбин в условиях шума, он ни в коем случае не является доказательством того, что они являются чисто акустическими явлениями.

3. Что происходит за вертушкой

Предварительное примечание

Представьте, что вы стоите за вертушкой и наблюдаете, как вращаются лопасти несущего винта - очень похоже на пропеллер, который снова и снова ненадолго заслоняет солнце. Точно так же, как этот "эффект трепетания света и тени" , за ветровым колесом создается развевающийся шлейф: лопасть несущего винта выдвигается вперед по ветру, так что воздушный поток сразу за ней резко обрывается. и восстанавливается после того, как лопасть проходит мимо. Этот образовавшийся таким образом "зазор в тени" в набегающем ветре вызывает резкое падение давления ветра с последующим быстрым повторным повышением. По сути, это взрыв (см. Также Проход лопасти несущего винта / башни). Когда вы стоите рядом с проходящим поездом, вы чувствуете сравнимую волну давления. При этом лопасти несущего винта работают как крыло самолета: их изогнутая форма создает отрицательное давление на их задней части (верх крыла самолета) и избыточное давление на передней части (низ крыла самолета). Этот перепад давления приводит в движение ветровое колесо.

Важно: Эти импульсы давления ветра направляются в поле после потока и только вместе с ним попадают на землю. Таким образом, они не будут измеряться непосредственно под турбинами (измерение в непосредственной близости от турбины - это влияние прохождения лопасти несущего винта на башню, см. Раздел ниже). Импульсы давления ветра - это пульсирующий ветер, а не звук!

Баротравма летучих мышей

Вблизи кончиков лопастей несущего винта перепады давления наиболее сильно колеблются (подобно урагану). здесь давление особенно резко падает, что может быть фатальным для летучих мышей: их легкие не выдерживают быстрой смены пониженного и повышенного давления и разрываются (*Баротравма*). Таким образом, летучие мыши не умирают от "инфразвука" (в акустическом смысле). Точно так же основным опасным для здоровья выбросом ветряных турбин для жителей ветряных турбин также не является акустический инфразвук !

3.1 Поле задержки

Импульсы ветрового давления и их аэродинамические корреляты и изменения в следовом поле ветряных турбин

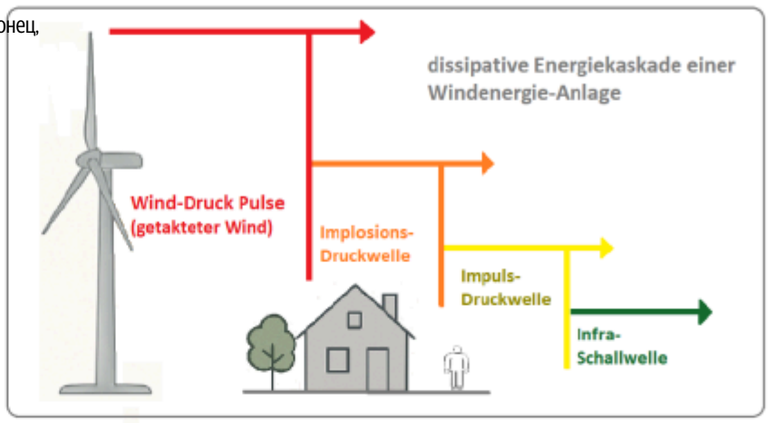
За ротором ветряной турбины образуется сложное структурированное динамическое поле сильно движущихся воздушных потоков. (Видео Ссылка) Они возникают, с одной стороны, из-за бокового отклонения набегающего ветра в результате наклонных лопастей ротора, с другой стороны, из-за перепадов давления вдоль поверхности лопастей ротора, которые стимулируют образование завихрений. Возникают соответственно **четыре формы нарушения давления**, которые в то же время могут также плавно представлять собой последовательные фазы одного и того же нарушения давления.

a. Импульсы давления ветра и вихревые структуры, которые распространяются со скоростью ветра

b. Когда импульсы давления ветра сталкиваются с препятствием, возникает своего рода **мягкий имплозивный и следовать Взрывные волны давления,** которые размножаются со скоростью звука,

c. они находятся на значительном расстоянии от объекта **импульсные акустические ударные волны (ударные волны)** о.

d. Когда импульсное содержание ударной волны (ударной волны) уменьшается с увеличением расстояния, начинается Звуковой компонент, который **Инфразвуковая волна** доминировать. Только тогда его можно будет адекватно оценить с помощью средств акустики . Первые два не являются звуком в смысле акустики и значительно более энергоемки. Это развитие от синхронизированного воздушного потока в вихри, затем волна имплозивного давления, затем взрывная волна, содержащая импульс, которая постепенно теряет свою импульсную силу, и , наконец, переход к чисто звуковой волне (которая в конечном итоге превращается в тепловую) следует за **диссипативный энергетический каскад**. (Ссылка) Эти четыре формы нарушения давления характеризуются нисходящим содержанием энергии и плавно переходят друг в друга. Жители подвергаются воздействию всех этих четырех форм, при этом предыдущие руководящие принципы по борьбе с выбросами рассматривают и оценивают исключительно форму гармонической инфразвуковой волны с наименьшей энергией!



a. Пульс Давления ветра со скоростью ветра:

Здесь важно отметить, что не только сам поток имеет трехмерную и периодическую временную структуру , но и давление ветра как выражение когерентно движущейся воздушной массы имеет направленную размерность, что делает его больше, чем значение статического давления. (т.е. это не скалярная величина, а векторное свойство с Способность передавать силу.) Только при ударе такой энергосодержащей периодической структуры воздушного потока о препятствие (например , здание или башню ветряной турбины) происходит существенная передача энергии с механическим потенциалом, например, отслоение черепицы, например, от вихрей самолета, периодический прогиб стропил крыши или движение оконных стекол и двери в их уплотнениях. Также можно предположить прямое физиологическое воздействие, особенно на чувствительный орган равновесия, но также вероятно внеауральное (не через слух) подсознательное восприятие. Неслышимая тяга сжатия всего 1-2 Па в течение 0,5 секунд может **оказывать большее физиологическое воздействие** как громкий звук на 80 дБ. И эти аспекты вообще не рассматриваются TA-шумом!

