

Учебная документация
**Воздействие ветра при
работе крана**



LIEBHERR

Выходные данные:

4 издание, 2017 г.

Liebherr-Werk Ehingen GmbH

Dr.-Hans-Liebherr-Straße 1

D-89582 Ehingen/Donau

www.liebherr.com

Schulungszentrum.LWE@liebherr.com

Все права защищены.



"Дует ветер, серебряный ветер ..."

Когда люди работают, они неизбежно делают ошибки. Именно при работе крана ветровые условия могут представлять опасность, которую нельзя недооценивать. Машинист крана должен заботиться о том, чтобы кран не подвергался воздействию ветра, сила которого выходит за пределы установленных изготовителем крана границ. Также необходимо своевременно принимать правильные решения и применять меры, предотвращающие небезопасное состояние крана в результате влияния ветра.

При опасности машинист крана обязан предпринять меры, которые были, соответственно, определены организатором работ. Машинист крана, таким образом, в серьёзных случаях решает на месте, не слишком ли силен ветер и не следует ли приостановить работу. Поэтому важно быть своевременно предупреждённым о приближающемся сильном и продолжительном ухудшении погоды. Однако также чрезвычайно опасны локальные резкие порывы ветра, которые могут возникать, например, при мощных ливнях и грозах.

Данная учебная документация служит для информирования машинистов крана, планировщиков проекта, а также организаторов работы с краном; она должна давать примерные рекомендации по работе крана при воздействии ветра. Для начала рассмотрим введение в основы ветровой нагрузки. Затем покажем, как могут быть определены ветровые нагрузки, а также рассмотрим специальные варианты нагрузки, возникающие, например, при установке ветросиловых установок. Также мы покажем, какая информация требуется для этого.

Данная документация составлена так, чтобы в зависимости от уровня знаний читатель мог самостоятельно усвоить соответствующие положения вещей. Примеры и постановки задач служат для наглядности и дают повод для упражнений. Кроме того, здесь можно найти полезные указания и вспомогательный материал для повседневной работы с краном. Данная учебная документация не претендует на полноту и не заменяет руководство по эксплуатации и справочник с таблицами грузоподъёмности для соответствующего крана Либхерр. Здесь только настойчиво призывается к осторожности при работе с большими конструкциями и приводится наш более чем 40-летний опыт ведущего изготовителя кранов.

Либхерр-Верк Эхинген ГмбХ



Как работать с данным документом?



Условные обозначения

Вопросы по изучаемому материалу в предыдущем разделе. (Сравните Ваши ответы с решениями в конце данного документа.)



Важные указания / информация по текущей теме.



Обозначает опасную ситуацию по текущей теме.

Примечания:

Левый и правый столбцы на каждой странице предназначены для записи собственных примечаний по учебному материалу. Эти Ваши собственные записи вместе с уже имеющимися предназначены для понимания и повторения материала.

Руководство по проведению работ

- Прочитайте внимательно сначала текст каждой главы.
- Повторите содержание соответствующей главы, используя печатные и собственные замечания на полях.
- Ответьте на вопросы в конце главы (по возможности не смотрите учебный материал).
- Ответы на соответствующие вопросы имеются в конце документа.
- Если ответить на вопросы самостоятельно не удаётся, то ещё раз проработайте соответствующую главу.
- Лишь затем следует переходить к изучению следующей главы.
- В конце документа проверьте, достигнуты ли поставленные здесь цели обучения.

Цели обучения:

После проработки данного документа обучаемый должен:

- знать различные воздействия ветра, имеющиеся при работе крана
- знать специальные термины, используемые при расчёте ветровых усилий
- уметь рассчитывать ветровую нагрузку для стандартного и специального вариантов нагрузки
- уметь рассчитать новую, максимально разрешённую, скорость порывов ветра



Оглавление

1. Введение и постановка проблемы	7
1. 1 Влияние ветра на кран и груз	8
1. 2 Упражнения	11
2. Основные сведения по теме "Ветер"	12
2. 1 Порывы ветра и неровности поверхности	14
2. 2 Информация о ветре и погоде	17
2. 2. 1 Скорость ветра в порыве в зависимости от высоты	18
2. 3 Упражнения	19
3. Экскурс - схема ветроэнергетической установки	20
4. Факторы расчёта силы ветра	22
4. 1 Получение имеющихся значений	22
4. 1. 1 Вес груза (m_H)	22
4. 1. 2 Максимальная площадь проекции (A_p)	22
4. 1. 3 c_w -значение	23
4. 1. 4 Текущая скорость ветра ($v_{тек}$)	23
4. 2 Получение и/или расчёт отсутствующих значений	25
4. 2. 1 Площадь ветровой нагрузки (парусность) (A_w)	25
4. 2. 2 Допустимая скорость ветра из справочника с таблицами грузоподъёмности	25
4. 2. 3 Скоростное давление (p)	26
4. 2. 4 Ветровая нагрузка (F_w)	26
4. 3 Упражнения	26
5. Определение допустимой скорости ветра	27
5. 1 Способ (1): График ветровых нагрузок	27
5. 1. 1 Пример определения максимально допустимой скорости ветра для специального варианта нагрузки	28
5. 1. 2 Пример определения максимально допустимой скорости ветра для стандартного варианта нагрузки	28
5. 2 Способ (2): формула	33
5. 2. 1 Пример расчёта максимально допустимой скорости ветра для стандартного варианта нагрузки	33
5. 2. 2 Пример расчёта максимально допустимой скорости ветра для специального варианта нагрузки	33
5. 3 Упражнения	34



Воздействие ветра при работе крана

6. Влияние ветра при неработающем кране	36
6. 1 Порядок действий при перерыве в работе крана	37
6. 2 Применение таблиц значений ветра	38
6. 2. 1 Пример для кранов с телескопической стрелой:	38
6. 2. 2 Пример для кранов с решётчатой основой:	41
7. Заключительное замечание	44
8. Приложение	45
8. 1 Краны концерна Либхерр в ветроэнергетике.....	45
8. 1. 1 Современные пневмоколёсные краны (2016).....	45
8. 1. 2 Современные телескопические гусеничные краны (2016).....	47
8. 1. 3 Современные гусеничные краны (2016).....	47
8. 1. 4 Современные краны решётчатой конструкции (2016).....	50
8. 2 Решения к упражнениям	51

Определение терминов

N	ньютон (единица силы)
C_w	коэффициент воздушного сопротивления (коэффициент аэродинамического сопротивления)
A_p	площадь проекции тела (m^2)
A_w	площадь ветровой нагрузки (парусность) (m^2)
$v_{\text{макс.}}$	максимально допустимая 3-секундная скорость ветра при порывах (м/с) на максимальной высоте подъёма.
$v_{\text{max_TAB}}$	максимально допустимая 3-секундная скорость ветра при порывах (м/с) на максимальной высоте подъёма, которая для данного значения грузоподъёмности в таблице грузоподъёмности дана.
$v_{\text{тек.}}$	текущая измеренная скорость ветра (м/с).
$v(z)$	Средняя скорость ветра в интервале 3-х секунд на высоте "z" над землёй (м/с).
p	скоростное давление (давление на тело, создаваемое при обтекании ветром, N/m^2)
F_w	ветровая нагрузка (усилие на тело, создаваемое при обтекании воздухом)
m_H	поднимаемый груз (т) (в т.ч. строповочные средства, крюковая подвеска и, возможно, часть грузового каната). Поднимаемый груз должен быть не больше указанного в таблице грузоподъёмности.



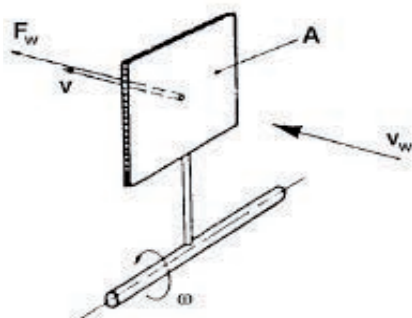
В данном документе при любом описании скорости ветра всегда имеется в виду скорость ветра в порыве, поскольку она всегда выше, чем обычная скорость ветра. В связи с этим при расчёте всегда нужно брать за основу скорость ветра в порыве.



1. Введение и постановка проблемы

Часто ветер и его порывы являются недооценёнными факторами при несчастных случаях с пневмоколёсными или с гусеничными кранами. При подъёме грузов с большой парусностью, как, например, лопасти или собранные роторы ветросиловых установок (WKA), случается, что предписанные в EN 13000 стандартные значения (ср. приложение гл. 7.3), которые являются основой для расчёта крана, могут быть заметно превышены.

Таковыми стандартными значениями являются, например, т.н. **коэффициент воздушного сопротивления** (c_w) или значение для расчёта т.н. **площади проекции** груза. Оба значения вместе дают представление о фактической **площади ветровой нагрузки (парусности)** груза. Именно при грузах с большой парусностью (специальные варианты нагрузки) значения скорости ветра, приведённые в таблицах грузоподъёмности, могут стать недействительными для работы с краном. Для этого специального варианта нагрузки должна быть определена новая скорость ветра, более низкая по отношению к ранее допустимой.



картинка 1: Принцип сопротивления

Какую роль играет ветер при превышении этих стандартных значений?

Когда ветер попадает на какую-то поверхность, он создаёт усилие на эту поверхность (**сила сопротивления**), действующее в направлении ветра.



картинка 2: Принцип подъёмной силы

У несущей поверхности или у ротора действует дополнительно т.н. **подъёмная сила**. Площадь/длина верхней стороны крыла больше, чем нижней его стороны. Поэтому на верхней стороне воздух должен двигаться быстрее, чем на нижней. Из-за этого образуется разрежение на верхней стороне и повышенное давление - на нижней. Из-за возникающей таким образом подъёмной силы крыло будет отжиматься вверх.

Сила ветра действует так же, как и сам груз. Она может увеличивать или уменьшать нагрузку. Причиной этого являются т.н. **принцип сопротивления** и **принцип подъёмной силы**.

Влияние ветра на груз

Принцип сопротивления

Принцип подъёмной силы



1. 1 Влияние ветра на кран и груз

Аналогичным образом это имеет место также для крана:



картинка 3: Ветер спереди и сзади



картинка 4: Ветер сбоку



Опасность аварии (несчастного случая)!

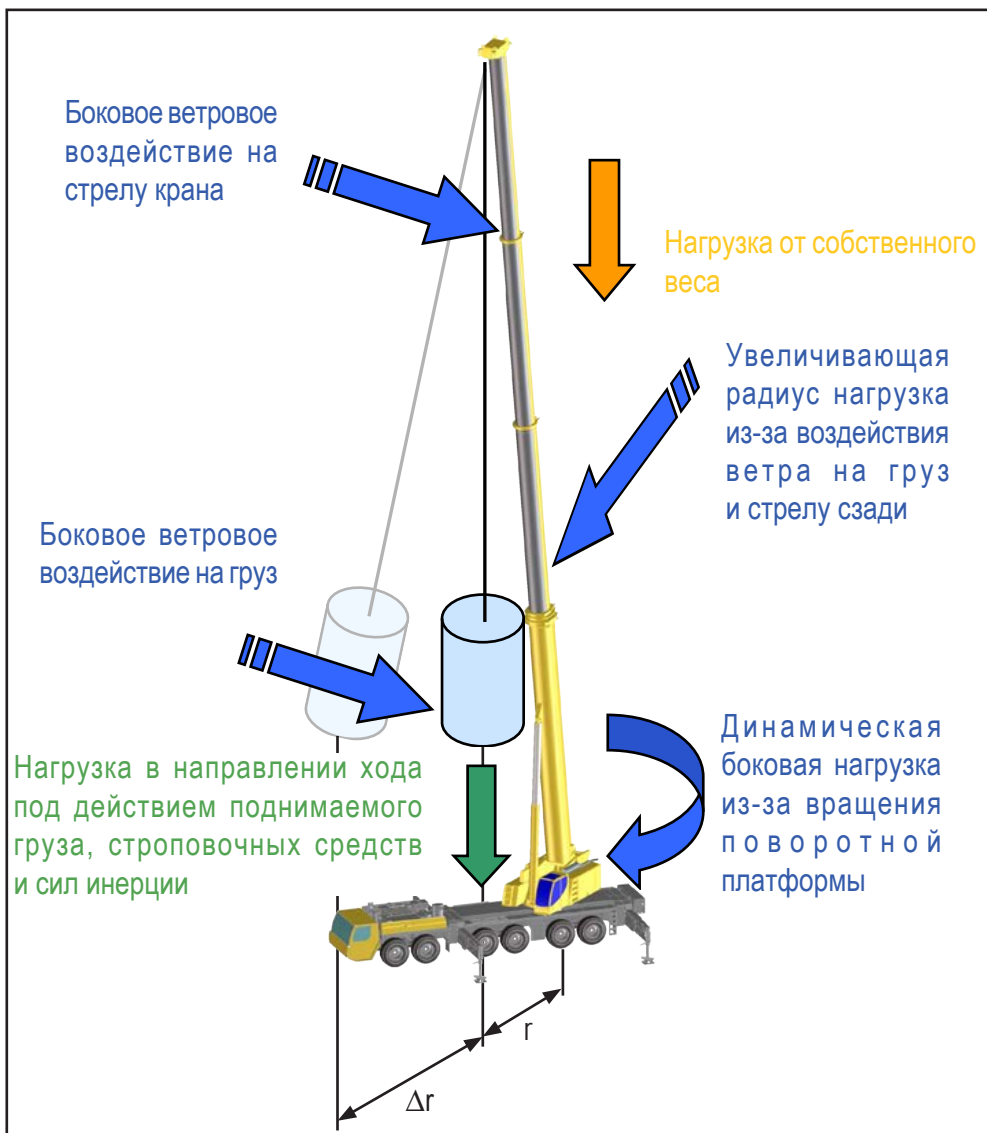
Ветер спереди **не уменьшает** нагрузку на кран, грузовой канат, блоки грузового каната и грузовую лебедку, т.к. вес груза продолжает действовать на них (см. гл. 4.1.1). При ветре спереди эти конструктивные группы могут быть перегружены во время подъема груза еще до срабатывания системы ограничения грузового момента (ОГМ)! При ослабевании ветра спереди весь кран может быть перегружен под действием натяжения стрелы, если перед этим нагрузка привела к отключению системой ОГМ! **Поэтому машинист крана обязан знать вес груза и не превышать максимальную грузоподъемность!**



Особенно опасным является воздействие бокового ветра на стрелу крана и на груз. Система ОГМ не воспринимает такое воздействие. В результате кран может быть перегружен.

Система ограничения грузового момента (ОГМ) не показывает дополнительную нагрузку, создаваемую боковым ветром.

Ветер сбоку



Возможная нагрузка на кран

r = радиус
 Δr = увеличенный радиус из-за действия ветра

картинка 5: Нагрузки, которые могут действовать на кран

Если ветер давит на груз, то тот отклоняется в направлении ветра. Это значит, что усилие, создаваемое грузом на стреле, теперь направлено не вертикально вниз. В зависимости от силы ветра, площади ветровой нагрузки (парусности) и направления ветра радиус груза может увеличиться, или на стрелу крана начнут действовать недопустимые боковые усилия.

Влияние ветра на груз



Краткое описание опасностей, связанных с ветром



	Ветер спереди	Ветер сзади	Ветер сбоку
Стрела	Ветер спереди уменьшает нагрузку на стреловую систему . Индикация нагрузки при этом занижается. Отключение по ОГМ происходит только при таком грузе, который превышает максимальную допустимую грузоподъемность.	Ветер сзади увеличивает нагрузку на стреловую систему . Индикация нагрузки при этом завышается. Отключение по ОГМ происходит уже для такого груза, который меньше максимальной допустимой грузоподъемности, указанной в соответствующей таблице.	При ветре сбоку стреловая система получает боковую нагрузку. Индикация груза будет примерно той же, что при работе крана без воздействия ветра. Система ОГМ не учитывает боковой ветер.
Нагрузка	Форма и собственный вес груза имеют большое значение при учёте воздействия ветра. Ветер раскачивает груз, что ведёт к раскачиванию стрелы крана. Из-за этого неравномерного движения (динамика) стрелы загрузка крана повышается. В граничной области может так получиться, что система ОГМ будет постоянно выключать и включать кран. У специальных грузов, таких как, например, ротор, ветер из-за конструктивной формы ротора может уменьшать нагрузку.		

