

**СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА** - научная дисциплина, изучающая физические явления и процессы, связанные с эксплуатацией зданий (сооружений) и несущих конструкций.

Строительная климатология

Строительная теплофизика

Строительная светотехника

Строительная и архитектурная акустика

**СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА**



```
graph LR; A[СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА] --> B[Строительная климатология]; A --> C[Строительная теплофизика]; A --> D[Строительная светотехника]; A --> E[Строительная и архитектурная акустика];
```

The diagram illustrates the structure of Building Physics. A central red text label 'СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА' is connected by four blue arrows to four light blue rectangular boxes, each containing a sub-discipline: 'Строительная климатология', 'Строительная теплофизика', 'Строительная светотехника', and 'Строительная и архитектурная акустика'. The background features a decorative pattern of diagonal lines in the bottom-left corner.

# **ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА** **строительной** **физики**

- обоснование применения в строительстве материалов и конструкций, выбора размеров и формы помещений, которые обеспечили бы **оптимальные температурно-влажностные, акустические и светотехнические условия** в помещениях соответственно их функциональному назначению.

# **ПРЕДМЕТ** **изучения** **«Строительной** **физики»**

-вопросы **комфортности** среды, **теплопередачи, воздухопроницаемости и влажностного** состояния конструкций, вопросы **звукоизоляции, акустики** и светотехники, рассматриваются соответственно в разделах

*строительная климатология*

*строительная теплотехника, строительная и*

*архитектурная акустика, строительная*

*светотехника.*

# СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

## *Лекция №1*

**ПРЕДМЕТ СТРОИТЕЛЬНОЙ  
КЛИМАТОЛОГИИ.**

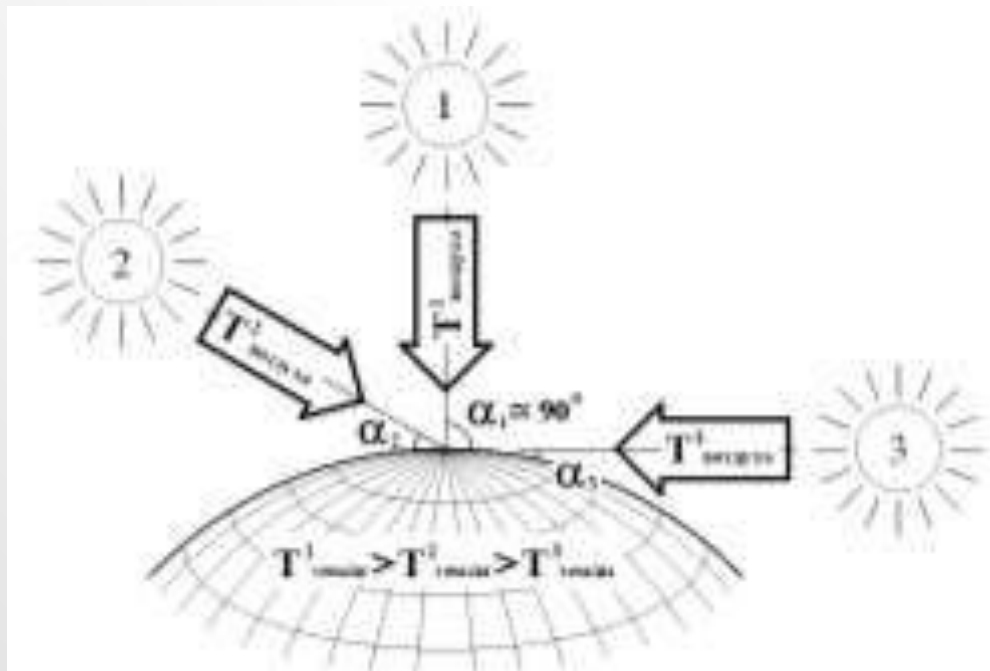
**ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И  
ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ**

*Шамрина Галина  
Викторовна, к.т.н.,  
доцент*

## СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ -

наука о климате,  
его типах и обусловленности,  
распределении по земной поверхности и  
изменениях во времени

Климат - «клима» (греческое слово) – наклон солнечных лучей.