например, импульсы давления со скоростью звука и объемным потоком.

Это создает - особенно на жестких, недеформируемых конструкциях, таких как башня завода или дом в следовом поле - несущую импульс волну давления, которая распространяется со скоростью звука и может проникать в другие структуры воздушного потока .

c. Импульсная акустическая ударная волна

Только после того, как энергетически доминирующий объем и массоперенос воздуха прекратятся - обычно только на расстоянии > 3 км (в зависимости от вашей направленности (уменьшение на 1 / r), сцепления с землей и других факторов), - эта ударная волна будет проявляться как импульсосодержащая

d. **проявляются чисто "акустические" (инфракрасные) звуковые волны**.

Почему это важно?

В энергии в объемном потоке воздуха в первую очередь преобладает кинетическая энергия движущейся воздушной массы.

Напротив, энергия гармонической акустической волны определяется звуковым давлением.

Следовательно, аэродинамическая энергия импульсов давления ветра примерно в 100-1000 раз превышает энергию гармонической акустической инфразвуковой волны.

Physikalische Grundlage: Energie im Luftstrom vs. akustische Welle

1. Energie in einem Luftstrom (Volumenfluss)

Ein gerichteter Luftstrom enthält **kinetische Energie**:

$$E_{\text{Volumenfluss}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V \cdot v^2$$

- ρ = Luftdichte (~1.2 kg/m³)
- V = Volumen des Luftpakets
- v = Strömungsgeschwindigkeit

2. Energie in einer akustischen Welle (harmonische Druckschwankung)

$$E_{\text{Schall}} = \frac{p^2}{\rho \cdot c}$$

- p = Schalldruckamplitude
- c = Schallgeschwindigkeit (~343 m/s)

Diese Energie ist **verhältnismäßig klein**, weil:

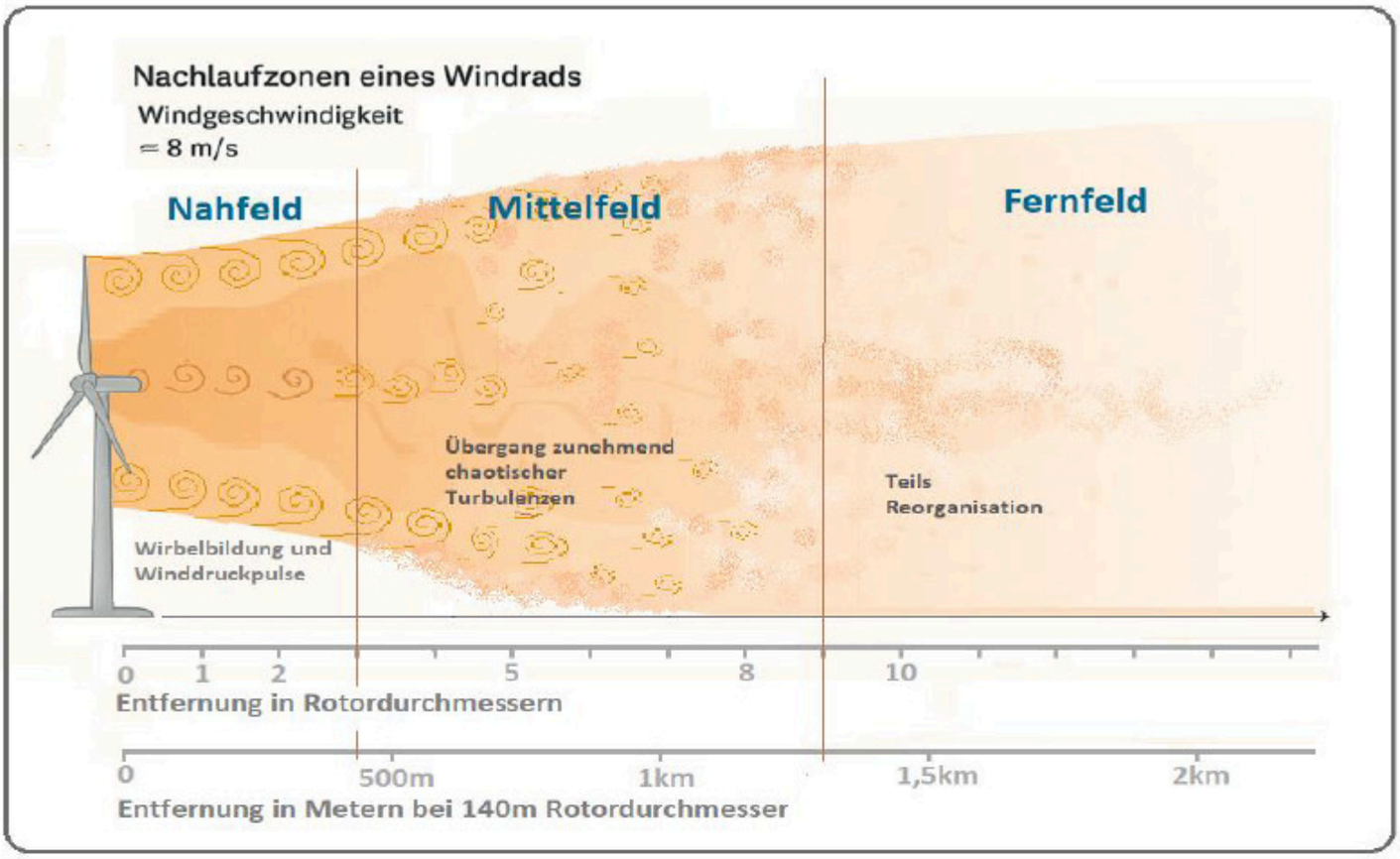
- der Schalldruck im Infraschallbereich meist unter 1 Pa liegt
- und keine Netto-Volumenverschiebung stattfindet