Непредвиденные факторы

Выдающееся техническое исполнение и качество кранов, многолетний производственный опыт, а также высокая квалификация машинистов крана и профессиональное планирование использования перед работами с краном значительно снижают риск аварии (несчастного случая) при работе. И все-таки: такие факторы, как, например, внезапные порывы ветра, невозможно точно просчитать заранее. Такие понятия как площадь ветровой нагрузки и площадь ветровой проекции, c_w -значение, порывы ветра, скорость ветра, ветровая нагрузка или классы неровности будут разъяснены далее.

Что это значит для работы крана при действии ветра?

Новый расчёт макс. допустимой скорости ветра

При планировании использования, в особенности при грузах с большими площадями проекции и/или c_w -значениями, максимально допустимые скорости ветра, приведённые в таблицах грузоподъёмности, должны быть уменьшены.

Лицо, ответственное за использование крана, обязано обладать базовыми знаниями в области ветровых воздействий при работе крана. Это лицо должно также уметь заново рассчитать требуемое снижение допустимой скорости ветра при специальных вариантах нагрузки грузами с большой парусностью.

Максимально допустимая скорость ветра ($v_{\text{макс.}}$) и максимально допустимая скорость ветра из таблицы грузоподъёмности ($v_{\text{макс.Таб}}$) всегда относятся к 3-секундной скорости ветра при порывах, имеющей место на максимальной высоте подъёма.



1. 2 Упражнения

Упражнение 1

Какие виды ветра могут воздействовать на стрелу? (Можно выбрать нескольких вариантов)

- Ветровая нагрузка
- Ветер, связанный с испарением
- Ветер спереди
- Ветровая энергия
- Ветер сзади
- Ветер сбоку



Упражнение 2

Какие виды ветра какое влияние оказывают на систему ограничения грузового момента (ОГМ)?

(Ответ)

Отключение по ОГМ происходит уже для такого груза, который меньше максимальной допустимой грузоподъёмности, указанной в соответствующей таблице.

(Ответ)

Отключение по ОГМ происходит только при таком грузе, который превышает максимальную допустимую грузоподъёмность.

(Ответ)

Отключение по ОГМ не происходит.

Упражнение 3

Как действует ветер на груз на кране? (Можно выбрать нескольких вариантов)

- Никак.
- Груз может начать раскачиваться.
- Груз может начать вращаться на канате.
- Радиус груза может увеличиться.



Как возникает ветер?

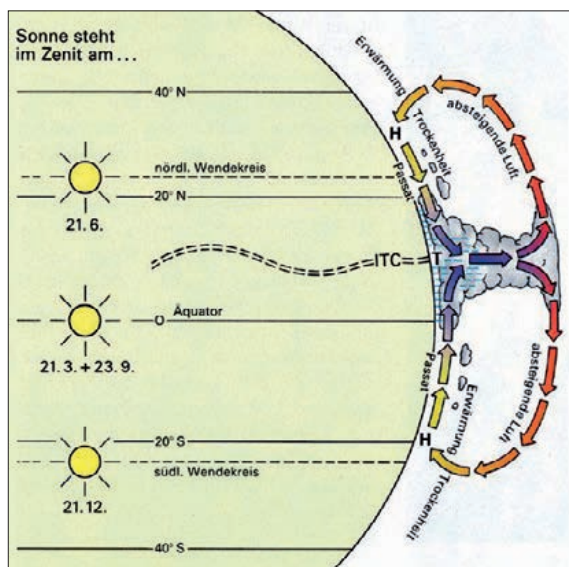
2. Основные сведения по теме "Ветер"

В этой главе будут даны основные сведения о природе ветра и разъяснены специфические для этой области термины.

Ветер - это движущийся воздух. Это движение возникает как уравнивающий поток из-за различной температуры воздуха и возникающей из-за этого разницы давлений между областями высокого и низкого давления.

Движущей силой ветра является солнечное излучение. Оно с разной интенсивностью действует на Землю и её воздушную оболочку: перпендикулярно - на экваторе и только по касательной - на полюсах. Земля и воздушные массы на экваторе нагреваются, воздух становится легче и поднимается вверх. Жара над тропиками, холод над полярными районами: это не может так оставаться - природа стремится к равновесию. И тёплый воздух течёт - на верхней границе тропосферы - туда, где холоднее.

По пути на север воздух теряет столько тепла, что, наконец, становится тяжёлым и холодным опускается к земле. Возникает круговорот: в верхних слоях атмосферы тёплый воздух проникает в полярный регион. На земле холодный воздух, будто всасываемый пылесосом, течёт назад к тропикам. Воздух, движущийся от экватора, никогда не достигает полюса: вращение земли отклоняет его далеко в сторону. Оно также приводит во вращение области высокого и низкого давления.



картинка 6: Возникновение ветра

Наибольшая скорость ветра, измеренная на настоящий момент в Германии, была примерно 335 км/час. Она была зарегистрирована 12 июня 1985 гда на горной вершине Цугшпитце (Альпы). Это соответствовало по расчёту значению 23,1 по шкале Бофорта.

Бофорт (бфт) - это "произвольная" единица измерения. Она отражает субъективное ощущения от ветра. Однако "бофорт" (бфт) находится в прямой связи с физически измеряемой скоростью ветра. Приведённый ниже рисунок показывает связь скорости и силы ветра.

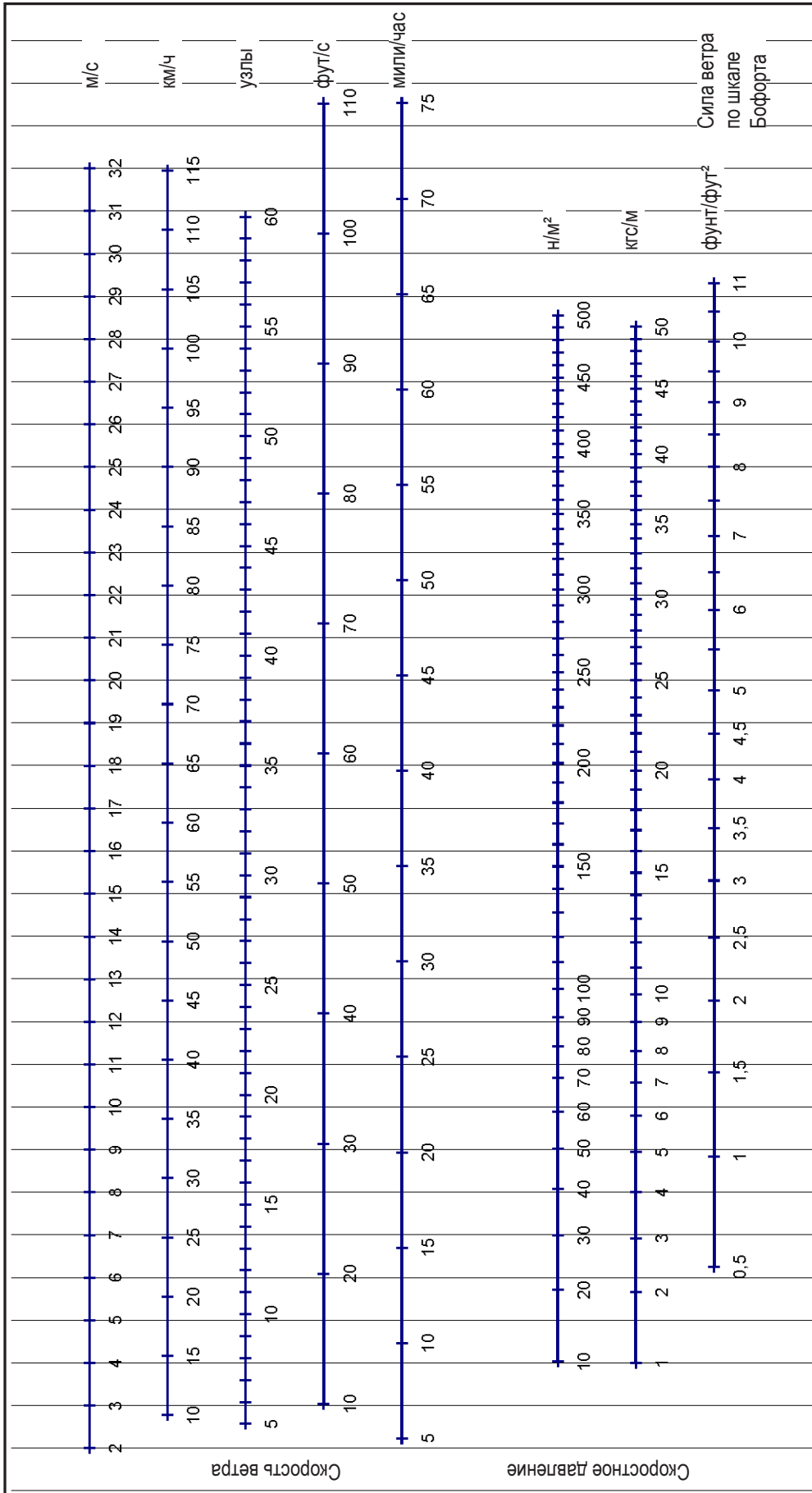


Диаграмма силы ветра

картинка 7: Связь силы и скорости ветра



Что такое порыв ветра?

2. 1 Порывы ветра и неровности поверхности

Порывом ветра называют кратковременное резкое и сильное увеличение скорости ветра. Каждый раз люди удивляются, если в метеосводке говорится, например, о ветре со скоростью 33 км/ч, т.к. есть впечатление, что ветер намного сильнее.

На самом деле при порыве ветра речь идёт о **кратковременном резком усилении ветра**, которое, независимо от средней скорости ветра, воздействует сильнее. Так, при порыве скорость ветра может быть 60 км/ч или более, тогда как среднее значение будет заметно ниже.

Поэтому порывы ветра могут быть также **очень опасными**, так как они возникают непосредственно на месте использования крана и длятся недолго. При этом проблемой является не длительность, а внезапное воздействие значительно более сильного движения воздуха, чем позволяет ожидать остальной ветер.

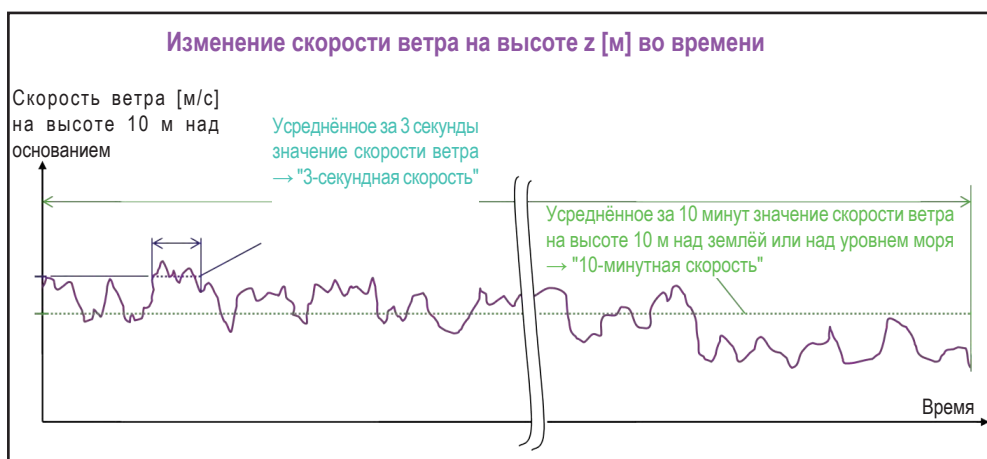


картинка 8: Автобус, опрокинутый порывом ветра

Порывы ветра могут привести к опасным ситуациям не только в уличном движении.

Определение понятия "порыв ветра" согласно EN 13000

Скорость порыва ветра является средним значением скорости ветра, измеренной за **3 секунды**. Скорость порыва ветра выше средней скорости ветра определяемой за промежуток времени 10 минут.



картинка 9: Иллюстрация по определению скорости порыва ветра

Имеются внешние условия, которые могут увеличить скорость порыва ветра или уменьшить её:

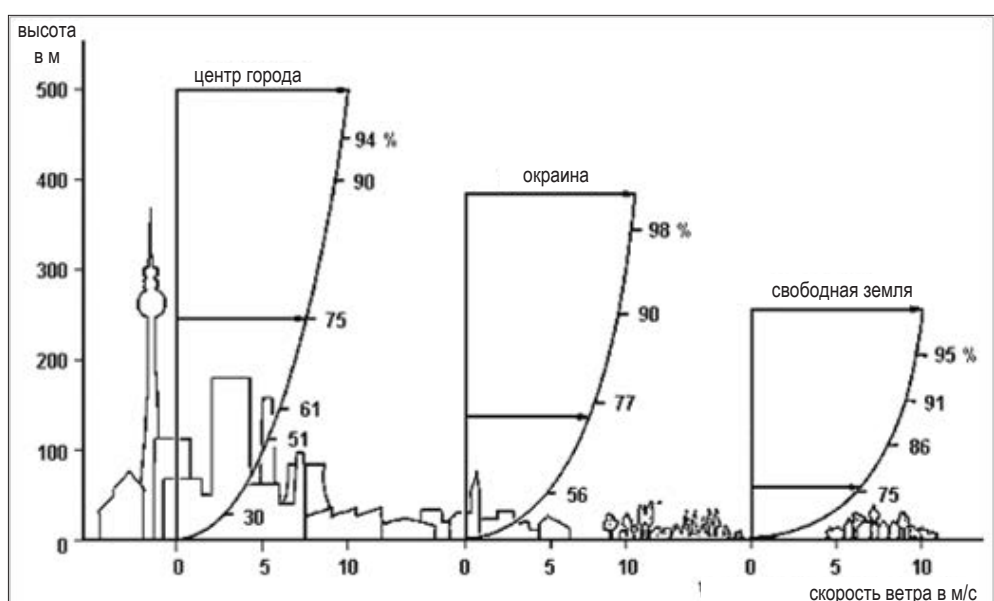
- здания
- узкие долины и ущелья
- гладкая водяная поверхность
- высота над землёй



Воздействие ветра при работе крана

Высоко над землёй, примерно на высоте 1 километр, ветер уже больше не испытывает влияния свойств поверхности земли. В более низких воздушных слоях атмосферы трение о поверхность земли снижает скорость ветра. Различают **неровность** пересечённой местности, влияние препятствий и влияние контуров местности, что обозначают также как "орография" местности.

Уменьшение скорости ветра проявляется тем сильнее, чем неровнее поверхность основания. Леса и большие города, конечно, заметно тормозят ветер, в то время как бетонированные взлётно-посадочные полосы в аэропортах замедляют ветер лишь незначительно. Ещё более гладкими являются водные поверхности, поэтому они имеют ещё меньшее влияние на ветер; и, напротив, - высокая трава, кустарник и заросли значительно его тормозят.



картинка 10: Иллюстрация к различным классам неровности

Специалисты в ветроэнергетической индустрии часто руководствуются классом неровности, если идёт речь об оценке ветровой обстановки на какой-то местности. Местность с большим количеством деревьев и зданий имеет класс неровности 3 - 4, тогда как морская поверхность - класс 0. Бетонированные взлётно-посадочные полосы в аэропортах имеют класс неровности 0,5.

Ветер на большой высоте

Скорость ветра при различных классах неровности



Воздействие ветра при работе крана

Краткое описание классов неровности

Класс неровности	Типы поверхности местности
0	Поверхность воды
0,5	Открытая местность, гладкие поверхности, например, взлётно-посадочные полосы.
1	Открытая местность без заборов и ограждений, возможно с далеко расположенными друг от друга зданиями и очень плавными холмами.
1,5	Местность с несколькими домами и 8-метровыми ограждениями на расстоянии более 1 км друг от друга.
2	Местность с несколькими домами и 8-метровыми ограждениями на расстоянии прим. 500 м друг от друга.
2,5	Местность с множеством домов, кустами и насаждениями или с 8-метровыми ограждениями на расстоянии прим. 250 м друг от друга.
3	Деревни, маленькие города, местность со множеством ограждений или с высокими ограждениями, леса и очень неровная и неплоская территория.
3,5	Средние города с высокими зданиями.
4	Большие города с очень высокими зданиями.

стол 1: Классы неровности



Явление "Эффект сужения"

В городах с высокими зданиями класс неровности равен 4 (см. табл. 2). Поэтому возникает впечатление, что ветер там не очень сильный. Однако в больших городах с высокими зданиями имеются также значительные суженные пространства между домами. Воздух на наветренной стороне домов сжимается, и его скорость значительно возрастает, когда он проходит по узкому пространству между домами. Это явление называют "эффектом сужения". Если нормальная скорость ветра на открытой территории составляет, например, 6 м/с, то в сужении между домами она может достигать значения 9 м/с.



Воздействие ветра при работе крана

2. 2 Информация о ветре и погоде

При работе крана и особенно при подъёме грузов с большой парусностью следует обязательно учитывать воздействие ветра.