**В формирование климата существенную роль вносят и другие климатообразующие факторы:**

**Астрономические** (солнечная радиация, космические тела, излучения и др.)

**Географические** (рельеф, лес, вода)

**Циркуляционные** ( влагооборот, циркуляция воздуха и магнитных полей)

**Рельеф и характер земной поверхности**

**Высота над уровнем моря**

**Наличие морей и больших водоемов**

**Характер поверхности почвы, растительного и снежного покрова**

**ВИТРУВИЙ**



никакое жилище не будет здоровым вне климатических условий

**ГИППОКРАТ**



рекомендовал городскую застройку располагать на восточных склонах, позволяющих использовать оздоровительные свойства утренней солнечной радиации

**ПРАВИЛО**



в японской  
архитектуре

в зданиях на склоне горы не располагать вход со стороны вершины, чтобы не пустить в жилище холодные ночные ветры

**КЛИМАТ** – это совокупность и последовательность смены всех возможных в данной местности состояний атмосферы (условной погоды).

**СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ** - изучает те элементы климата, которые воздействуют на здания и требуют учета при их проектировании, строительстве и эксплуатации.

## **ЗАДАЧИ**

*строительной  
климатологии*

получение статистически обеспеченной информации о климатических факторах, использовать их полезные стороны и предусмотреть меры защиты от вредных воздействий, которые в наибольшей степени отвечают запросам строительной отрасли

## **ПРЕДМЕТ**

*изучения  
строительной  
климатологии.*

сведения о климатических нормативах, которые позволяют обезвредить отрицательные факторы климата и использовать положительные



## **ЦЕЛИ**

изучения  
строительной  
климатологии

– получение знаний о влиянии климата на архитектурные и конструктивные решения зданий

– получение знаний и навыков обоснования целесообразных проектных решений планировки населенных мест, типов зданий и ограждающих конструкций с учетом особенностей климата

Изучив тему,  
студент должен  
**знать и уметь:**

– применять методы строительной климатологии

– применять основные правила учета климатических характеристик при проектировании зданий;

– пользоваться нормативной литературой

# СОЗДАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

«Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений», **1930г**

- учтено отношение световой площади окон к площади пола в жилых зданиях
- нормы уклона крыш и нормы по снеговой нагрузке на крыши

- климатическое районирование (СССР), выделено четыре района: северный, средний, южный и субтропический.

**1934 г**

- требования к ограждающим конструкциям жилищ (толщина стен):  
в северном районе 2,5 кирпича;  
в среднем – 2 кирпича;  
в южном и субтропическом – 1,5 кирпича.

# СОЗДАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

«Временные строительные правила...» **1935 г**

-устройство сплошных галерей в жилых зданиях для южных и субтропических районов

«Временные нормы...» **1938 г**

- вводятся ограничения на ориентацию жилых комнат. Впервые приводятся так называемые расчетные температуры для определения величины требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен

«Нормы проектирования жилых зданий» **1948 г**

- территория СССР разделена на пять районов.

# СОЗДАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

## СНиП Жилые здания 1958 г

- первое районирование территории СССР по ветровым нагрузкам
- приводятся данные по снеговым нагрузкам
- введение научно-обоснованных санитарно-гигиенических требований к проектированию жилищ в различных климатических районах