Подведены итоги:

a. Ротор создает периодический синхронизированный и направленный воздушный поток. б. При ударе о препятствие в следовом поле этот поток преобразуется в направленный фронт давления, который распространяется со скоростью звука и сопровождается притоком воздуха. с. Только на большем расстоянии от установки (более 3 км), когда объем поступающего воздуха после затухания этот фронт давления проявляется как импульсное, чисто акустическое (взрывное) событие - теперь без сопутствующего массового потока воздуха. d. Со временем импульсивность уменьшается, и только теперь можно отличить обычный акустический инфразвук от говорить.

3.2 Разделение поля следования

В ветроэнергетике цилиндрическое поле ротора ветровой турбины делится на три зоны: (При этом проход в башне лопасти ротора, важный для "инфразвуковых" выбросов, изначально здесь не рассматривается.) **Ближнее поле (ближнее пробуждение) Среднее поле (промежуточное пробуждение) Дальнее поле (дальнее пробуждение)** На каких расстояниях происходит этот плавный переход между ними, а также где образующиеся аэродинамические импульсы и завихрения попадают на землю, зависит от скорости ветра и интенсивности турбулентности, а также от диаметра ротора, высоты башни, рельефа местности и других параметров атмосферы. Но есть приблизительные ориентиры, которые являются общепринятыми.



3.2.1 Ближнее поле (ближний след)

Дальность: приблизительно от 0-2 до 3 диаметров ротора (D) за ветровым колесом

- Лопасти несущего винта создают за счет обратного давления набегающего ветра и так называемого
- Профиль подъемной силы (аналогично крылу самолета) значительные перепады давления между бортом , обращенным к ветру, и бортом, обращенным в противоположную сторону. Они могут составлять
- около 100 Па даже при скорости ветра 8 м / с. Эти перепады давления переносятся ветром вниз по течению и сопровождаются динамическими воздушными потоками, которые формируют сильно структурированные и упорядоченные вихревые структуры за счет бокового отклонения :

А. Вихри законцовки крыла:

На концах лопастей ротора образуются три огромные воздушные спирали, расположенные одна над другой, которые, как штопоры, вращаются от каждой лопасти ротора вместе с ветром, направленным назад. (Ссылка) Эти вихри "окружают" и стабилизируют большую ветровую тень ротора, подобно своего рода дамбе, отделяющей поле следа от ветра снаружи, который не тормозится . Вихри законцовки крыла хорошо известны, особенно в авиации, как серьезная опасность для самолетов , следующих за более крупной машиной. Вихри на законцовках крыльев взлетающих машин могут перемещаться на сотни метров вниз, все еще покрывая черепицу. Достигнутые скорости вращения лопастей несущего винта по отношению к воздуху, их габариты и профиль наветренной стороны полностью сопоставимы с аэродинамическими лопастями больших самолетов. Вот почему также необходимо соблюдать безопасное расстояние от ветряных электростанций до аэропортов (но не для жилой застройки?). **Б. Центральный позвонок:**

Вращение ротора приводит к образованию центрального вихря с горизонтальной осью вокруг аэродинамической трубы гондолы в качестве ее центра .

С. Позвонки задней кромки:

На задних кромках лопастей несущего винта появляется дополнительный "вихрь", который также продолжается по спирали внутри цилиндрического хвостового оперения с попутным ветром и переходит в вихри законцовки крыла.

3.2.2 Промежуточный след (Intermediate Wake)

В среднем следовом поле растений вихри распадаются на все более мелкие вихри. Их ранее упорядоченная структура становится более хаотичной и турбулентной. Однако все вихревые области по-прежнему отражают основную частоту прохождения лопастей ротора, но не обязательно частоту прохождения на башне, а скорее все более и более смещенную во времени (не по фазе) в пространственном порядке. Так что в хаосе все еще царит порядок. (Видео Ссылка) Эта информация энергетически доминирующей **аэродинамические импульсы давления ветра** так что оставайтесь на месте и продолжайте размножаться, пока они не столкнутся с препятствием, например, с крышей дома. Затем здесь происходит вторичное преобразование энергии в деформации и механические колебания, периодические перепады давления с переносом объема воздуха, а также инфразвук, несущий сильные импульсы.

Следящее поле становится источником вторичных нарушений давления.

Таким образом, вдали от объекта все следовое поле ветряной электростанции само по себе становится источником низкочастотных импульсов давления, а также инфразвука, в центре которого должны жить местные жители! Таким образом, предположение властей о том, что ветровое колесо является единственным и даже просто точечным источником "инфразвукового" излучения, не является обоснованным. **Ссылка**

Дальность: около 3-8 (до 10) дней

- Следовое поле наклоняется в сторону через заторможенные, более медленные слои воздуха у земли
- Почвы и продолжает там распространяться.