Перед началом работы машинист крана должен получить от соответствующей метеослужбы информацию об ожидаемой максимальной скорости ветра. Если ожидается ветер с недопустимой скоростью, то запрещается поднимать груз или стрелу крана.



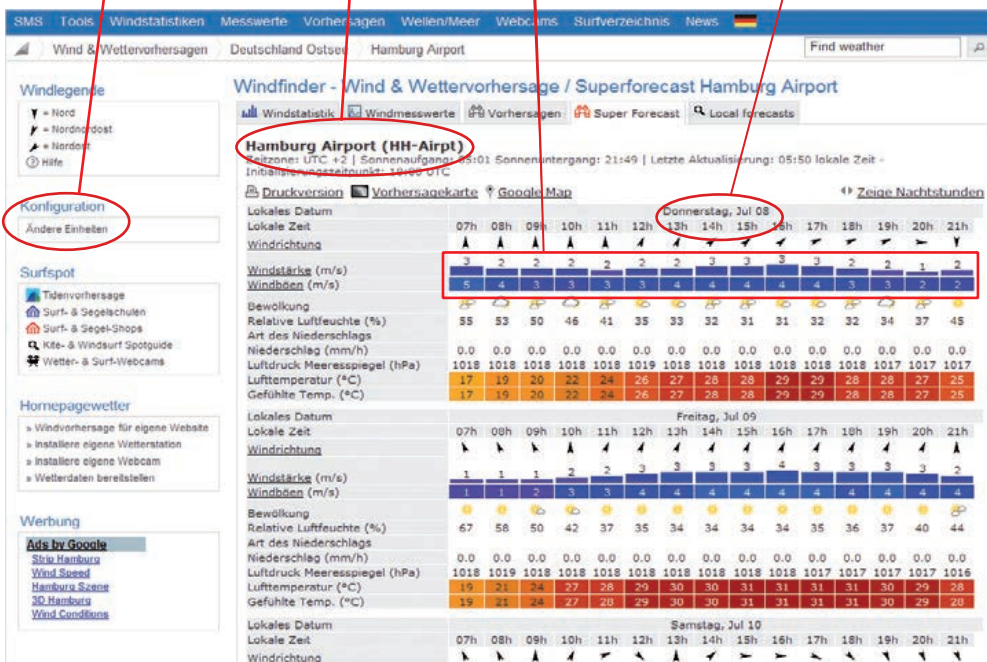
Актуальные данные о погоде можно найти также в **Интернете** (например, www.windfinder.com на закладке "Super Forecast"). Учтите, однако, при этом, что скорость порывов ветра, как здесь в примере, приведена к высоте 10 метров над землёй.

Изменение единицы измерения с [м/с] на [узлы]

Место

Индикация силы ветра или порывов ветра в [м/с] или [узлах]

Дата



Значения силы ветра из Интернета

картинка 11: Скриншот страницы с сайта www.windfinder.com

Если во время перерыва в работе невозможно уложить стрелу крана на стройплощадке, то необходимо получить информацию о скорости ветра на весь периода использования. Значения скорости возможного ветра не должны превышать допустимые значения из таблицы значений ветра.





Скорость ветра
в зависимости
от высоты

2. 2. 1 Скорость ветра в порыве в зависимости от высоты

Метеослужба, как правило, предоставляет информацию о скорости ветра, усреднённую за 10 минут, и/или соответствующую скорость ветра в порыве для высоты 10 м. В зависимости от того, какая из данных видов информации имеется, для определения скорости ветра в порыве на высоте необходимо учитывать другие факторы. Они представлены в следующей таблице.

Если метеослужба представила информацию о скорости ветра в порыве для высоты 10 м, то для расчёта данной скорости на соответствующей рабочей высоте необходимо использовать факторы, указанные в колонке, отмеченной синим цветом.

Если же указаны только значения скорости ветра, усреднённые за 10 минут, то следует использовать значения из жёлтой колонки. Данные факторы позволяют рассчитать скорость ветра в порыве на имеющейся рабочей высоте.

Рабочая высота	Факторы при имеющейся скорости ветра, усреднённой за 10 минут, для высоты 10 м	Факторы имеющейся скорости ветра в порыве для высоты 10 м
10	1,400	1,000
20	1,502	1,073
30	1,566	1,119
40	1,614	1,153
50	1,653	1,181
60	1,685	1,204
70	1,713	1,224
80	1,738	1,241
90	1,760	1,257
100	1,780	1,272
110	1,799	1,285
120	1,816	1,297
130	1,832	1,309
140	1,847	1,319
150	1,861	1,329
160	1,874	1,339
170	1,887	1,348
180	1,899	1,356
190	1,910	1,364
200	1,921	1,372

стол 2: Факторы для определения скорости ветра в порыве в зависимости от высоты, исходя из скорости ветра / ветра в порыве на высоте 10 м

Пример
 $6,2 \text{ м/с} \times 1,272 = 7,89 \text{ м/с}$

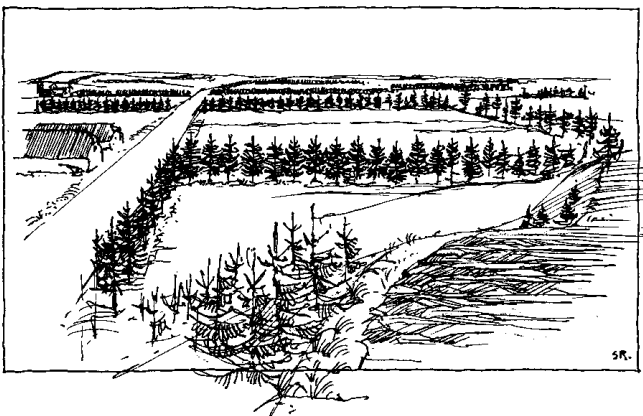
Например, вы получили от метеослужбы значение скорости ветра в порыве, составляющее 6,2 м/с для высоты 10 метров над землей. Ваша максимальная рабочая высота составляет, например, 100 метров. Согласно расчёту (см. слева) скорость ветра в порыве на высоте 100 м составляет 7,89 м/с. Согласно таблице грузоподъёмности при максимально допустимой скорости ветра в порыве 9 м/с подъём груза выполнять разрешается.



2. 3 Упражнения

Упражнение 4

На основании табл. 1 "Классы неровности" определите, какая неровность имеется на обоих нижеприведённых рисунках.



Ответ:

картинка 12: Определите класс неровности.



Ответ:

картинка 13: Определите класс неровности.

Упражнение 5

Что понимают в соответствии с EN 13000 под "порывом ветра"?

- Небольшой ветер из-за разницы давления воздуха
- Сильный и короткий удар ветра
- Сильный удар ветра длительностью более 3 секунд со скоростью, превышающей среднюю

Упражнение 6

Определите с помощью рисунка 11 (страница 17) и таблицы 2 (страница 18), какова скорость ветра в порыве на высоте 140 метров в аэропорту Гамбурга 9 июля в 15:00?

Ответ:

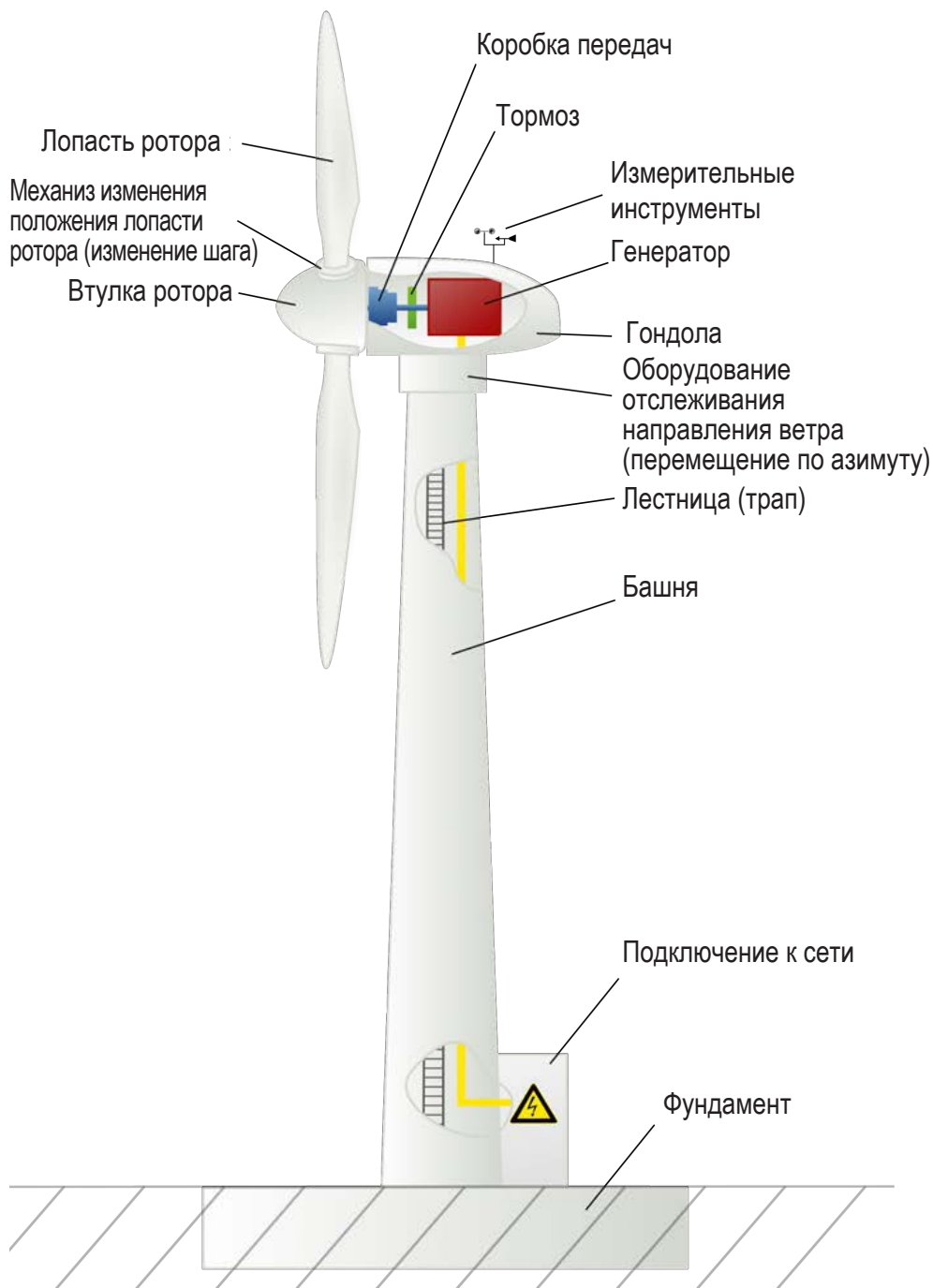


3. Экскурс - схема ветроэнергетической установки

В этой главе будет схематически описана ветровая установка. Также будет показано, как меняется скорость ветра с высотой.

Люди используют силу ветра уже много столетий. Развитие всё более мощных **ветроэнергетических установок** идёт вперёд. Высота мачт, на которые устанавливают оборудование, растёт. Размеры новых установок впечатляют. На оси, расположенной на высоте до 135 метров, вращается ротор с диаметром 126 метров. Для сравнения: размах крыльев самолёта "Airbus A380" составляет почти 80 метров.

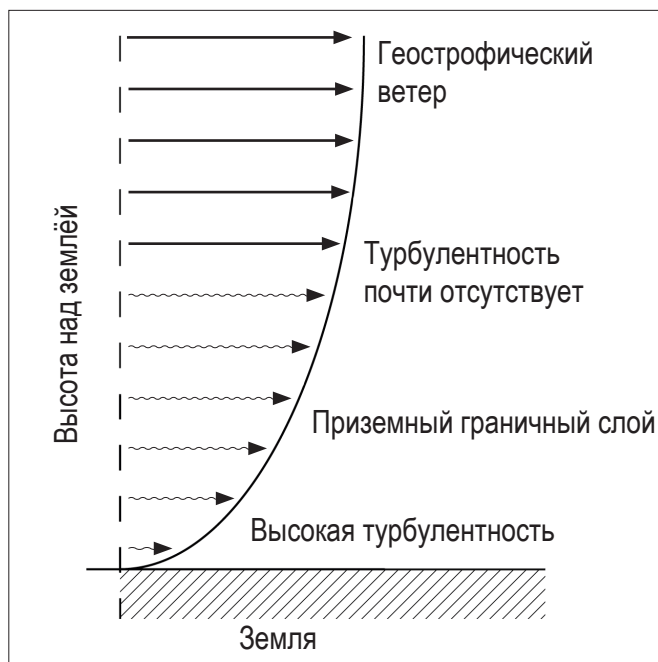
Конструктивные узлы ветроэнергетической установки





Воздействие ветра при работе крана

Если устанавливают ветроэнергетические установки или целый ветропарк, то, в основном, это происходит там, где чаще всего дует ветер. Каждый метр, на который появляется возможность проникнуть выше в атмосферу, улучшает отдачу. Рассмотрение вертикального **строения атмосферы** показывает, что только её нижний слой подходит для использования энергии ветра. Это связано со структурой околосемных воздушных слоёв. При увеличивающейся высоте неровность поверхности земли имеет всё меньшее влияние на скорость ветра. Поэтому на больших высотах ветер дует равномернее и характеризуется, в основном, меньшей турбулентностью. Это очень помогает изготовителям ветроэнергетических установок.



картинка 14: Турбулентность на различной высоте

Другим фактом является то, что скорость ветра убывает к земле. Если рассматривать установку с высотой ступицы 40 м и диаметром ротора 40 м, то на острие лопасти **в самой верхней позиции** ротора будет действовать ветер со скоростью, например, 9,3 м/с. Однако **в самой нижней точке** скорость ветра на лопасти ротора будет только 7,7 м/с. Это значит, что усилие на лопасть ротора (нагрузка на подшипник) в самой верхней позиции будет значительно выше, чем в самой нижней.

Структура слоёв воздуха

Виды турбулентности



4. Факторы расчёта силы ветра

В данной главе даны специальные термины и основы расчёта, требуемые для определения влияния ветра при работе крана. Также здесь будет показано как определять допустимую скорость ветра из графика.

Следующие факторы имеют основное значение при расчёте ветровых нагрузок:

- Вес груза
- Максимальная площадь проекции
- c_w -значение
- Максимальная скорость ветра
- Площадь ветровой нагрузки (парусность)
- Скоростное давление

4. 1 Получение имеющихся значений

Перед началом использования крана должны быть получены следующие сведения:

- **вес груза** (m_H) (см. гл. 4.1.1)
- **максимальная площадь проекции** (A_p) груза (см. гл. 4.1.2)
- **коэффициент сопротивления** (c_w -значение) (см. гл. 4.1.3)
- **текущая скорость ветра** (v_{act}) (см. гл. 4.1.4)

4. 1. 1 Вес груза (m_H)

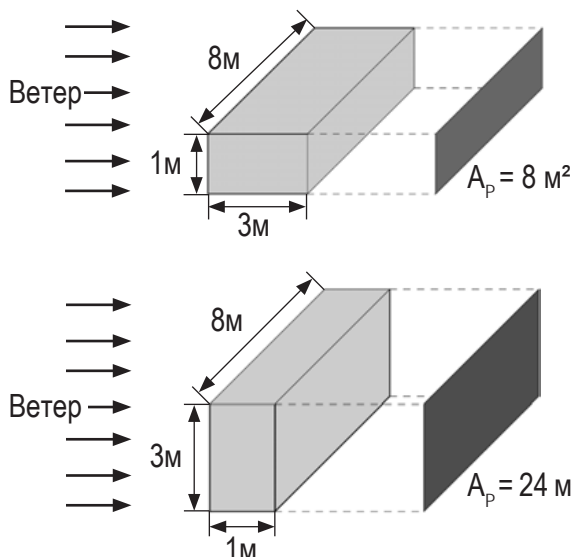
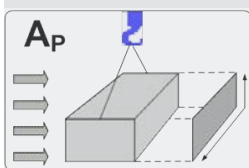
Вес подлежащего подъёму груза (сам груз и крюк) измеряют в килограммах (кг) или тоннах (т). Машинист крана может узнать вес груза в накладной и/или считать его непосредственно на грузе и/или выяснить у изготовителя. Если вес, c_w -значение и площадь проекции неизвестны, то подъём запрещён.