## СНиП II-A.6-62 «Строительная климатология и геофизика» ,1962

- содержит обширный материал по климатическим факторам

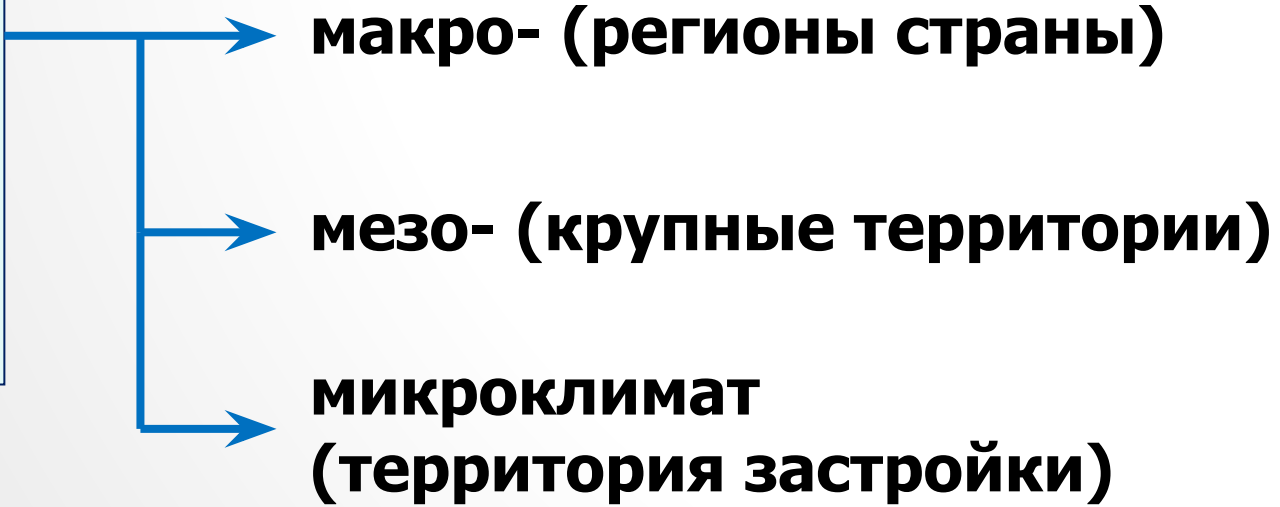
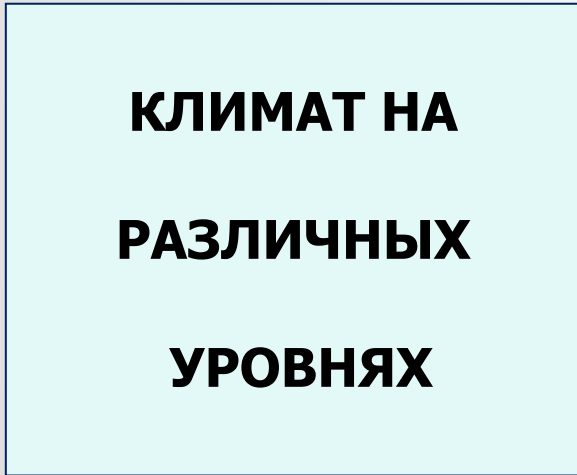
## СНиП II-A.11-62 «Нагрузки и воздействия»

- климатические факторы, которые могут привести к разрушению зданий и сооружений

Многие климатические параметры включены в нормы по строительной теплотехнике, естественному освещению и др.

Современная климатология основывается на **статистических данных метеорологии** – они называются **срочными замерами**

**ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2011 Будівельна кліматологія**  
с уточненными данными климатологической информации.



На человека климат воздействует через микроклимат  
зданий и застройки

**ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ  
ФАКТОРЫ**

- солнечная радиация
- температура воздуха
- влажность воздуха
- осадки
- ветер

**ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА** имеют свойство **СКАЛЯРНОЙ** характеристики

**СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ, ВЕТЕР И ОСАДКИ** являются **ВЕКТОРНЫМИ**, что предопределяет требования к **ориентации** зданий, сооружений и городских территорий по странам света

Статистические характеристики климата на основе обработки первичных данных [метеостанций](#)

В Украине сейчас эксплуатируются [187 метеостанций и метеопостов](#)

**Обычно используют:**

- **средние значения**
- **экстремальные (наибольшие и наименьшие)**
- **амплитуды**
- **повторяемости**
- **непрерывные продолжительности**



**СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ**

**ПО СПЕКТРАЛЬНОМУ СОСТАВУ :**

- **УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ** излучение (100 - 400нм) ~ 4% ;
- **ВИДИМЫЙ** свет (400 - 780нм) ~ 54% ;
- **ИНФРАКРАСНОЕ** излучение (780 – 3000нм) ~ 42% .

**В южных районах - избыток тепла**

**В северных районах - недостаток солнечной радиации**

**СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ**

**ЗОНА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО КОМФОРТА находится в интервале  
50-55° северной широты**

**К ЮГУ - избыток ультрафиолетового облучения**

**К СЕВЕРУ – дефицит**

**БЛАГОТВОРНОЕ ВЛИЯНИЕ  
УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ**

- уничтожает болезнетворные бактерии**
- повышает устойчивость к заболеваниям и общий тонус**

## СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ

**ПРЯМАЯ** радиация – это часть энергии от видимого диска солнца

**РАССЕЯННАЯ** – это части энергии от небосвода без учета прямых солнечных лучей

**СУММАРНАЯ** – представляет собой сумму прямой и рассеянной радиации

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ:

- **интермия** – повышенная тепловая облученность пространства около дома
- **инсоляция** – облучение прямыми солнечными лучами (продолжительность инсоляции нормируется)

## ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

- зависит от взаимодействия лучистого тепла солнца и теплового противоизлучения земли;

- из поступающего тепла:

14 % расходуется на нагрев воздуха и

86 % - на нагрев поверхности земли и уходит в космос.