Как возмущения отрицательного давления, импульсы давления ветра распространяются быстрее, чем хаотическая турбулентность в

- слои воздуха на уровне земли. Позвонки начинают
- накладываться друг на друга и сливаться.
- Импульсы звукового давления с высокой скоростью продолжают проникать в аэродинамические конструкции.
- Когерентные упорядоченные вихревые структуры постепенно переходят в более хаотичные,
- турбулентные структуры. След начинает распространяться как в боковом (боковом), так и в
- вертикальном направлении. Основная область следа все еще остается заметной на этом этапе.
- Происходит образование вторичных шумов и развитие низкочастотных импульсов
- давления в результате разрушения буксирных вихрей на препятствиях. На этом этапе создаются
- акустические характеристики, которые особенно актуальны в диапазоне низких частот,
- например, амплитудные модуляции нестабильными вихревыми структурами.

На ветряных электростанциях гусеницы нескольких установок накладываются друг на друга, образуя одну **широкий следящий ковер**, великий

- влияет на площадь пола. Эта коллективная структура потока может простираться на многие мили по площади
- и заметно влияет на локальное распределение ветра, интенсивность турбулентности и акустическую эмиссию.

3.2.3. Fernfeld (Far Wake)

В дальнем поле энергетически доминирующие объемные потоки в значительной степени рассеялись, и, таким образом, преобладает импульсивность импульсов давления, которые беспрепятственно проникают в воздушные потоки и вихри. Импульс давления, возникающий при прохождении башни лопастей несущего винта, преобладал как доминирующий импульс давления. Затем постоянство импульса уменьшается до такой степени, что становится последним компонентом с более высокой энергией, так что преобладает акустический инфразвуковой компонент. В любом случае, низкочастотная энергетическая сигнатура ветрового колеса все еще может быть изменена на более **Расстояние 30-50 км** измеряется как инфразвук ветряной турбины.

Дальность: примерно с 10-15 з.д.; до 20-50 з.Д. в зависимости от ветровых условий

- течение начинает частично восстанавливаться; скорость ветра снова
- увеличивается. Турбулентность становится более рассеянной и случайной. Также
- происходит реорганизация вихревых структур и когерентных проточных ячеек,
- после того, как они, казалось бы, полностью растворились в турбулентной зоне. (Ссылка)

Импульсы звукового давления с высокой скоростью приобретают акустическое преобладание, в то время как их постоянство импульса постепенно

- уменьшается. Тем не менее, они проникают в аэродинамические конструкции на несколько десятков километров

и все еще обнаруживаются там в виде инфразвука, несущего импульсы, с высокочувствительных измерительных станций (например, IGADE) .

- Следовое поле (следовое поле) распространилось на большую территорию. Доказательства реорганизации крупномасштабных структур потока очевидны в некоторых численных моделях. См. Компьютерное моделирование Ссылка

Влияние скорости ветра:

При более высоких скоростях ветра (чем примерно 8 м / с, принятых здесь в качестве примера) в ближнем поле выделяется значительно больше энергии - кинетическая энергия увеличивается с третьей степенью скорости ветра. Это создает энергетически значительно более интенсивное, но несколько более короткое в пространстве ближнее поле, которое быстрее переходит в турбулентность. Импульсы ветрового давления и волны ветрового давления также значительно более энергичны. В частности , волны давления распространяются глубже и дальше в нижние слои воздуха при сильном ветре , превращаясь в импульсные, акустически доминирующие "хлопающие" волны только на больших расстояниях.

---

4. Проход башни лопасти несущего винта (RTD)

Центральный часовой механизм

Предварительный просмотр

Как описано выше, лопасти несущего винта периодически "рассекают" набегающий ветер, прерывая его, а затем снова выпускают. Наклонный и подъемный профиль лопастей несущего винта - аналогично крылу самолета - создают аэродинамически быстрые ячейки потока и вихри, которые упорядоченно переносят эти значительные перепады давления вместе с ветром.

Два разных транспортных средства для устранения отрицательного давления:

4.2 Импульсы давления ветра

Эти импульсы давления ветра непрерывно формируются по контуру ротора, но каждый из них возникает в разных положениях и в слегка смещенные моменты времени, несмотря на то, что они следуют периодическому ритму. Мы называем эти основные нарушения давления следующими *Импульсы давления ветра*, поскольку их значительная энергия исходит не только от перепада давления, но, что более важно, от кинетической энергии движущейся воздушной массы. Физически импульсы давления ветра представляют собой возмущения отрицательного давления, то есть относительное отрицательное давление с фронтом падения давления на передней стороне, за которым следует фаза всасывания, а затем волна положительного давления, которая восстанавливает исходное состояние потока. Это возмущение представляет собой "пульсирующий" ветер, движущийся примерно со скоростью ветра (+/-) и перемещающийся преимущественно с попутным ветром. Импульсы давления ветра, которые также частично превращаются в вихри, являются когерентными и структурированными, но не звуковыми - они "путешествуют" со скоростью всего около 8-15 м / с, так что примерно на два порядка медленнее, чем звуковые или имплозивные волны давления. При определенных обстоятельствах они могут простираться на многие мили, вплоть до так называемого *far wake* сохраняться. Когда они сталкиваются с препятствием, их энергия передается в виде деформации, вторичных волн давления и звука

.

4.3 Взрывная ударная волна

Если импульс ветрового давления ударяется о препятствие, особенно о башню при прохождении лопасти несущего винта непосредственно перед ней (проход лопасти несущего винта-башня, RTD), возникает своего рода плавный взрыв. При этом положительные моменты стираются

Давление затора (с подветренной стороны) перед объектом и отрицательное давление импульса давления ветра за лопастью ротора взаимно компенсируют друг друга. Это создает *Взрывная волна имплозии*, который теперь распространяется со скоростью звука. (Для этого сравните усредненную кривую давления и времени из исследования *"Acoustics Report Redacted - Rural Sheep Farm in Scotland 2023"*, которые в разделе *Доказательная база и научная ценность* обсуждается. Это эквивалентно взрывной волне давления, а также демонстрирует высокую направленность.)