4. 1. 2 Максимальная площадь проекции (A_p)

Если какое-либо тело освещать источником света, то оно будет отбрасывать тень. Эта тень представляет собой **площадь проекции** A_p тела. Если на тело вместо света действует ветер, то возникнет аналогичная тень (площадь проекции). В зависимости от направления ветра эта тень может быть больше или меньше. Значение максимальной площади проекции можно получить у изготовителя груза.

Определение понятия "Вес поднимаемого груза"

Определение понятия "Площадь проекции"



На примере слева можно видеть, что предмет может иметь различные площади проекции. Поэтому следует всегда принимать максимальную площадь проекции какого-либо груза или тела.

Чем больше площадь проекции, тем больше площадь воздействия для ветра.



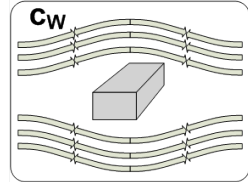
Воздействие ветра при работе крана

4. 1. 3 c_w -значение

Когда воздух обтекает какое-либо тело, то при этом происходит торможение воздуха. Тело является препятствием для воздуха (аэродинамическое сопротивление). Аэродинамическое сопротивление зависит от формы тела. Чтобы описать форму тела, используют **коэффициент сопротивления**.

Коэффициент сопротивления (c_w -значение) какого-либо тела показывает, какое сопротивление оказывает данное тела для воздуха. c_w -значение можно получить у изготовителя груза.

Определение понятия "Коэффициент сопротивления"



Предмет	Коэффициент сопротивления c_w
Пластина / параллелепипед 	1,1 - 2,0
Цилиндр 	0,6 - 1,0
Сфера 	0,3 - 0,4
Полусфера (спереди) 	0,2 - 0,3
Полусфера (сзади) 	0,8 - 1,2
Ротор ветроэнергетической установки 	ок. 1,6

стол 3: c_w -значения наиболее распространённых тел

4. 1. 4 Текущая скорость ветра ($v_{тек.}$)

Текущую **скорость ветра** задают в [м/с] или [км/ч]. Перед началом работы необходимо в компетентной метеорологической службе или в Интернете (например, на сайте www.wetterfinder.com) получить информацию об ожидаемой скорости ветра. Если ожидается недопустимая скорость ветра, то груз поднимать запрещается!

Текущую скорость ветра можно получить также с **анемометра** и считать с помощью компьютерной системы LICCON.

Где можно узнать текущую скорость ветра?



Текущее значение датчика ветра на кране нельзя использовать в качестве единственной расчётной основы для подъёма груза. Перед подъёмом груза всегда необходимо получать от соответствующей метеослужбы или из интернета информацию об ожидаемой/текущей скорости порывов ветра / скорости ветра на период всего подъёма.

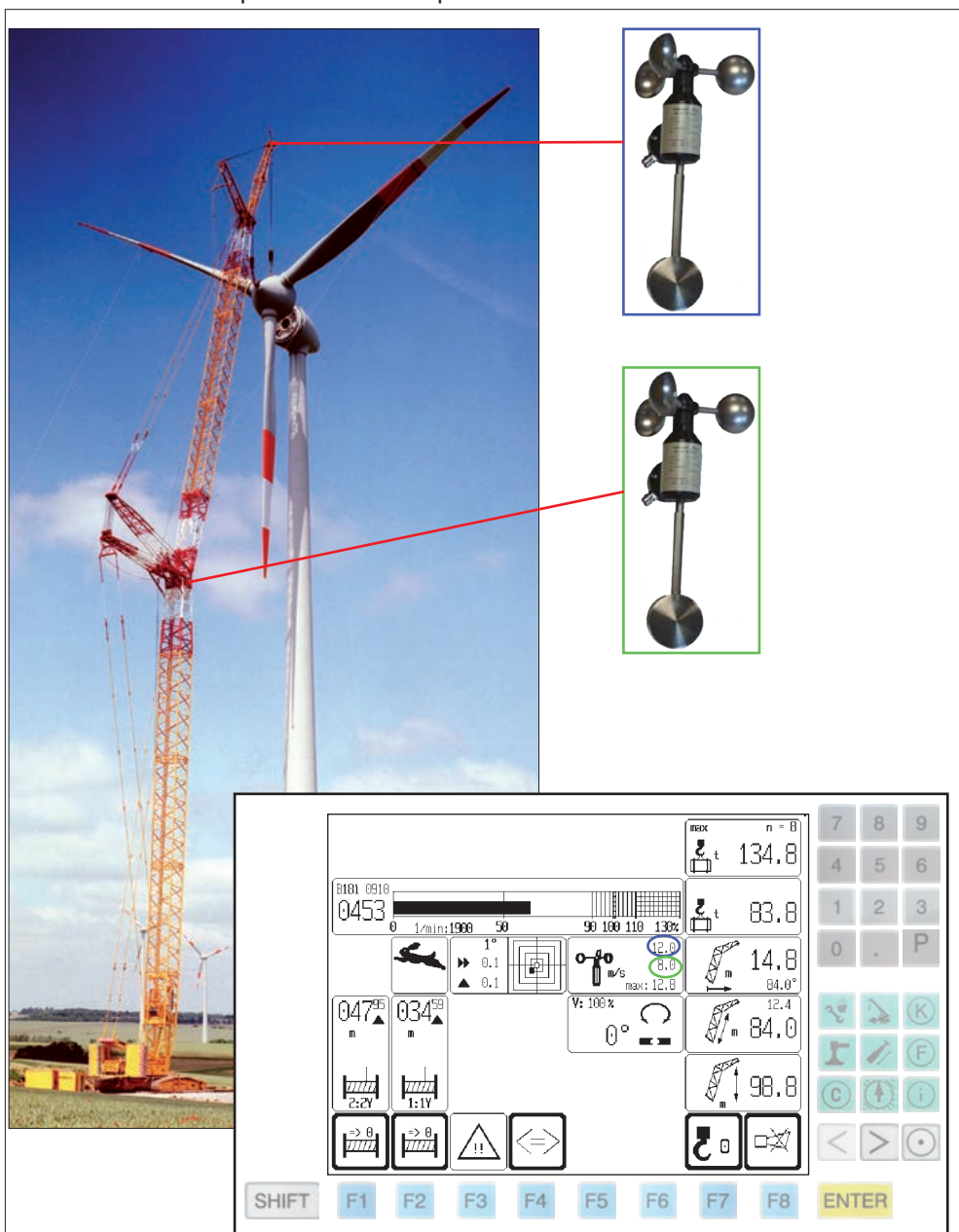


Датчик скорости ветра (анемометр)

На кране можно устанавливать до **двух датчиков ветра**. Предупреждение о ветре появляется в рабочем окне компьютерной системы LICCON. Если текущее значение скорости ветра превышает указанное максимальное значение, то начинает мигать символ «Предупреждение о ветре» и звучит звуковой сигнал тревоги >>КОРОТКИЙ ГУДОК<<. Однако движение крана не отключается. Необходимо максимально быстро завершить подъём груза и при необходимости уложить стрелу. При этом следует учитывать допустимую скорость ветра, указанные в таблице значений ветра или в таблице установки и укладки на опору.

Верхнее значение в символе "Предупреждение о ветре" рабочего окна показывает значение анемометра на неподвижном удлинителе.

Нижнее значение в символе "Предупреждение о ветре" рабочего окна показывает значение анемометра на главной стреле.



картинка 15: Позиции установки анемометров и рабочее окно LICCON



Воздействие ветра при работе крана

4. 2 Получение и/или расчёт отсутствующих значений

На основе имеющихся сведений можно рассчитать следующие значения:

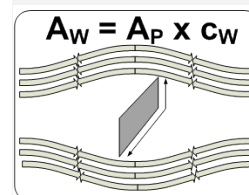
- Площадь ветровой нагрузки (парусность) (см. гл. 4.2.1)
- Допустимая скорость ветра из справочника с таблицами грузоподъёмности (см. гл. 4.2.2)
- Скоростное давление (см. гл. 4.2.3)
- Ветровая нагрузка (см. гл. 4.2.4)

4. 2. 1 Площадь ветровой нагрузки (парусность) (A_W)

Площадь ветровой нагрузки (парусность) A_W показывает площадь воздействия ветра с учётом сопротивления тела. Её получают из значения площади проекции A_P и c_W -значения.

Формула площади ветровой нагрузки (парусности) (A_W):

$$A_W = A_P \cdot c_W$$



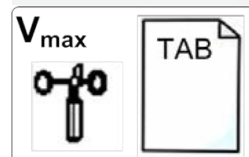
4. 2. 2 Допустимая скорость ветра из справочника с таблицами грузоподъёмности

В справочнике с таблицами грузоподъёмности для каждой таблицы имеется расчётная максимально допустимая скорость ветра. Она, однако, зависит от длины стрелы и от конфигурации крана. Для расчёта используют стандартные значения из EN 13000 (расчётное значение для груза 1,2 м² на тонну).

Если текущая скорость ветра превышает допустимую из таблицы грузоподъёмности, то работа крана должна быть прекращена, а стрела уложена до тех пор, пока допустимая скорость ветра согласно таблицы скорости ветра для данного крана остаётся превышенной.

Допустимая скорость ветра из справочника с таблицами грузоподъёмности

	1	92 -	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 -	46 -	92 -
	2	46 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +
	3	46 +	0 +	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +
	4	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +
	5	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +
	m/s	11,1	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1



картинка 16: Выписка из таблицы грузоподъёмности с данными о допустимой скорости ветра для каждой конфигурации телескопической стрелы. / конфигурация решётчатой стрелы



Воздействие ветра при работе крана

Определение
Скоростное да-
вление

4. 2. 3 Скоростное давление (p)

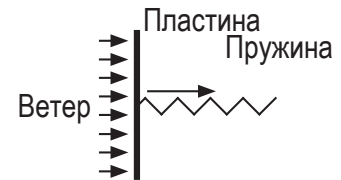
Если ветер встречает подпружиненную пластину (см. график справа), то он её обтекает. При этом часть ветра давит на поверхность этой пластины. Такой подпор имеет следствием повышение давления, которое давит на пластину против усилия пружины. Это давление называют **скоростным**.

Если скорость ветра (v) увеличивается **вдвое**, то скоростное давление возрастает **вчетверо**.

Плотность воз-
духа:
 $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$

Формула скоростного напора (p):

$$p = F_w : A_w \quad \text{или} \quad p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2$$



Определение
понятия "Сила"

4. 2. 4 Ветровая нагрузка (F_w)

Чтобы привести в действие ветровое колесо, требуется сильный ветер. Это значит, что **скоростное давление** ветра должно быть таким большим, что ротор начал бы вращаться. Чем площадь ветровой нагрузки (парусность) ротора больше, тем меньшим должно быть скоростное давление ветра, чтобы привести ротор в движение.

Формула ветровой нагрузки (F_w):

$$F_w = A_w \cdot p$$



4. 3 Упражнения

Упражнение 7

Используя кран, требуется заменить стекло на стеклянном фасаде. Оконное стекло имеет площадь проекции 2,6 м² и c_w-значение 1,2. Рассчитайте площадь ветровой нагрузки (парусность).

Ответ:

$$A_w = \quad \text{м}^2$$

Упражнение 8 (впишите текст в пропуски!)

Если скорость ветра превышает скорость ветра из таблицы грузоподъёмности, то работа крана должна быть, а стрела должна быть до тех пор, пока допустимая скорость ветра из таблицы грузоподъёмности крана

Упражнение 9

Исходя из рисунка 16 (страница 25), определите допустимую скорость ветра при наличии телескопической стрелы в следующей конфигурации 92-/46+/46+/46+/0.

Ответ:



5. Определение допустимой скорости ветра

Максимально допустимая скорость ветра может быть определена следующим образом:

- Способ (1): график ветровых нагрузок (см. гл. 5.1)
- Способ (2): формула (см. гл. 5.2)
- Способ (3): определение максимально допустимой скорости ветра по прежним справочникам таблиц грузоподъёмности (диаграмма 1 и 2) больше не применяется.

5. 1 Способ (1): График ветровых нагрузок

Данная форма получения значения допустимой скорости ветра является составной частью таблиц грузоподъёмности. В данной главе дана информация об этом методе.

Если парусность груза превышает $1,2 \text{ м}^2$ на тонну груза, то значения максимально допустимой скорости ветра из таблицы грузоподъёмности больше **не действуют**.

Сравните в этом случае значения максимально допустимой скорости ветра из таблицы грузоподъёмности со значением скорости ветра из **графика ветровых нагрузок**. Эти значения должны совпадать; несовпадение означает, что взяты неправильные значения скорости ветра из неправильного графика ветровых нагрузок. Это может привести к аварии (несчастному случаю).



Для определения максимально допустимой скорости ветра с помощью графика ветровых нагрузок сначала необходимо отметить поднимаемый груз m_n (груз + строповочные средства) на горизонтали (см. линию 1).

Дальше нужно отметить площадь ветровой нагрузки A_w (площадь проекции \times значение c_w) на вертикали (см. линию 2).

Значение максимально допустимой скорости ветра находится в точке пересечения.





Пример 1

$$280 \text{ м}^2 / 65 \text{ т} = 4,31 \text{ м}^2/\text{т}$$



5. 1. 1 Пример определения максимально допустимой скорости ветра для специального варианта нагрузки

Подлежащий подъёму груз весит **65 т**, имеет c_w -значение **1,4** и при площади проекции **200 м²** имеет площадь ветровой нагрузки **280 м²**. При делении площади ветровой нагрузки на вес груза получаем значение 4,31 м² на тонну. Это значение превышает максимальное значение площади ветровой нагрузки (парусности), равное 1,2 м² на тонну. Для требуемого состояния оснастки значение максимальной скорости ветра согласно таблицы грузоподъёмности составляет 11,1 ‰. На базе графика ветровых нагрузок 11,1 ‰ (см. рис. 22 стр. 32) необходимо определить максимально допустимую скорость ветра.

Максимально допустимая скорость ветра для данного груза составляет 5,9 ‰.

Полученное максимально допустимое значение скорости ветра 5,9 ‰ не будет передано в компьютерную систему LICCON. При превышении полученного максимально допустимого значения скорости ветра 5,9 ‰ предупреждение не будет выдано. Поэтому машинист крана обязан сам отслеживать значение скорости ветра в компьютерной системе LICCON. Если скорость ветра достигла полученного максимального допустимого значения, то подъём груза должен быть прекращён.

5. 1. 2 Пример определения максимально допустимой скорости ветра для стандартного варианта нагрузки

Пример 2

Площадь ветро-
вой нагрузки
(парусность)
 $1,2 \cdot 50 \text{ м}^2 =$
60 м²

Груз весит **85 т**, имеет c_w -значение **1,2** и площадь проекции **50 м²**. При c_w -значении 1,2 и площади проекции 50 м² получается площадь ветровой нагрузки (парусность) **60 м²**. При делении площади ветровой нагрузки на вес груза получаем значение 0,71 м² на тонну. Максимальное значение скорости ветра в таблице грузоподъёмности для данного примера составляет 9 ‰. Поэтому необходимо использовать график ветровых нагрузок со 9 значением ‰.

Проведите на **графике ветровых нагрузок 9,0 ‰** (см. рис. 19 стр. 31) при значении площади ветровой нагрузки (парусности) **60 м²** **линию 1** вертикально вверх. Затем при значении подлежащего подъёму груза **85 т** проведите горизонтальную **линию 2** вправо. Обе линии пересекутся в точке перед прямыми для 9 ‰.

Это значит, что данный груз можно поднять до максимальной скорости ветра 9 ‰, как указано в таблице грузоподъёмности.

Упражнение 10

Для определения максимально допустимой скорости ветра нанесите значения из примера 5.1.1 на соответствующий график ветровых нагрузок на следующих страницах.

Упражнение 11

Для определения максимально допустимой скорости ветра нанесите значения из примера 5.1.2 на соответствующий график ветровых нагрузок на следующих страницах.