### Наблюдения за температурой позволяют фиксировать:

- устойчивое снижение по высоте (1 °С на каждые 100м);
- колебания в горизонтальных слоях атмосферы (циклоны и антициклоны);
- снижение среднегодовой температуры с юго-запада на северо-восток;
- колебания температуры в течение суток, недели, месяца и года.

## ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

В ранней справочной и нормативной литературе по климату приводится множество значений температуры воздуха:

- средняя температура по месяцам и за год;
- абсолютные минимальные и максимальные значения;
- средние максимальные значения;
- средние температуры наиболее холодной пятидневки;
- средние температуры наиболее холодных суток;
- средние температуры наиболее холодного периода;
- повторяемость температур воздуха в часах по сухому термометру (с градацией через один градус с нарастающим и убывающим итогом часов) и т.п.

## ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

### ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2011 БУДІВЕЛЬНА КЛІМАТОЛОГІЯ

- средняя температура наиболее холодной пятидневки и суток (обеспеченностью 0,92)
- средняя температура за отопительный период (когда  $t_{н} < 8^{\circ}\text{C}$ )

Разность температур между самым холодным и теплым месяцами определяет степень континентальности климата.

## ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

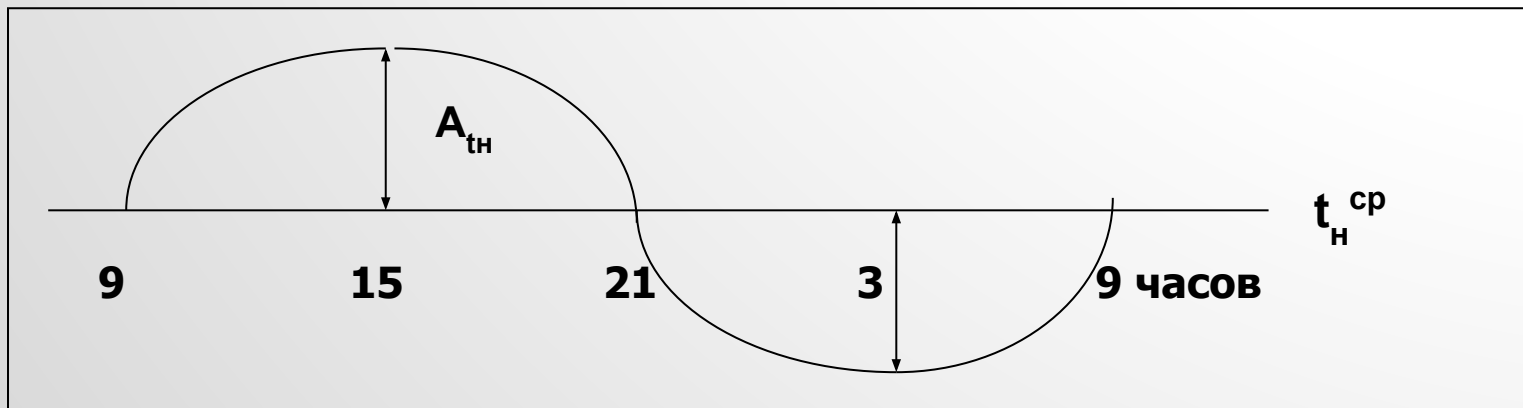
Среднесуточная температура  $t_H$

$$t_i = t_i^{\tilde{n}\delta} + 0,7 \dot{A}_{t_i}$$

$t_i^{\tilde{n}\delta}$  - среднемесячная температура

$\dot{A}_{t_i}$  - амплитуда колебаний температуры колебаний температуры наружного воздуха

Суточное изменение температуры наружного воздуха



## ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

### СОДЕРЖАНИЕ ВЛАГИ МОЖЕТ ВЫРАЖАТЬСЯ

- в единицах **абсолютной влажности**, г/м<sup>3</sup> (количество влаги в граммах, содержащейся в 1 м<sup>3</sup> воздуха)
- или **парциальным давлением**, т.е. давлением водяного пара, находящегося в смеси с другими газами, или упругостью водяного пара в паскалях (Па).