Эта неакустическая ударная волна представляет собой центральный тактовый генератор сигнала ветряной турбины с быстрым звуком - это широко разрекламированная "литавра" в оркестре ветряных турбин.

Он по-прежнему переносит значительное количество энергии на расстояние до 3 км как в виде объемного воздушного потока, так и за счет его импульсивности. Даже за несколько десятков километров

Расстояние может быть определено с помощью высокочувствительных измерительных систем, таких как IGADE.

все еще регистрируется как инфразвуковая волна.

Длительность:

Этот процесс прохождения лопасти ротора через башню (= RTD) занимает много времени из-за геометрии и динамического движения выравнивания давления, при котором лопасть ротора постепенно выдвигается вперед перед башней, закрывая ее от ветра на всю ширину и длину лопасти, а затем снова освобождаясь после примерно **0,4-0,8 секунды**. Это значительно превышает чисто геометрически затронутый угол прохождения **около 10-20 °** (0,1-0,2 с), потому что реакция давления опережает время и имеет обратный эффект. Таким образом, физически это событие начинается уже непосредственно перед прохождением башни и постепенно стихает после прохождения. Таким образом, создается своего рода плавный взрыв, после которого восстанавливаются старые соотношения давления и потока.

Спектр:

Эта имплозия, являясь в основном апериодическим сигналом, создает непрерывный спектр с максимумом в инфразвуковом диапазоне. Из-за продолжительности, геометрии и динамического движения компенсации давления этот частотный пик обычно находится в диапазоне **От 1,6 до 2,4 Гц**.

Этот процесс повторяется с каждым оборотом ротора - обычно каждые 2-3 секунды - и , таким образом, чисто математически условно создает периодический спектр с гармониками основной частоты прохождения ротора. Следовательно, упомянутый частотный пик непрерывного события имплозии в основном находится на уровне или между **вторая и третья гармоники** и обусловливает их высоту.

Мощность события взрыва:

Около 1/30 контура ротора вовлечено в процесс взрыва. Для ветряной турбины с электрической мощностью в **6 МВт** возникают в следовом поле ок. **2 МВт аэродинамической энергии.** По приблизительным оценкам , это примерно **20-60 кВт** преобразуется в имплозию давления во время одиночного прохода башни лопасти несущего винта (RTD) . Кроме того, объемный расход, на который резко влияет проход башни, вносит свой вклад в динамику процесса. Возникающий в результате **импульсное вытеснение воздуха** может ли **значительно увеличить реальную энергию импульса.**

Асимметрия распространения:

Особенность прохода лопасти несущего винта в башне заключается в том, что лопасть несущего винта приближается с одной стороны, а за башней находится тень ветрового давления с относительным отрицательным давлением, которое также взаимодействует здесь , деформируя имплозию и ее ударную волну с помощью ветра и асимметрии. В качестве возмущения отрицательного давления взрывная ударная волна притягивается не только к другим зонам относительного отрицательного давления, но и к слоям воздуха с более медленным потоком у земли.

Почему это так?

Отрицательные градиенты давления создают своего рода **направленная "тяга потока"** - Молекулы воздуха из областей с более высоким давлением (или направлений) "устремляются".

В слоях воздуха, близких к земле, **Скорость потока снижается** (Трение почвы, растительность, · Застройка). Там может находиться **Отрицательное давление** совершенно верно "**всасывание**", а именно **в направлении потока**, так как там находится ·

Сопротивление оказывает наименьшее влияние на направленное распространение.

Таким образом, можно сказать, что **Имплозионная волна "втягивается" в поток на уровне земли за счет собственной геометрии давления** и **направленный туда, куда направляется**. Таким образом, хотя эта волна имплозионного давления движется со скоростью звука и со скоростью ветра, она распространяется особенно высоко асимметрично и все чаще направлена по ветру и близко к земле (без растительности / застройки , особенно на высоте от 1 до 12 м над землей) на многие километры.