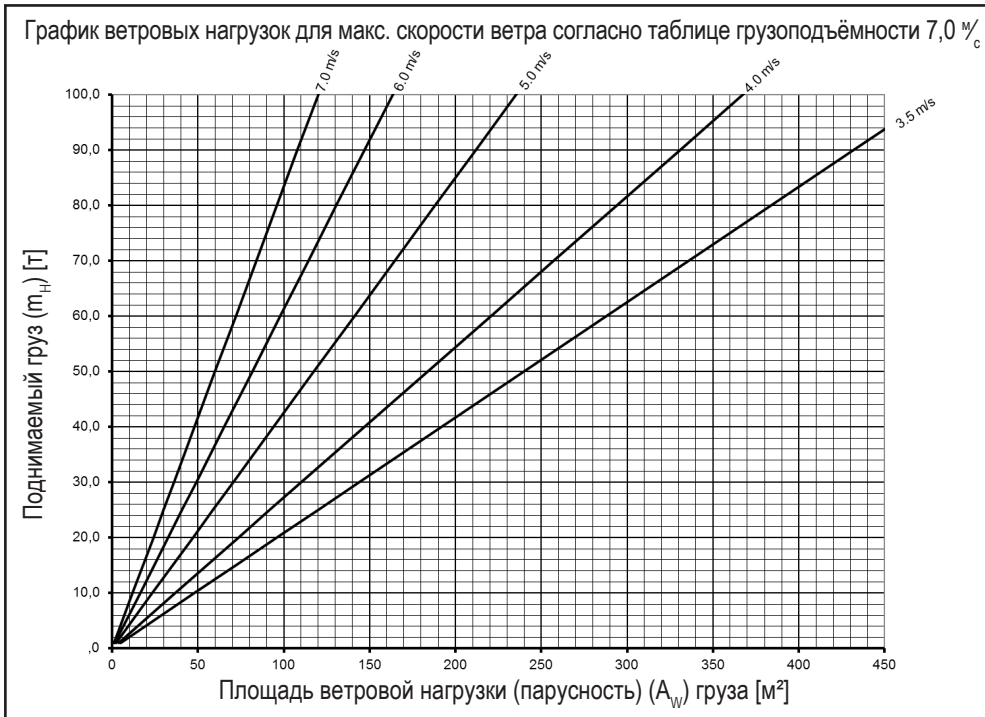


График ветровых нагрузок 7,0 м/с

картинка 17: График ветровых нагрузок 7,0 м/с (действительно только для таблиц с макс. скоростью ветра 7,0 м/с)

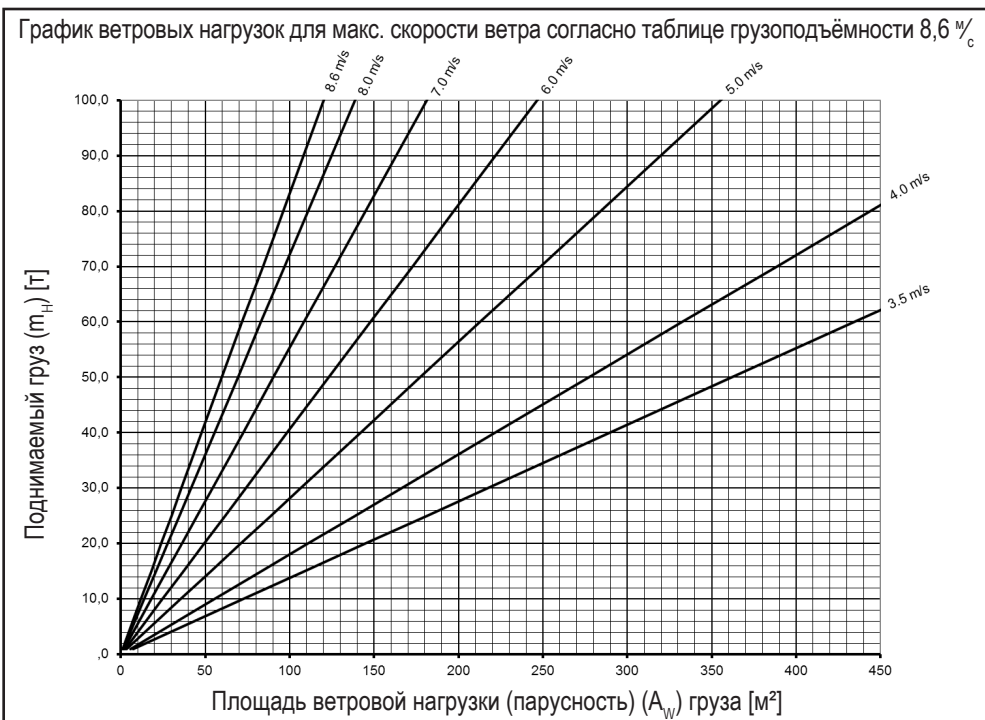
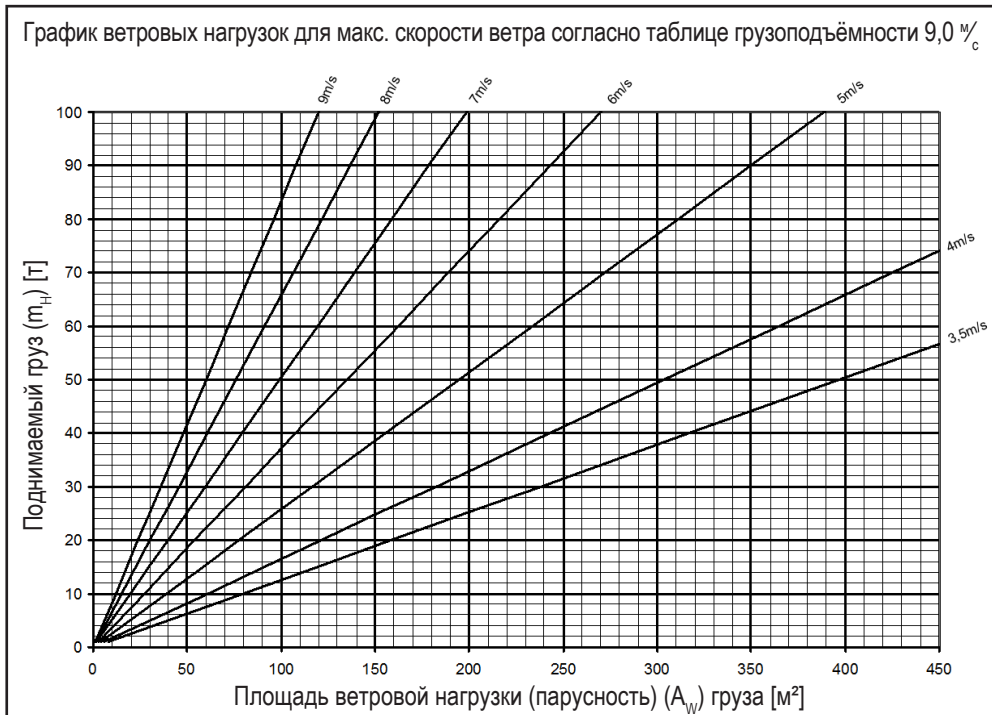


График ветровых нагрузок 8,6 м/с

картинка 18: График ветровых нагрузок 8,6 м/с (действительно только для таблиц с макс. скоростью ветра 8,6 м/с)

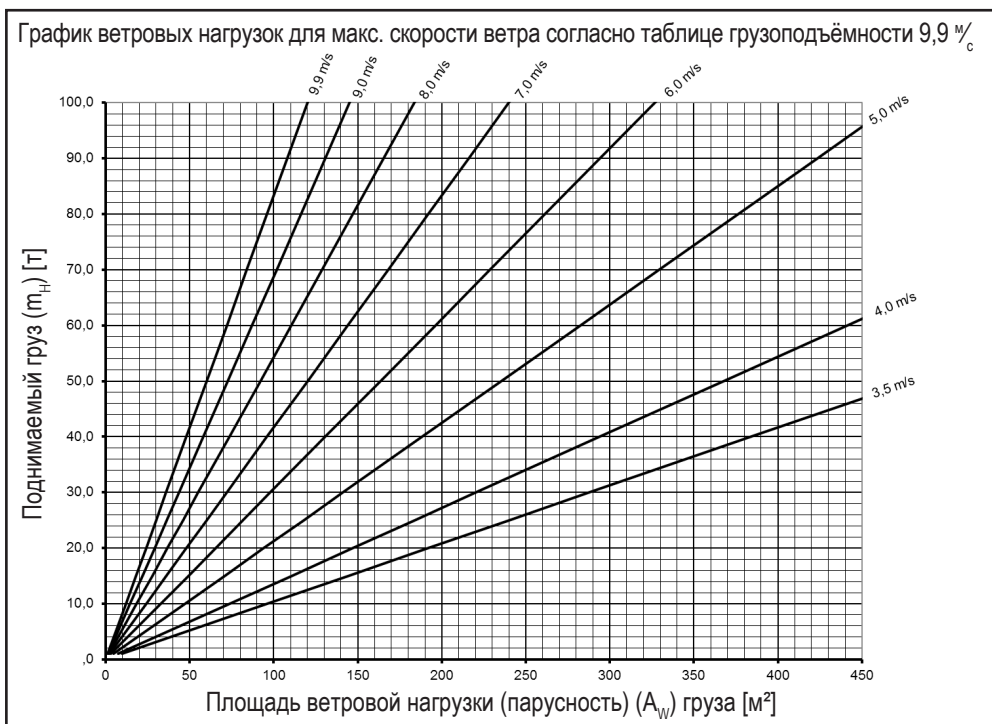


**График
силы ветра
9,0 м/с**



картинка 19: График ветровых нагрузок 9,0 м/с (действительно только для таблиц с макс. скоростью ветра 9,0 м/с)

**График
силы ветра
9,9 м/с**



картинка 20: График ветровых нагрузок 9,9 м/с (действительно только для таблиц с макс. скоростью ветра 9,9 м/с)

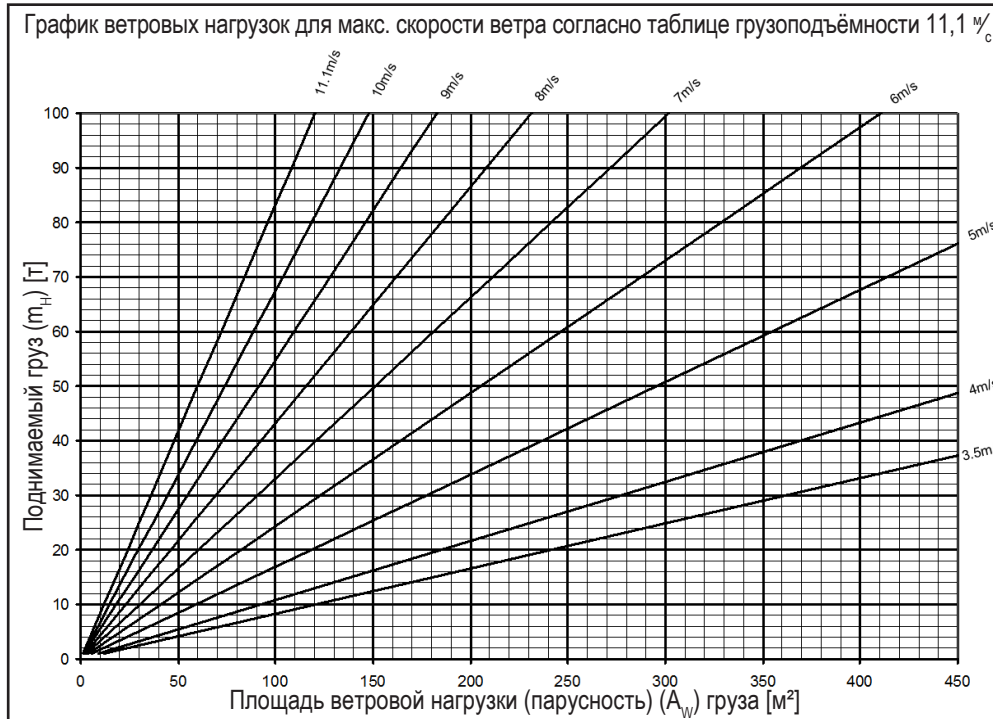


График ветровых нагрузок 11,1 м/с

картинка 21: График ветровых нагрузок 11,1 м/с (действительно только для таблиц с макс. скоростью ветра 11,1 м/с)

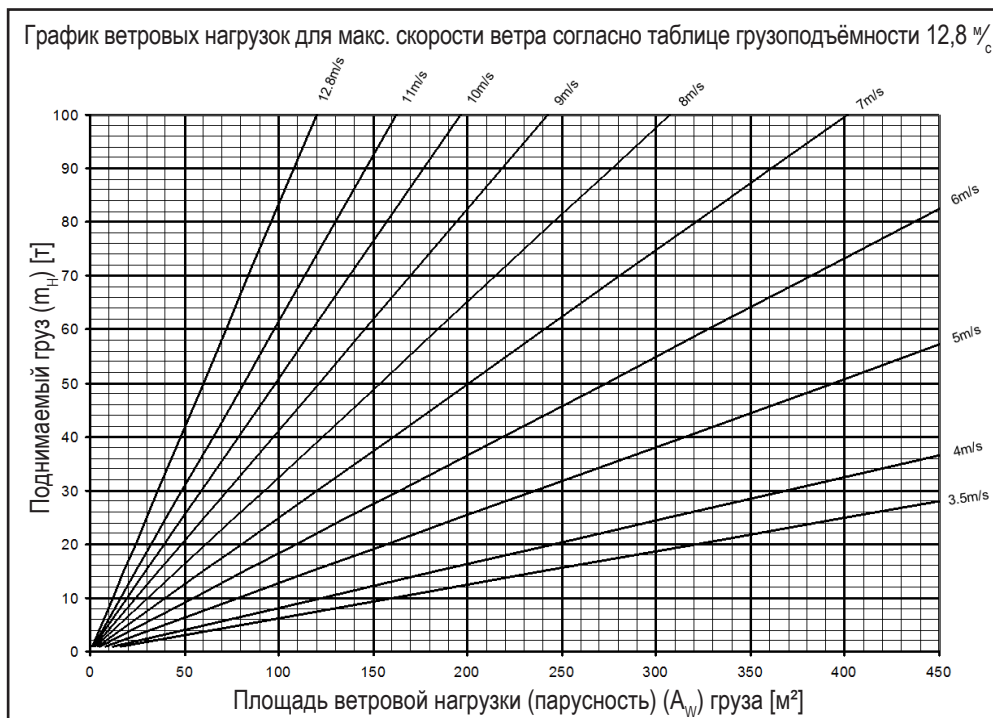
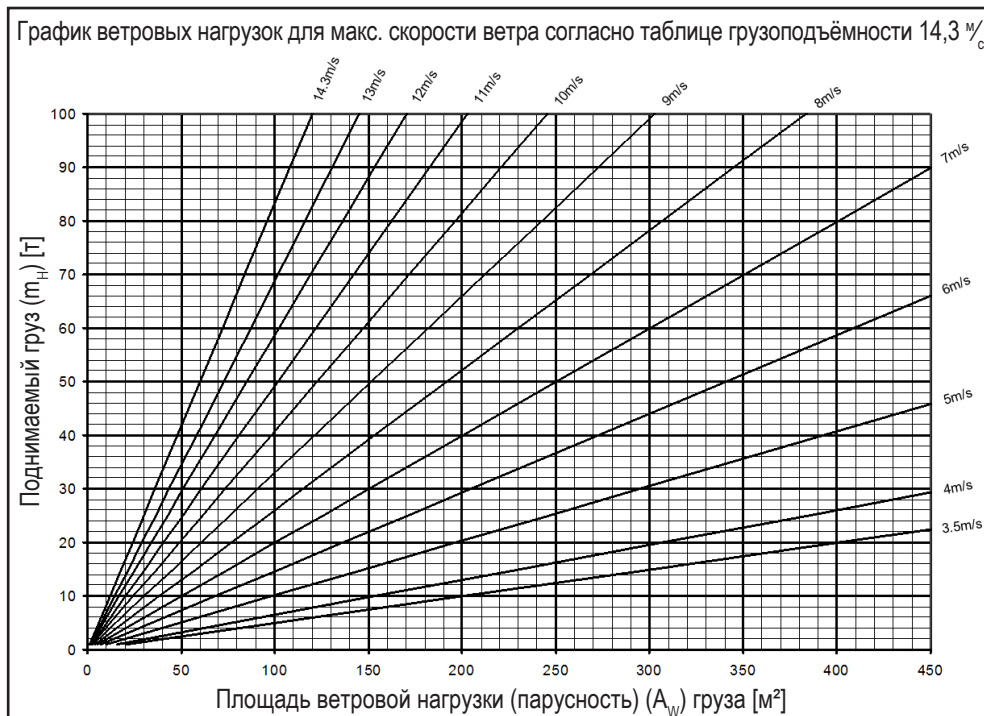


График ветровых нагрузок 12,8 м/с

картинка 22: График ветровых нагрузок 12,8 м/с (действительно только для таблиц с макс. скоростью ветра 12,8 м/с)



График
силы ветра
14,3 м/с



картинка 23: График ветровых нагрузок 14,3 м/с (действительно только для таблиц с макс. скоростью ветра 14,3 м/с)



Воздействие ветра при работе крана

5. 2 Способ (2): формула

Допустимую скорость ветра можно рассчитать при помощи единственной формулы. Для этого надо предварительно получить следующие данные:

- Поднимаемый груз (m_H) (в т.ч. строповочные средства, крюковая подвеска и, возможно, часть грузового каната).
- Площадь ветровой нагрузки (парусность) (A_W).
- Максимально скорость ветра из таблицы грузоподъёмности.