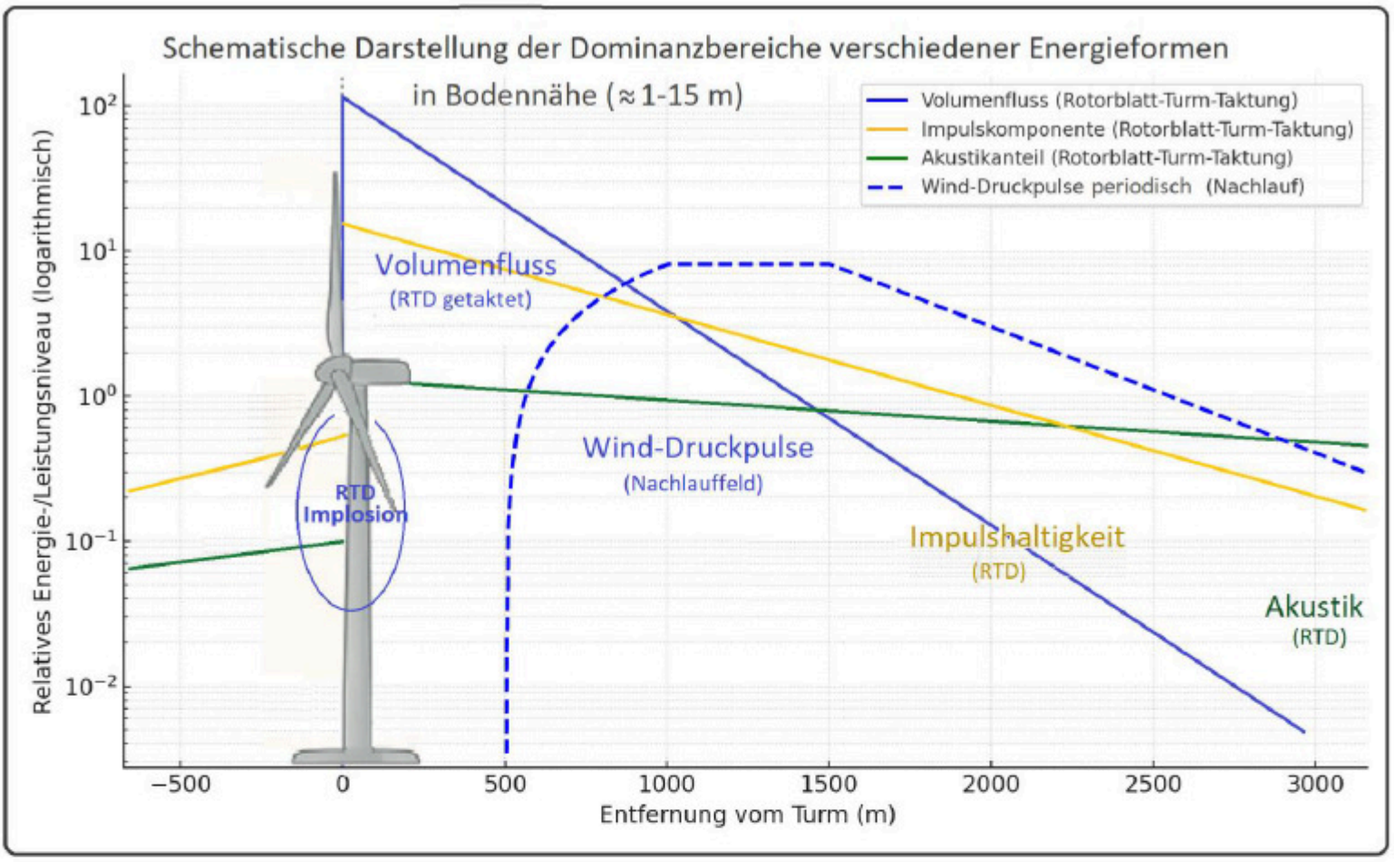
4.1 Области преобладания различных энергетических компонентов RTD / ветровых импульсов давления в их воздействии на местных жителей

Три фазы / компоненты имплозионной ударной волны

Волна имплозивного давления также сопровождается объемным потоком воздуха - начальным отрицательным давлением ("всасыванием воздуха"), за которым следует положительное давление. Это объемное движение явно отличает его от чисто акустического события, поскольку оно передает значительно больше энергии. Если бы эта взрывная волна распространялась сферически, она превратилась бы в акустическую взрывную волну уже после того, как прошла менее 100 метров. В действительности, однако, он направляется через слои потока, расположенные близко к земле, и его уносит ветром к земле. В сочетании с заземлением это приводит к значительно более медленному ослаблению импульсов давления (примерно пропорционально 1 / r вместо 1 / r2). При обычных ветровых условиях (около 8 м / с) переход в чисто импульсную волну давления обычно происходит только на расстоянии более 2 км (1,5 мили). В обычных ветровых условиях (около 8 м / с) переход в чисто импульсную волну давления обычно происходит только на расстоянии более 2 км. Это по-прежнему остается высокоэффективным, поскольку постоянство импульсов физиологически действует значительно сильнее, чем гармонические инфразвуковые колебания.

Поле взаимодействия RTD/ветер-импульсы давления

Помимо этой волны имплозивного давления, проходящей через канал лопасти и башни (RTD), на местных жителей дополнительно действуют импульсы ветрового давления. Импульсы давления ветра действительно соответствуют одной и той же базовой частоте (RTD), но из-за задержки потока они встречаются со смещением по фазе во времени и накладываются друг на друга, образуя сложное поле с другими компонентами. Эти импульсы давления ветра также несут значительную кинетическую энергию за счет движения целых пакетов воздуха. Однако они полностью игнорируются в нормативных оценках шума. На диаграмме ниже показаны нагрузки на различные компоненты выбросов - в соответствии с их энергетическим и, следовательно, медицинским значением. Переходы между диапазонами объемного расхода, импульса и звука являются плавными и зависят от множества факторов, таких как направление ветра, состояние грунта или высота башни.



Однако ясно одно: по крайней мере на расстоянии 3 км аэродинамически генерируемые высокоэнергетические компоненты (объемное и импульсное давление) доминируют в воздействии на местных жителей. Тем не менее, в официальном рейтинге *все* Пропорции выше зеленой линии (чистый акустический гармонический инфразвук) последовательно занижаются.