Формула для расчёта допустимой скорости ветра:

$$V_{\text{макс.}} = V_{\text{макс_ТАВ}} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{\text{м}^2}{\text{т}} \cdot m_H}{A_W}}$$

Значение $1,2 \frac{\text{м}^2}{\text{т}}$ в корне, согласно стандарту EN 13000 является константой и не соответствует значению c_w ! Данное значение нельзя изменять!

5. 2. 1 Пример расчёта максимально допустимой скорости ветра для стандартного варианта нагрузки

Груз весит **85 т**, имеет c_w -значение **1,2** и площадь проекции **50 м²**. При c_w -значении 1,2 и площади проекции 50 м² получается площадь ветровой нагрузки (парусность) 60 м². Максимальное значение скорости ветра в таблице грузоподъёмности для данного примера составляет 9 м/с.

$$V_{\text{макс.}} = 9 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{\text{м}^2}{\text{т}} \cdot 85 \text{ т}}{60 \text{ м}^2}}$$

$$V_{\text{макс.}} = \mathbf{11,73 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

Если результат $v_{\text{макс.}}$ **больше** $v_{\text{макс_ТАВ}}$, то груз можно поднимать до указанного максимального значения скорости ветра из таблицы грузоподъёмности, в данном случае это 9 м/с.

5. 2. 2 Пример расчёта максимально допустимой скорости ветра для специального варианта нагрузки

Подлежащий подъёму груз весит **65 т**, имеет c_w -значение **1,4** и при площади проекции **200 м²** имеет площадь ветровой нагрузки **280 м²**. Для требуемого состояния оснастки значение максимальной скорости ветра согласно таблицы грузоподъёмности составляет 11,1 м/с.

$$V_{\text{макс.}} = 11,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{1,2 \frac{\text{м}^2}{\text{т}} \cdot 65 \text{ т}}{280 \text{ м}^2}}$$

$$V_{\text{макс.}} = \mathbf{5,86 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

Значение скорости ветра в таблице грузоподъёмности снижается с 11,1 м/с до 5,86 м/с. Груз разрешается поднимать до максимальной скорости ветра 5,86 м/с.

Полученное максимально допустимое значение скорости ветра 5,86 м/с не будет передано в компьютерную систему LICCON. При превышении полученного максимально допустимого значения скорости ветра 5,86 м/с предупреждение не будет выдано. Поэтому машинист крана обязан сам отслеживать значение скорости ветра в компьютерной системе LICCON. Если скорость ветра достигла полученного, максимально допустимого значения, то машинист крана обязан прекратить подъём груза.

Пример 1

Площадь ветровой нагрузки (парусность)
 $1,2 \cdot 50 \text{ м}^2 =$
60 м²



Пример 2

Площадь ветровой нагрузки (парусность)
 $1,4 \cdot 200 \text{ м}^2 =$
280 м²





5. 3 Упражнения

Упражнение 12

Требуется поднять краном LTM 1150-6.1 (CODE 0050) груз 47 т с площадью ветровой нагрузки 235 м² на высоту 21 м при вылете 6 м. Кран стоит на опорах с опорной базой 9,30 м х 8,30 м. Противовес 46,8 т. Определите правильную конфигурацию телескопической стрелы на основе выдержки из справочника с таблицами грузоподъёмности (см. ниже). Определите также допустимую скорость ветра для этого подъёма, пользуясь соответствующей диаграммой ветровых нагрузок (см. гл. 5.1).

m	CODE > 0050 < T186.00301x(x)													
	13,7	18,5	18,5	18,5	23,3	23,3	23,3	23,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	32,9
3,0	96,4	81,8	61,6	57,5	71,6	61,2	58,4	41,2						
3,5	92,3	82,1	62,2	56,0	71,0	61,6	58,6	39,5	54,0	56,1	53,9	40,1		
4,0	85,6	82,5	62,7	54,6	70,0	62,0	58,3	37,8	53,5	55,6	53,4	38,3	37,2	
4,5	79,6	79,7	63,2	52,7	68,6	62,5	56,1	36,0	53,1	55,0	52,8	36,4	35,5	41,0
5,0	74,2	74,3	63,8	50,5	67,1	62,9	54,0	34,1	52,5	54,3	52,3	34,5	33,8	40,3
6,0	64,9	65,1	64,0	45,9	63,1	63,5	49,6	30,6	50,4	52,1	49,9	31,5	31,0	38,9
7,0	57,1	57,4	57,8	42,3	56,9	57,7	46,1	28,1	48,1	49,8	47,1	28,7	28,4	37,5
8,0	51,0	51,1	51,5	39,3	51,0	51,7	42,6	25,7	45,9	47,6	44,2	26,2	26,0	36,1
9,0	45,6	45,7	46,2	36,3	45,7	46,4	39,4	23,7	43,6	45,5	41,2	24,4	24,2	34,7
10,0	41,1	41,2	41,7	34,0	41,2	41,9	36,8	22,2	40,6	41,7	38,2	22,5	22,5	33,0
11,0	35,9	37,4	37,9	32,0	37,3	38,1	34,2	20,6	36,9	37,9	35,4	20,8	20,8	31,0
12,0		34,0	34,6	30,2	33,9	34,7	31,6	19,1	33,5	34,5	33,5	19,6	19,7	29,0
14,0		28,0	28,6	27,3	27,9	28,8	28,0	17,0	27,4	28,6	29,5	17,3	17,5	25,4
16,0		21,1	21,6	22,0	23,4	24,3	24,9	15,2	22,9	24,1	25,1	15,3	15,6	22,3
18,0					19,9	20,8	21,6	13,8	19,4	20,6	21,6	13,8	14,1	18,9
20,0					17,1	18,0	18,8	12,7	16,6	17,8	18,8	12,5	12,8	16,1
22,0									14,4	15,5	16,5	11,5	11,8	13,8
24,0									12,5	13,7	14,7	10,6	11,0	12,0
26,0														10,4
28,0														9,1
30,0														7,6
32,0														
34,0														
36,0														
38,0														
40,0														
42,0														
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
* n *	12!	10	8	7	9	8	7	5	7	7	7	5	5	5
1	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	0+	92+
2	0+	0+	0+	0+	46+	0+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	0+	46+
3	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	46+	0+	0+	46+
4	0+	0+	46+	0+	0+	46+	46+	0+	0+	46+	46+	92+	46+	0+
5	0+	0+	0+	46+	0+	0+	46+	92+	0+	0+	46+	46+	92+	0+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1



картинка 24: Выдержка из справочника с таблицами грузоподъёмности для LTM 1150-6.1



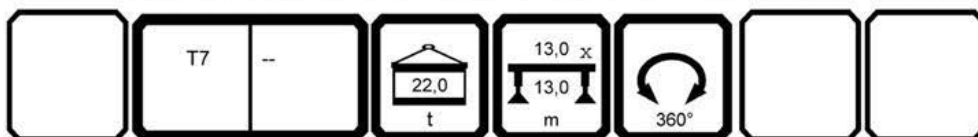
Воздействие ветра при работе крана

Упражнение 13

Требуется поднять краном LTM 11200-9.1 (CODE 0016) груз 45 т с площадью ветровой нагрузки 112 м² на высоту 42 м при вылете 18 м. Кран стоит на опорах с опорной базой 13 м x 13 м. Противовес 22 т. Определите правильную конфигурацию телескопической стрелы на основе выдержки из справочника с таблицами грузоподъемности (см. ниже). Определите также допустимую скорость ветра для этого подъема, пользуясь соответствующей диаграммой ветровых нагрузок (см. гл. 5.1).



m	CODE > 0016 < V178 0F00 .x(x)													
	18,3	24,1	24,1	30,0	30,0	30,0	35,8	35,8	41,6	41,6	41,6	47,5	47,5	47,5
3,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0							
3,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	190,0						
4,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	183,0	213,0	213,0	92,0			
4,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	176,0	213,0	213,0	88,0			
5,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	170,0	213,0	213,0	84,0	213,0	161,0	110,0
6,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	158,0	213,0	213,0	78,0	213,0	150,0	101,0
7,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	209,0	213,0	148,0	213,0	213,0	72,0	207,0	140,0	94,0
8,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	189,0	213,0	139,0	213,0	198,0	67,0	194,0	131,0	87,0
9,0	213,0	213,0	213,0	211,0	213,0	174,0	194,0	130,0	181,0	186,0	63,0	171,0	123,0	81,0
10,0	211,0	192,0	196,0	171,0	184,0	158,0	160,0	121,0	151,0	159,0	59,0	144,0	116,0	76,0
12,0	143,0	134,0	137,0	120,0	131,0	135,0	114,0	105,0	109,0	117,0	52,0	106,0	103,0	67,0
14,0	100,0	98,0	100,0	89,0	99,0	104,0	85,0	92,0	83,0	90,0	46,0	82,0	93,0	60,0
16,0	73,0	72,0	74,0	68,0	78,0	81,0	65,0	81,0	64,0	71,0	41,0	64,0	77,0	54,0
18,0		55,0	57,0	53,0	60,0	63,0	51,0	70,0	51,0	57,0	37,0	51,0	64,0	48,0
20,0		42,0	44,5	40,0	47,5	51,0	39,5	57,0	40,0	46,5	33,5	41,0	54,0	44,0
22,0		32,0	34,5	29,7	38,0	41,0	30,5	47,5	31,5	37,5	31,0	32,5	45,0	40,0
24,0				21,8	29,9	33,5	23,6	40,0	24,6	30,5	28,4	26,0	38,0	36,0
26,0				15,5	23,4	26,8	17,2	33,5	19,0	24,9	26,0	20,6	32,5	33,5
28,0					18,2	21,6	12,1	28,3	14,4	19,8	24,4	16,0	27,6	28,8
30,0							7,8	23,8	10,3	15,4	22,7	12,2	23,1	24,2
32,0								20,1	6,0	11,8	21,1	9,0	19,3	20,4
34,0								17,1		8,7	20,0	5,3	16,1	17,1
36,0										5,8	17,5		13,4	14,4
38,0										3,0	15,0		11,0	11,9
40,0											13,0		8,9	9,8
42,0													7,1	8,0
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
58,0														
* n *	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14	6	14	11	7
1	0+	0+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+
2	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	0+	0+
3	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	0+
4	0+	0+	0+	0+	50+	50+	0+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	100+
5	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	50+
6	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
7	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
TAB ***	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019



картинка 25: Выдержка из справочника с таблицами грузоподъемности для LTM 11200-9.1



6. Влияние ветра при неработающем кране

Кроме угроз, возникающих из-за ветра в ходе работы крана, также необходимо упомянуть об опасности аварии в результате влияния ветра на неработающий кран или кран без груза. Мобильные и гусеничные краны, несмотря на свою филигранную конструкцию, как с грузом, так и без обладают большими площадями для ветровой нагрузки. Даже у решётчатых стрел площадь ветровой нагрузки может составлять несколько сотен квадратных метров. Если стрела имеет большую длину, а опорная база очень компактна, то при превышении допустимой скорости ветра очень вероятно возникновение опасности.

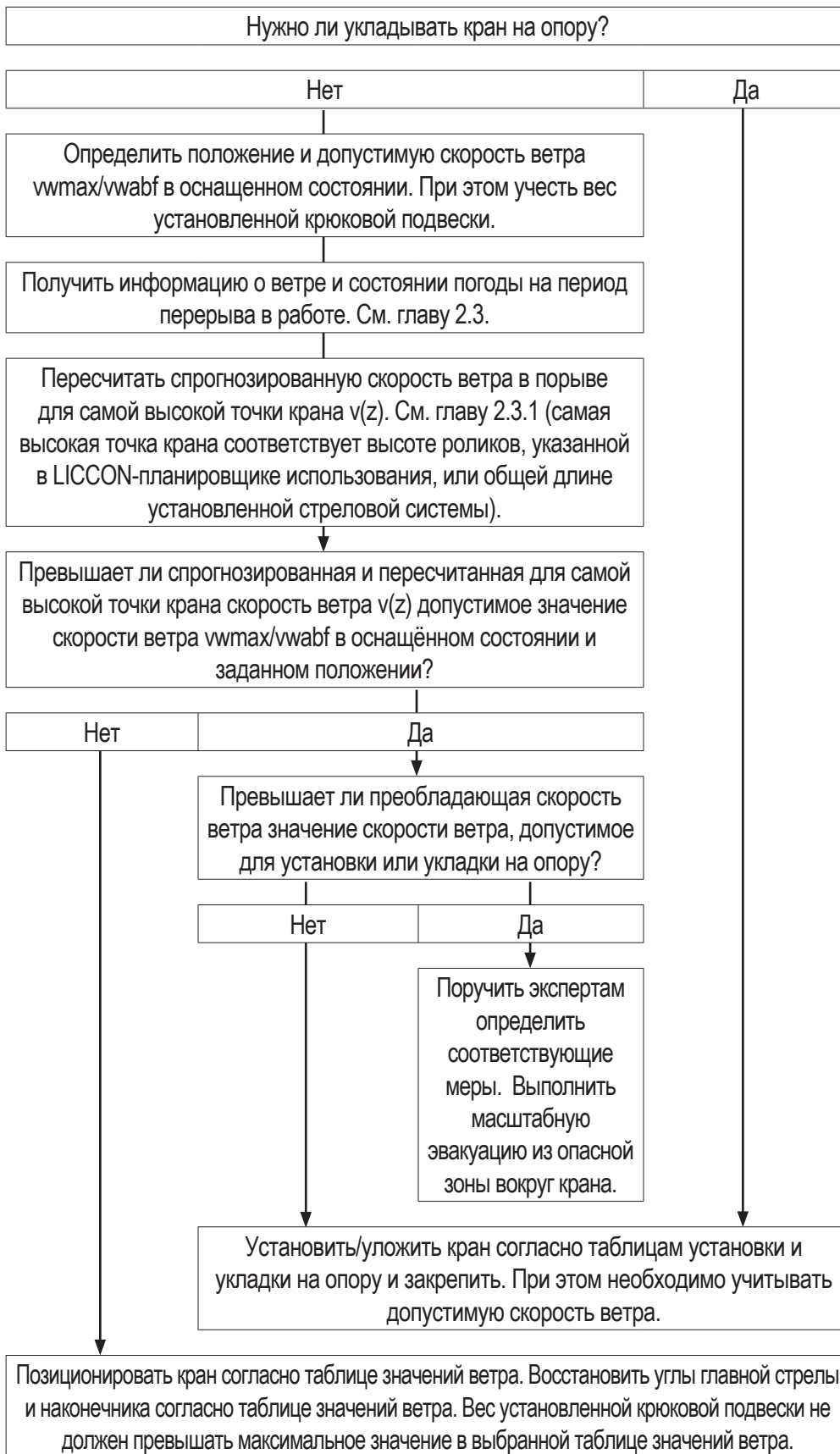
Возможно опрокидывание всего крана. Но также возможно, что при фронтальном ветре решётчатые удлинители с изменяемым вылетом и главная стрела опрокинутся назад. Кроме того, при боковом ветре тормоз механизма поворота может быть перегружен, что приведет к непреднамеренному повороту крана.

Как описано в руководстве по эксплуатации Liebherr-Werk Ehingen GmbH, стрела крана должна быть всегда уложена на опору, если в перерыве в работе кран оставлен без присмотра. Если же это невозможно из-за ограничения доступного пространства на стройплощадке, то кран необходимо привести в предписанное производителем положение. В любом случае, данное положение безопасно только до указанного значения скорости ветра. Для определения положения и соответствующей максимальной скорости ветра все краны Liebherr с решётчатой опорой, как и все краны Liebherr с телескопической стрелой, которые могут оснащаться решётчатым удлинителем с изменяемым вылетом, оснащены таблицами значений ветра. Эту информацию можно найти в данных таблицах. Если в состоянии оснастки нет таблиц значений ветра, то следует использовать значение максимально допустимой скорости ветра из таблицы грузоподъёмности.



Воздействие ветра при работе крана

6. 1 Порядок действий при перерыве в работе крана





6. 2 Применение таблиц значений ветра

6. 2. 1 Пример для кранов с телескопической стрелой:

LTM 1750-9.1 — TYVEN

Опорная база:	12 м × 12 м
Противовес:	184 т
Телескопическая стрела:	T-49.1 (92/92/92)
Решётчатый удлинитель с изменяемым вылетом:	N-59.5
Вес крюковой подвески:	1,5 т

Соблюдать режим работы, противовес и опорную базу в описании таблицы!

Запрещается превышать вес крюковой подвески, указанный в таблице.



TYVEN - противовес 64,0 - 204,0 т - опорная база: 12,0 м x 12,0 м

Указание

- ▶ TYVEN - натянутая телескопическая стрела с TY-расчалом, решётчатым удлинением и решётчатым удлинителем с изменяемым вылетом
- ▶ Решётчатое удлинение 5 м
- ▶ Положение Y-стойки 45°
- ▶ Противовес 64,0 - 204,0 т
- ▶ Точка натяжения расчала телескопической стрелы на эксцентрик
- ▶ Угол Y-стоек должен быть установлен в соответствии с таблицей грузоподъёмности
- ▶ Указанные значения скорости ветра действительны для натянутого состояния, если стрелу разрешается натягивать
- ▶ Для тех состояний выдвижения, для которых отсутствуют значения грузоподъёмности для натянутого состояния, запрещается выполнять натяжение!
- ▶ при самой короткой телескопической стреле T-16.3 и NA-стойкой, 3 штанги, максимальный угол решётчатого удлинителя с изменяемым вылетом составляет 58°
- ▶ Решётчатые удлинители с изменяемым вылетом длиной 80,5 м и более телескопировать невозможно; они должны быть уложены
- ▶ Опорная база 12,0 м x 12,0 м



Воздействие ветра при работе крана

Максимально допустимая скорость ветра в порыве для оснащения крана
 Максимальная скорость ветра в порыве в самой высокой точке, допустимая для вращения крана
 Максимально допустимая скорость ветра в порыве в самой высокой точке крана
 Противовес
 Максимально допустимый вес крюковой подвески
 Радиус роликовой головки
 Угол решётчатого удлинителя
 Угол главной стрелы
 Решётчатый удлинитель
 Переходник
 Телескопическая стрела

Допустимые значения скорости ветра WAB-TAB198-007-001-00

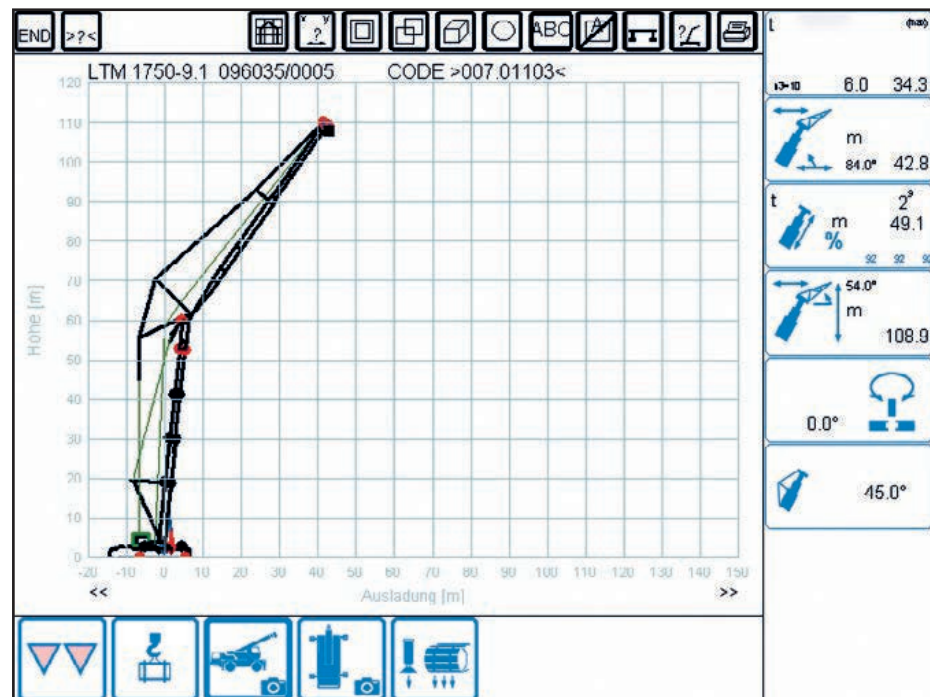
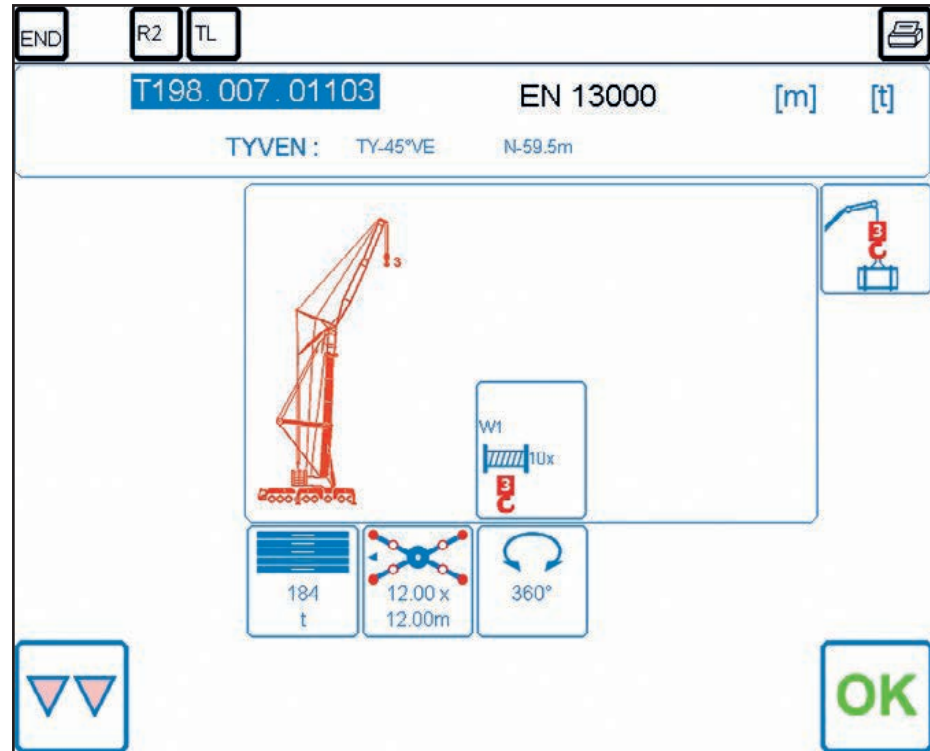
Н А [m]	А [m]	Н I [m]	W H A [°]	W H I [°]	R A D [m]	H K F L [t]	O W B [t]	V W M A X [m/s]	V W A B F [m/s]	V W R S T [m/s]
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9
T-21.8 (0/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9
T-21.8 (0/0/46)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9
T-27.2 (46/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	50	43.7	2.0	var.	16.1	12.9	8.9
T-32.7 (92/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	43.5	2.0	var.	15.8	12.6	8.9
T-38.2 (92/92/0)	A-9.0	N-59.5	84	49	45.6	2.0	var.	15.2	12.4	8.9
T-43.7 (92/92/46)	A-9.0	N-59.5	84	50	45.4	2.0	var.	14.9	12.2	8.9
T-49.1 (92/92/92)	A-9.0	N-59.5	84	48	47.6	2.0	var.	14.3	11.9	8.9

При втягивании телескопической стрелы от T-49.1 (92/92/92) до T-16.3 (0/0/0) допустимая скорость ветра увеличивается с 14,3 м/с до 16,8 м/с.



Какая скорость ветра в порыве допускается на высоте 10 м для T-49.1 (92/92/92)?

Определение высоты роликов по планировщику использования





Высота роликов: 108,9 м

Определение высоты, исходя из длины всей системы: $49,1 + 9 + 59,5 = 117,6$ м

Спрогнозированная скорость ветра в порыве на высоте 10 м составляет 11 м/с.

После пересчёта с помощью таблицы 2.3.1 скорость ветра в порыве

определяется как 14,2 м/с на высоте 120 м, это значит, кран можно оставить.

При втягивании телескопической стрелы допустимая скорость ветра в порыве увеличивается до 16,8 м/с: это означает, что безопасность значительно усилена и необходимо выполнять более длительные перерывы в работе.

6. 2. 2 Пример для кранов с решётчатой основой:

LR 11000 — SDWB

Главная стрела:	S-54 м
Решётчатый удлинитель с изменяемым вылетом:	W-114 м
Деррик-стрела:	D-36 м
OW-балласт:	210 т
Центральный балласт:	50 т
Вес крюковой подвески:	14 т

Если таблицы для балласта деррика отсутствуют, но установлен режим работы с дерриком, то необходимо использовать таблицы без балласта деррика.

Балласт деррика необходимо оставить на земле.

Пример:

Оснащение согласно используемой таблице

SDB - SD

SDWB - SDW

SDWB2- SDW — направляющую балласта необходимо снять



SDWB - Система

Указание

- ▶ Вес крюковой подвески 18 т
- ▶ Деррик балласт 0 т
- ▶ Противовес поворотной платформы 210 т
- ▶ Центральный балласт 50 т
- ▶ Деррик радиус 12 м
- ▶ Количество механизмов поворота: 3

Максимально допустимая скорость ветра в порыве для оснащения крана
 Максимальная скорость ветра в порыве в самой высокой точке, допустимая для вращения крана
 Максимально допустимая скорость ветра в порыве в самой высокой точке крана
 Радиус деррика
 Центральный балласт
 Противовес
 Максимально допустимый вес крюковой подвески
 Радиус роликовой головки
 Угол решётчатого удлинителя
 Угол главной стрелы
 Решётчатый удлинитель
 Деррик
 Главная стрела

wab_235_008_00001_00_000

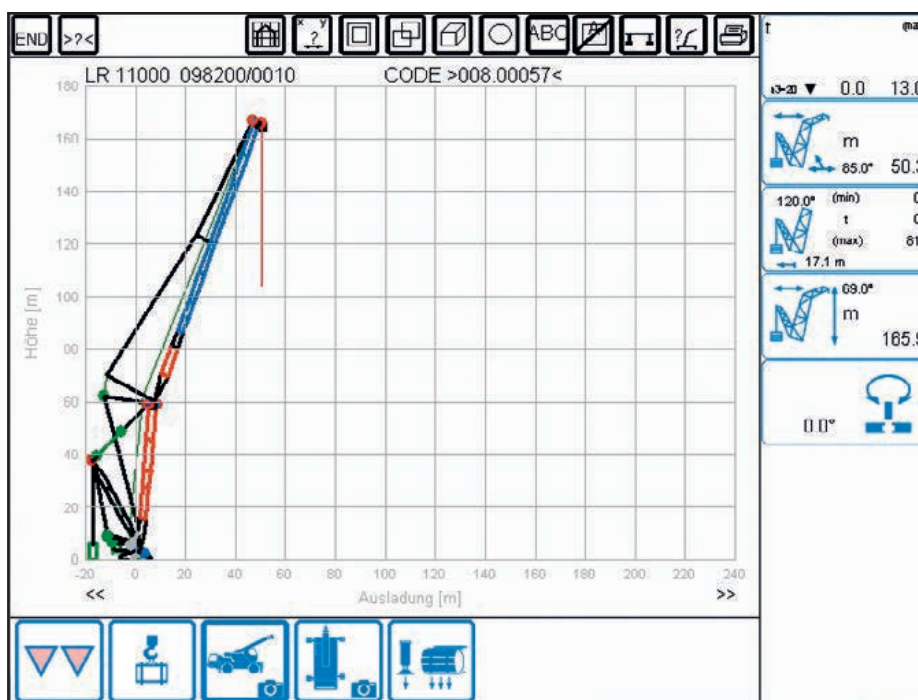
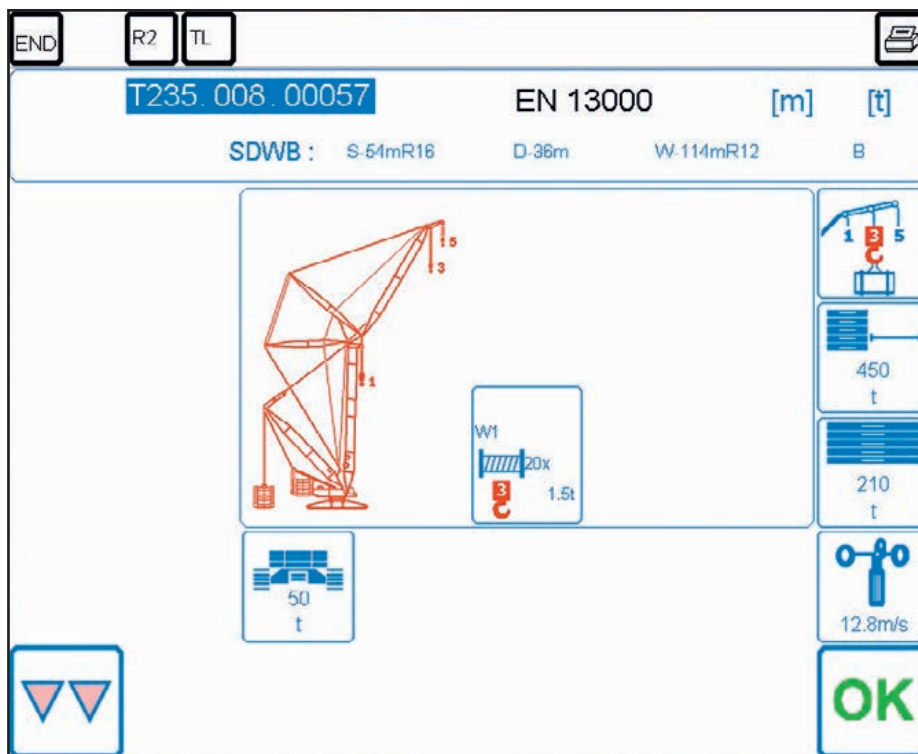
Н	D	Н	W	W	R	Н	O	Z	D	V	V	V
A		I	A	I	A	K	W	B	R	W	W	W
					D	F	B	L	A	A	A	A
						L			D	B	B	T
										F		
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[m]	[t]	[t]	[t]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
S-48	D-36	W-108	85	67	51.1	18.0	210	50	12	17.6	14.3	8.9
S-48	D-36	W-114	85	68	51.6	18.0	210	50	12	17.1	13.5	8.9
S-54	D-36	W-18	75	0	35.2	18.0	210	50	12	23.4	23.4	8.9
S-54	D-36	W-24	75	0	41.2	18.0	210	50	12	24.9	24.9	8.9
S-54	D-36	W-30	75	30	44.1	18.0	210	50	12	24.0	24.0	8.9
S-54	D-36	W-36	75	45	43.9	18.0	210	50	12	23.6	23.6	8.9
S-54	D-36	W-42	75	55	42.8	18.0	210	50	12	23.2	23.1	8.9
S-54	D-36	W-48	75	60	42.8	18.0	210	50	12	22.6	21.8	8.9
S-54	D-36	W-54	75	65	41.7	18.0	210	50	12	22.1	20.4	8.9
S-54	D-36	W-60	80	52	50.9	18.0	210	50	12	21.2	21.0	8.9
S-54	D-36	W-66	80	58	49.0	18.0	210	50	12	20.7	19.7	8.9
S-54	D-36	W-72	80	62	47.9	18.0	210	50	12	20.2	18.5	8.9
S-54	D-36	W-78	80	66	45.9	18.0	210	50	12	19.7	17.3	8.9
S-54	D-36	W-84	80	68	45.7	18.0	210	50	12	19.2	16.4	8.9
S-54	D-36	W-90	85	61	53.0	18.0	210	50	12	18.5	16.8	8.9
S-54	D-36	W-96	85	63	52.9	18.0	210	50	12	18.0	15.8	8.9
S-54	D-36	W-102	85	66	50.9	18.0	210	50	12	17.5	15.0	8.9
S-54	D-36	W-108	85	68	49.9	18.0	210	50	12	17.2	14.2	8.9
S-54	D-36	W-114	85	69	50.3	18.0	210	50	12	16.7	13.4	8.9



Воздействие ветра при работе крана

Какая скорость ветра в порыве допускается на высоте 10 м?

Определение высоты роликов по планировщику использования



Высота роликов: 165,9 м

Определение высоты, исходя из длины всей системы: 54 м + 114 м = 168 м

Спрогнозированная скорость ветра в порыве на высоте 10 м составляет 11 м/с. После пересчёта с помощью таблицы 2.3.1 скорость ветра в порыве определяется как 14,9 м/с на высоте 170 м, это значит, кран можно оставить. Допускается скорость 16,7 м/с.