Интерпретация зон на диаграмме

- **Объемный перенос (синий, зона имплозии)** в частоте прохождения лопасти несущего винта и башни (RTD) преобладает до прибл. **800-1000 м**. Здесь действует реальный перенос воздушных масс, связанный с процессами имплозии на лопасти несущего винта.
- **Перенос объема за счет импульсов давления ветра** (накопленная энергия следящего поля, выделяемая при При ударе о землю импульсный вал высвобождается), достаточно **на высоте более 3000 м** за пределы. Который **Передача импульса (оранжевый, ударно-волновой характер)** формирует область **1000-3000 м**, в то время как · Эффекты потока постепенно уменьшаются. Только начиная с **2500-5000 м** доминирует в **Звуковой домен (зеленый)** с классической акустикой дальнего радиуса действия (гармонические · Волны без направленного импульса). Начиная с расстояния **(около 5 км)** сила импульса также теряет значение - тогда здесь можно перейти от · говорить о чисто акустическом инфразвуковом компоненте, который в настоящее время используется в нормативных оценках. В ряду Фурье, измеряемом с этого момента сигнале, основная частота должна была бы явно доминировать, а гармоники значительно потеряли амплитуду.
-

Величины влияния, которые задерживают переход между зонами (ранжированные по релевантности):

1. Заземление и распространение в пограничном слое воздух-земля (эффекты проводимости, отражения) 2. Размер ротора и сила импульсов давления 3. Топография (например, низменности или склоны холмов) 4. Атмосферная стратификация и градиенты ветра 5. Несколько установок с эффектами наложения фазовой когерентности

4.2 Как импульсы давления ветра достигают местных жителей

Импульсы давления ветра также проникают через дома, потому что, как и инфразвук, для этого нужно только, чтобы окна и двери качались на доли миллиметра в своем уплотнении. Это объясняет случаи, когда жители могли видеть в строго боковой перспективе, как шторы движутся в ритме ветряных турбин. Это выражение высокой конверсии энергии, которая не была бы вызвана гармоническим инфразвуком. однако инфразвуковое измерение, по-видимому, не измерило бы здесь завышенных значений, и ограничения были бы соблюдены. Компонент объемного расхода высокой энергии просто не регистрируется метрологически. Кроме того, обычная ферма на крыше - это огромные "открытые ворота" для этих импульсов давления ветра. Однако, в отличие от инфразвука , импульсы давления ветра несут с собой значительно более высокую энергию. И если инфразвук воздействует на человека почти одновременно со всех сторон, то эти импульсы давления ветра, скорее всего, действуют только с одной стороны. Нервная система человека в первую очередь регистрирует именно такие различия! Все это объясняет (в отличие от простого акустического инфразвука), почему люди спускаются в подвал или переносят свою спальню на наветренную сторону от растений, чтобы не так сильно ощущать выбросы от ветряных турбин.

Особенно страдают жители, чьи дома стоят поодиночке или незащищенные, часто "в первом ряду" или на склонах холмов, с ветрами. В отличие от гармонического инфразвука, здесь локально ощущаются значительно более высокие нагрузки, хотя они неправильно регистрируются микробарометрами: они в первую очередь измеряют быстрые изменения давления, в то время как физиологически значимые эффекты в основном связаны с объемными потоками и передачей импульса. Следовательно, существует несоответствие между измеренными значениями и реальным уровнем страданий пострадавших людей и животных - систематическое слепое пятно в практике нормативной оценки.

Физиологические эффекты

Помимо известного влияния на вестибулярную систему (равновесие, ориентацию, тошноту, ощущение пространства) и тактильные рецепторы (кожное восприятие, ощущение давления, дрожь), ведутся споры о том, могут ли импульсные волны давления, подобные тем, которые возникают в ветряных турбинах, также вызывать органо-механические эффекты. К ним относятся, в частности: •• Совместное движение висцеральных структур (желудка, кишечника, сердечного мешка), что может вызвать вегетативные реакции, такие как аритмия, тошнота или нестабильность кровообращения у чувствительных людей, • влияние на дыхательную механику посредством незначительных изменений давления на поверхности тела, возможно, косвенное воздействие на блуждающий нерв, вызванное внешними механическими импульсами (например, на шее или в области груди) может рефлекторно активироваться (аналогично внезапному давлению при нырянии или реакции Вальсальвы - легкой баротравме, которая повторяется в течение нескольких часов).

Индукция резонанса в области грудной клетки (например, грудной клетки, диафрагмы), что может вызвать чувство трепета или "внутреннего давления".,

Это считается вероятным, что низкочастотные колебания давления также обрабатываются слухом ниже сознательного порога восприятия - аналогично тому, как человек подсознательно воспринимает ритм дыхания или приближение больших тел через вибрации пола. Таким образом, инфразвук может представлять собой эволюционный предупреждающий или резонансный сигнал.

Позитив: Конструктивные или инженерные меры могут принести больше облегчения, чем инфразвук в акустическом смысле. И, зная, что с ветрами через ограниченные промежутки времени жители подвергаются наиболее сильному воздействию, было бы принципиально важно, наконец, более внимательно изучить этот тип выбросов , признать воздействие и впервые принять меры по обеспечению полуэффективной защиты, а не игнорировать этот очевидный выброс ветряных турбин.

4.3 "Танец живота" башни / телесный звук

Непосредственно перед проходом лопасти несущего винта в башне лопасть несущего винта притягивается к башне существующей разностью давлений относительного вакуума в задней части лопасти несущего винта. Поскольку это дает генератору в гондоле дополнительный крутящий момент, который он передает на башню в виде **Изгибающая нагрузка** при передаче башня перемещается к лопасти несущего винта. Теперь при прохождении
лопасти несущего винта из башни внезапно падает давление ветра, превышающее бочонок, и это также усугубляется относительным отрицательным давлением в задней части лопасти несущего винта **вытянутый вперед**. После прохождения лопасти ротора соотношения снова меняются на противоположные. Восстанавливающееся давление затора в башне зависит от относительного отрицательного давления в задней части лопасти ротора, что приводит к минимальному замедлению ротора и создает эффект сжатия через ступицу. **Изгибающая нагрузка** действует в противоположном направлении.
Таким образом, башня выполняет своего рода танец живота, особенно на высоте 2/3, который переносится на фундамент, а затем на землю с помощью рычагов.
В конце концов, ветряное колесо - это не жесткий кол в земле, он может и должен сгибаться, как тростник на ветру. Если бы вы запустили его в гондолу в тихий день, он сам по себе начал бы вибрировать с определенной частотой.
Если "вибрации танца живота", вызванные ветром, приближаются к этой частоте, то в резонансе возникает угроза раскачивания с разрушением башни.
Каждое колебание башни действует на землю как своего рода таран, в зависимости от ветра. Вызванные колебания передаются по кругу вокруг установок. Это похоже на сотрясение проезжающего поезда. В зависимости от субстрата этот может **Звук тела, который можно переносить на многие мили** а также о фундаменте в жилых домах, стены, полы или даже мебель которых переносятся. Благоприятный эффект оказывают скальные основания, мерзлая почва, возвышающиеся грунтовые воды, здания, построенные на заросшей почве без слоя гравия, бетонные стены, потолки и полы без звукоизоляции.