7. Заключительное замечание

Стремительное развитие ветроэлектростанций в последние годы потребовало множества новых разработок от изготовителей кранов. Никогда ранее не было принято в эксплуатацию так много крупногабаритных устройств, чтобы выполнить растущие требования новых ветроэнергетических установок и связанных с ними технологий, как сегодня.

При возведении современной ветроэнергетической установки необходимо постоянно учитывать то, что размер крана определяют по весу машинного отделения и по парусности ротора в зависимости от высоты ступицы. Это следует также учитывать при ремонтных работах и работах по техобслуживанию.

При монтаже ветроэнергетической установки воздействие ветра на кран и на груз привлекает больше внимания организации, эксплуатирующей кран, т.к. при этом краны работают в таких местах, где приходится считаться с повышенным ветром. Действует следующее: "Увеличение скорости ветра вдвое означает четырёхкратное увеличение ветровой нагрузки на стрелу и кран".

Чтобы иметь возможность лучше оценить риск несчастных случаев при работе с краном и, тем самым, быть в состоянии предотвратить их, в данном тексте приводится информация по теме "Воздействие ветра при работе с краном". Кроме того, на все дальнейшие вопросы читателя готовы ответить компетентные сотрудники концерна **LIEBHERR-Werk Ehingen GmbH**.



8. Приложение

8. 1 Краны концерна Либхерр в ветроэнергетике

8. 1. 1 Современные пневмоколёсные краны (2016)



Технические характеристики LTM 1350-6.1	
Максимальная грузоподъёмность	350 т при 3 м
Телескопическая стрела	70 м
Макс. высота подъёма	134 м
Ходовой двигатель, мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 450 КВт
Двигатель крана, мощность	4-цилиндровый турбодизель Либхерр, 180 КВт
Привод, рулевое управление	12 x 8 x 12
Скорость передвижения	80 км/час
Вес	72 т (6 x 12 т нагрузка на ось)
Ветроэнергетические установки - мощность	< 1 МВт*

LTM 1350-6.1



Технические характеристики LTM 1400-7.1	
Максимальная грузоподъёмность	400 т при 3 м
Телескопическая стрела	60 м
Макс. высота подъёма	130 м
Ходовой двигатель, мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 450 КВт
Двигатель крана, мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 240 КВт
Привод, рулевое управление	14 x 8 x 14
Скорость передвижения	80 км/час
Вес	84 т (7 x 12 т нагрузка на ось)
Ветроэнергетические установки - мощность	< 1,5 МВт*

LTM 1400-7.1



Технические характеристики LTM 1450-8.1	
Максимальная грузоподъёмность	450 т при 3 м
Телескопическая стрела	85 м
Макс. высота подъёма	131 м
Ходовой двигатель, мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 505 КВт
Двигатель крана, мощность	Концепция одного двигателя
Привод, рулевое управление	16 x 8 x 16
Скорость передвижения	85 км/час
Вес	96 т (8 x 12 т нагрузка на ось)
Ветроэнергетические установки - мощность	< 1,5 МВт*

LTM 1450-8.1

* Указанные мощности ветроэнергетической установки даны лишь как пример. Тщательное планирование использования с учётом ветровой нагрузки позволяет определить правильный размер крана.



LTM 1500-8.1



Технические характеристики LTM 1500-8.1	
Максимальная грузоподъемность	500 т при 3 м
Телескопическая стрела	50 / 84 м
Макс. высота подъёма	142 м
Ходовой двигатель, мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 500 КВт
Двигатель крана, мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 240 КВт
Привод, рулевое управление	16 x 8 x 12
Скорость передвижения	80 км/час
Вес	96 т (8 x 12 т нагрузка на ось)
Ветроэнергетические установки - мощность	< 2 МВт*

LTM 1750-9.1



Технические характеристики LTM 1750-9.1	
Максимальная грузоподъемность	750 т при 3 м
Телескопическая стрела	52 м
Макс. высота подъёма	154 м
Ходовой двигатель, мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 505 КВт
Двигатель крана, мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 300 КВт
Привод, рулевое управление	18 x 8 x 18
Скорость передвижения	80 км/час
Вес	108 т (9 x 12 т нагрузка на ось)
Ветроэнергетические установки - мощность	2 МВт*

LTM 11200-9.1



Технические характеристики LTM 11200-9.1	
Максимальная грузоподъемность	1200 т при 2,5 м
Телескопическая стрела	100 м
Макс. высота подъёма	188 м
Ходовой двигатель, мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 500 КВт
Двигатель крана, мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 270 КВт
Привод, рулевое управление	18 x 8 x 18
Скорость передвижения	75 км/час
Вес	108 т (9 x 12 т нагрузка на ось)
Ветроэнергетические установки - мощность	2 - 3 МВт*

* Указанные мощности ветроэнергетической установки даны лишь как пример. Тщательное планирование использования с учётом ветровой нагрузки позволяет определить правильный размер крана.



Воздействие ветра при работе крана

8. 1. 2 Современные телескопические гусеничные краны (2016)

Технические данные LTR 11200	
Максимальная грузоподъёмность	1200 т при 3 м
Давление на грунт	~ 14 т/м ²
Макс. высота подъёма	189 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 270 КВт
Допустимая крутизна преодолеваемого подъёма	17,6 %
Общий вес	~ 380 т
Скорость передвижения	макс. 1,8 км/ч
Общий балласт	202 т
Ветроэнергетические установки - мощность	2 - 3 МВт*



LTR 11200

8. 1. 3 Современные гусеничные краны (2016)

Технические характеристики LR 1350	
Максимальная грузоподъёмность	350 т при 6 м
Макс. вылет	110 м
Макс. высота подъёма	152 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 270 КВт
Ширина колеи	8,4 м
Балласт поворотной платформы	макс. 125 т
Центральный балласт	макс. 38 т
Балласт деррика	макс. 210 т x R 15 м
Ветроэнергетические установки - мощность	< 1,5 МВт*



LR 1350

Технические данные LR 1400/2	
Максимальная грузоподъёмность	400 т при 4,5 м
Макс. вылет	120 м
Макс. высота подъёма	164 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 270 КВт
Ширина колеи	8,7 м
Балласт поворотной платформы	макс. 155 т
Центральный балласт	макс. 43 т
Балласт деррика	макс. 260 т x R 15 м
Ветроэнергетические установки - мощность	< 2 МВт*



LR 1400

* Указанные мощности ветроэнергетической установки даны лишь как пример. Тщательное планирование использования с учётом ветровой нагрузки позволяет определить правильный размер крана.



LR 1500



Технические данные LR 1500	
Максимальная грузоподъемность	500 т при 11 м
Макс. вылет	144 м
Макс. высота подъёма	165 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 350 КВт
Ширина колеи	9,1 м
Балласт поворотной платформы	макс. 170 т
Центральный балласт	макс. 40 т
Балласт деррика	макс. 280 т x R 16 м
Ветроэнергетические установки - мощность	2 МВт*

LR 1600/2



Технические данные LR 1600/2	
Максимальная грузоподъемность	600 т при 11 м
Макс. вылет	152 м
Макс. высота подъёма	187 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 400 КВт
Ширина колеи	9,9 м
Балласт поворотной платформы	макс. 190 т
Центральный балласт	макс. 65 т
Балласт деррика	макс. 350 т x R 18 м
Ветроэнергетические установки - мощность	2 - 3 МВт*

LR 1600/2-W



Технические данные LR 1600/2-W	
Максимальная грузоподъемность	600 т при 11 м
Макс. вылет	144 м
Макс. высота подъёма	166 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 400 КВт
Ширина колеи	5,8 м
Балласт поворотной платформы	макс. 190 т
Балласт деррика	макс. 350 т x R 18 м
Ветроэнергетические установки - мощность	2 - 3 МВт*

* Указанные мощности ветроэнергетической установки даны лишь как пример. Тщательное планирование использования с учётом ветровой нагрузки позволяет определить правильный размер крана.



Технические характеристики LR 1750/2	
Максимальная грузоподъёмность	750 т при 7 м
Макс. вылет	156 м
Макс. высота подъёма	191 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 455 КВт
Ширина колеи	10,3 м
Балласт поворотной платформы	макс. 245 т
Центральный балласт	макс. 95 т
Балласт деррика	макс. 400 т x R 20 м
Ветроэнергетические установки - мощность	3 МВт*



LR 1750/2

Технические характеристики LR 11000	
Максимальная грузоподъёмность	1000 т при 11 м
Макс. вылет	180 м
Макс. высота подъёма	224 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 500 КВт
Ширина колеи	11,2 м
Балласт поворотной платформы	макс. 250 т
Центральный балласт	макс. 90 т
Балласт деррика	макс. 450 т x R 20 м
Ветроэнергетические установки - мощность	< ? МВт*



LR 11000

Технические характеристики LR 11350	
Максимальная грузоподъёмность	1350 т при 12 м
Макс. вылет	128 м
Макс. высота подъёма	196 м
Ходовой двигатель / двигатель крана / мощность	6-цилиндровый турбодизель Либхерр, 641 КВт
Ширина колеи	11 м
Балласт поворотной платформы	макс. 340 т
Центральный балласт	макс. 30 т
Балласт деррика	макс.600 т x R 25 м
Ветроэнергетические установки - мощность	5 - 6 МВт*



LR 11350

* Указанные мощности ветроэнергетической установки даны лишь как пример. Тщательное планирование использования с учётом ветровой нагрузки позволяет определить правильный размер крана.



LG 1750

8. 1. 4 Современные краны решётчатой конструкции (2016)



Технические данные LG 1750	
Максимальная грузоподъёмность	750 т при 7 м
Макс. вылет	136 м
Макс. высота подъёма	193 м
Ходовой двигатель, мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 505 КВт
Двигатель крана, мощность	8-цилиндровый турбодизель Либхерр, 455 КВт
Привод, рулевое управление	16 x 8 x 16
Скорость передвижения	80 км/час
Общий балласт	650 т
Ветроэнергетические установки - мощность	3 - 5 МВт*

* Указанные мощности ветроэнергетической установки даны лишь как пример. Тщательное планирование использования с учётом ветровой нагрузки позволяет определить правильный размер крана.



Воздействие ветра при работе крана

8. 2 Решения к упражнениям

Решение к упражнению 1:

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Ветровая нагрузка | <input type="checkbox"/> Ветровая энергия |
| <input type="checkbox"/> Ветер, связанный с испарением | <input checked="" type="checkbox"/> Ветер сзади |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ветер спереди | <input checked="" type="checkbox"/> Ветер сбоку |

Решение к упражнению 2:

- Ветер сзади: Отключение по ОГМ происходит уже для такого груза, который меньше максимальной допустимой грузоподъемности, указанной в соответствующей таблице.
- Ветер спереди: Отключение по ОГМ происходит только при таком грузе, который превышает максимальную допустимую грузоподъемность.
- Ветер сбоку: Отключение по ОГМ не происходит.

Решение к упражнению 3:

- Никак.
- Груз может начать раскачиваться.
- Груз может начать вращаться на канате.
- Радиус груза может увеличиться.

Решение к упражнению 4:

- На рис. 12 показаны леса и неровная местность, что соответствует классу неровности 3.
- На рис. 13 показана местность с отдельными домами и деревьями и большими открытыми пространствами, что соответствует классу неровности 2.

Решение к упражнению 5:

- Небольшой ветер из-за разницы давления воздуха
- Сильный и короткий удар ветра
- Сильный удар ветра длительностью более 3 секунд со скоростью, превышающей среднюю

Решение упражнения 6:

Согласно рисунку 11 скорость ветра в порыве составляет: **4 м/с**
Фактор для высоты 140 м при имеющейся скорости ветра в порыве: **1,319**

$$4 \text{ м/с} \times 1,319 = \underline{\underline{5,276 \text{ м/с}}}$$



Решение к упражнению 7:

$$2,6 \text{ м}^2 \times 1,2 = \underline{3,12 \text{ м}^2}$$

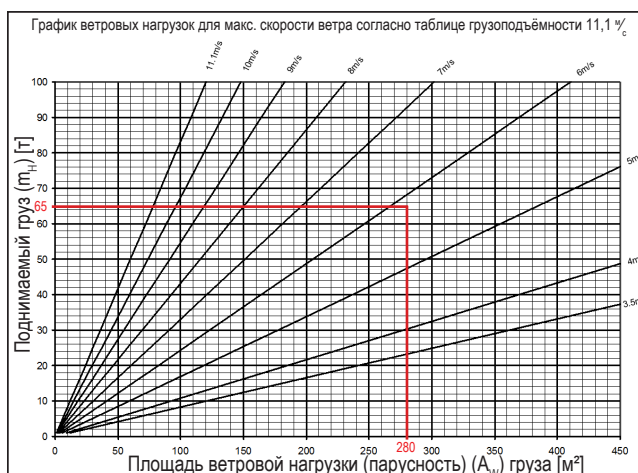
Решение к упражнению 8:

Если **текущая** скорость ветра превышает **допустимую** из таблицы грузоподъёмности, то работа крана **должна быть прекращена**, а стрела **должна быть уложена** если **превышена допустимая** скорость ветра согласно таблицы скорости ветра для данного крана **остаётся превышенной**.

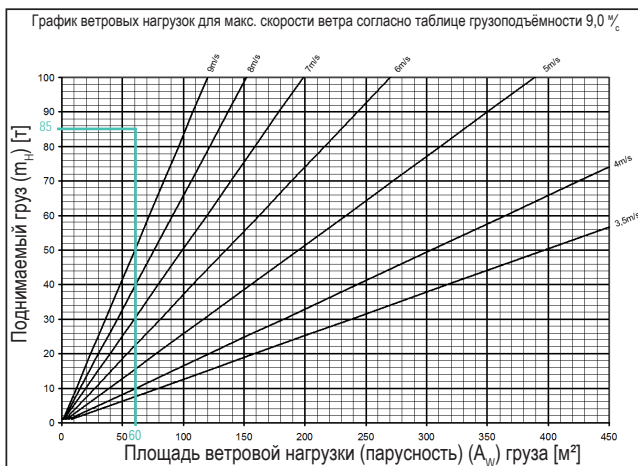
Решение к упражнению 9:

11,1 m/c

Решение к упражнению 10:



Решение к упражнению 11:



Решение к упражнению 12:

Возможной конфигурацией телескопической стрелы могла бы быть конфигурация, при которой выдвижные секции 4 и 5 установлены на пальцы при 46%. Согласно графику ветровых нагрузок 12,8 % допустимая скорость ветра составляет **6,2 м/с**.

Решение к упражнению 13:

Возможной конфигурацией телескопической стрелы могла бы быть конфигурация, при которой выдвижная секция 4 установлена на пальцы при 100 %, а секции 5 - 7 - при 50%. Согласно графику ветровых нагрузок 11,1 % допустимая скорость ветра составляет **7,7 м/с**.



Source: @Westermeerwind

Партнёр для ветроэнергетики

Либхерр является сильным партнёром в области ветроэнергетики. Землеройные машины концерна Либхерр, его морские краны, а также мобильные и гусеничные краны используются для строительства ветроэнергетических парков и для сооружения ветроэнергетических установок.

Отдельные компоненты, создаваемые на предприятиях концерна Либхерр, (например, приводы и двигатели) используются в этих установках непосредственно; металло-обрабатывающие станки концерна играют при изготовлении изделий ветроэнергетики всё более важную роль.



Землеройные машины и смесительная техника

При строительстве ветропарков прекрасно зарекомендовали себя землеройные машины концерна Либхерр. Для изготовления фундаментов ветрогенераторов используются мобильные бетоносмесительные установки и автобетоносмесители Либхерр, при строительстве железобетонных башен специальные стационарные установки.

Морские краны

Либхерр предоставляет впечатляющие решения также для сооружения ветрогенераторов на море. При этом могут быть выполнены все без исключения требования: привод узлов от дизельных двигателей или от электродвигателей, взрывобезопасные краны или с защищёнными зонами, а также краны для эксплуатации при температуре окружающей среды от +40 °C до -50 °C.

Компоненты

Либхерр является единственным изготовителем в мире, который может поставить не только отдельные компоненты, но и всю систему для электромеханического и гидравлического управления лопастей ротора и азимутального вращения ветрогенератора, т.е. крупногабаритные подшипники качения, приводы поворота, электродвигатели, гидроцилиндры.

Металлообрабатывающее оборудование и техника автоматизации

Зуборезные станки Либхерр позволяют изготавливать с высоким качеством узлы с зубчатыми зацеплениями, например, главный редуктор ветрогенератора. Техника автоматизации Либхерр обеспечивает также высокую производительность при изготовлении лопастей ротора.

www.liebherr.com