---

5. Доказательства и научная ценность

В продолжающихся общественных дебатах о потенциальных опасностях для здоровья, связанных с выбросами ветряных турбин, этот пост сочетает в себе признанные физические явления с медицинскими наблюдениями, а также многочисленные последовательные отчеты пострадавших местных жителей. В результате получается общая картина, которая дает правдоподобную междисциплинарную модель действия - сравнимую с головоломкой, части которой складываются осмысленным образом. Согласованность взаимосвязей предполагает, что здесь описывается научно значимая причинно-следственная связь, которая до сих пор недостаточно учитывалась. 1. Физико-теоретически обоснованные основы **(высокие доказательства)**

Эти аспекты основаны на установленных законах механики жидкости, акустики, передачи импульсов и распространения энергии:

- Различение различных явлений давления и звука (гармонический инфразвук, взрыв, взрыв, имплозия, ветер-импульсы давления)
- Важность анализа Фурье для различения импульсных и гармонических сигналов Формирование и периодичность частоты прохождения башни лопасти несущего винта (RTD) •
- Передача импульса при градиентах давления в движущемся воздухе
- Роль объемных воздушных потоков и кинетической энергии в турбулентности у земли
- Разделение объемного переноса и звукового давления в дальнем поле (известное из стандартных работ по аэродинамике и акустике)

2. Правдоподобные последствия, вытекающие из этого **(средние данные)**

Эти выводы логически вытекают из физических основ и сами по себе непротиворечивы:

- Импульсы давления ветра как текстурированные, не похожие на звук события давления
- Взаимодействие следовых вихрей с профилями местности и течением на уровне земли усиление или ослабление за счет отражения и резонанса в зданиях
- Биомеханически правдоподобная передача импульсов на тактильные и вестибулярные датчики
- Результаты исследования *"Acoustics Report - Sheep Farm, Scotland 2023" (Huub Bakker et al.).*
- Многократно измеренные импульсы отрицательного давления указывают на имплозивную характеристику

Выбросы показали явную зависимость от направления ветра, то есть высокую направленность попутного ветра.

Эти наблюдения подтверждают предположение о направленном несферическом распространении.

3. Клинико-физиологические наблюдения и гипотезы **(соответствующие, но меньшие доказательства)**

Эти данные основаны на индивидуальных отчетах, наблюдениях врачей и медицинских гипотезах, которые на сегодняшний день систематически собираются лишь в ограниченном объеме, но поддаются биофизическому анализу:

- Контакт автора примерно с 300 пострадавшими, почти все они проживают на подветренной стороне, недалеко от ветряных электростанций. многие пострадавшие сообщают об улучшении состояния, когда их помещают в подвальные помещения или стороны дома, обращенные в сторону, противоположную ветру
- замена - что говорит против сферического распространения
- Новые структурные повреждения (например, трещины между кирпичной кладкой и фермой крыши) произошли после ввода в эксплуатацию
- близлежащих объектов на, хотя дом был стабильным в течение многих лет до этого, несоответствие между объективными инфразвуковыми измерениями (например, микробарометром) и субъективными жалобами
- Больший дискомфорт вызывают дома на открытой местности или отдельные приусадебные участки ("первый ряд")
- Сходство симптомов с известными эффектами от низкочастотных импульсосодержащих объемных волн (например, от подводной медицины, длительного воздействия вибрации)

---

6. Заключение

Аэродинамические выбросы от ветряных турбин, в частности, импульсы ветрового давления, периодически возникающие волны давления от энергосодержащих воздушных перемещений, импульсные вихревые образования и колебания башни, связаны со значительным содержанием энергии и, согласно современным междисциплинарным фактическим данным, могут нанести вред здоровью чувствительных живых существ, особенно людей.

Применимые своды правил, основанные почти исключительно на акустических показателях, не отражают эти неакустические , но очень важные формы излучения. Это представляет собой серьезный пробел в защите здоровья и иммунитета и, как полагают, уже привело к хроническому дистрессу у многих пострадавших.

Таким образом, из ответственности перед общественным здравоохранением и на основе принципа предосторожности вытекает настоятельная необходимость в действиях:

- **Установки, в которых имеются конкретные доказательства неблагоприятных последствий для здоровья, должны быть немедленно выведен из эксплуатации**, до тех пор, пока не будет проведено полное расследование и переоценка. **Воздействие аэродинамических выбросов на здоровье официально признано потенциальной опасностью**
- **признать**, и уже пострадавшим лицам должна быть выплачена компенсация, а также оказано медицинское сопровождение. **Защита от выбросов должна быть расширена, чтобы включить гидродинамические выбросы**, и физические
- Методы измерения должны быть соответствующим образом скорректированы и дополнены.
- **Практика выдачи разрешений должна быть переориентирована** - принимая во внимание представленные факты и включая медицинские, биофизические и гидромеханические дисциплины.