Для постоянной температуры воздуха его влажностное содержание имеет предел, называемый **МАКСИМАЛЬНОЙ УПРУГОСТЬЮ ВОДЯНОГО ПАРА**, что соответствует полному насыщению воздуха водяным паром



## ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

**АБСОЛЮТНАЯ ВЛАЖНОСТЬ**,  $f$ , г, характеризует количество влаги в 1 м<sup>3</sup>-воздуха.

**ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ** ( $\varphi, \%$ ) представляет собой отношение действительной упругости водяного пара ( $e$ ) к максимальной при данной температуре ( $E$ ), выраженной в процентах:

$$\varphi = \frac{e}{A} \cdot 100, \%$$

По величине различают ***влажностный режим*** помещений:

- сухой (50%);
- нормальный ( 50-60%);
- влажный (61-75%);
- мокрый (75%).

**комфортная для человека  
влажность 50-60% при  
температурах 18-22°C**

### ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Температуру, при которой наступает состояние **полного насыщения воздуха водяным паром** ( $\varphi = 100\%$  и  $E = e$ ), называют **ТЕМПЕРАТУРОЙ ТОЧКИ РОСЫ**

**Конденсация влаги на строительных конструкциях, ограждениях** зданий вызывает процессы, требующие учета при проектировании и эксплуатации зданий (**снижение теплозащитных качеств** увлажненных конструкций и их **долговечности**, образование **грибков и гниения, коррозии** и т.п.).

### ВЕТЕР

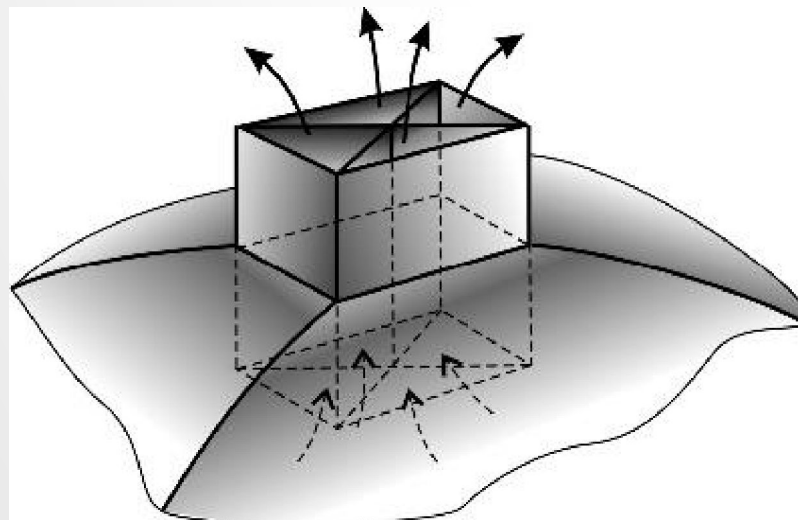
- определяет микроклиматическое состояние в городской среде (распределение температуры, влажности воздуха и т.п.),
- влияет на тепловые ощущения человека и экологическую ситуацию

## Башня ветров в Афинах



Опоясывающий верх башни «фриз» с аллегорическим изображением восьми ветров— Борей (северный), Кайкий (северо-восточный), Афелий (восточный), Эвр (юго-восточный), Нот (южный), Липс (юго-западный), Зефир (западный) и Скирон (северо-западный). Послужила прообразом обсерватории Радклиффа в Оксфорде (1794) и одноимённой башни в Севастополе (1849).

## Ветровая «ловушка» (с использованием гравитационного давления)



Воздухообмен обеспечивается при малейших ветерках любого направления и даже в штили за счет гравитационного давления (удаления через шахту перегретого воздуха и вовлечения в сооружение менее нагретого воздуха)

**ВЕТЕР**

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА

- Скорость ветра, м/с
- повторяемость ветра по румбам, в % (без учета штилей)

В табличной форме или графически в виде «**розы ветров**»

### 8 румбов:

- северный (С)
- северо-восточный (СВ)
- восточный (В)
- юго-восточный (ЮВ)
- южный (Ю)
- юго-западный (ЮЗ)
- западный (З)
- северо-западный (СЗ)

**ВЕТЕР**

**Измеряются параметры:**

- **скорость ветра (м/с) максимальная между сроками измерений (т.е. в последние 3 часа)**
- **средняя скорость ветра за 10 мин (как правило 45 – 55 мин или 40 – 50 мин последнего часа перед сроком;**
- **максимальная скорость ветра в срок (т.е. те 10 мин, когда измеряется средняя скорость);**
- **среднее направление ветра за 2 мин (градус, румб).**

**Стандартная высота флюгера  
составляет 10 м от поверхности земли**

**ВЕТЕР**

**В современных условиях учет ветрового режима идет по четырем направлениям:**

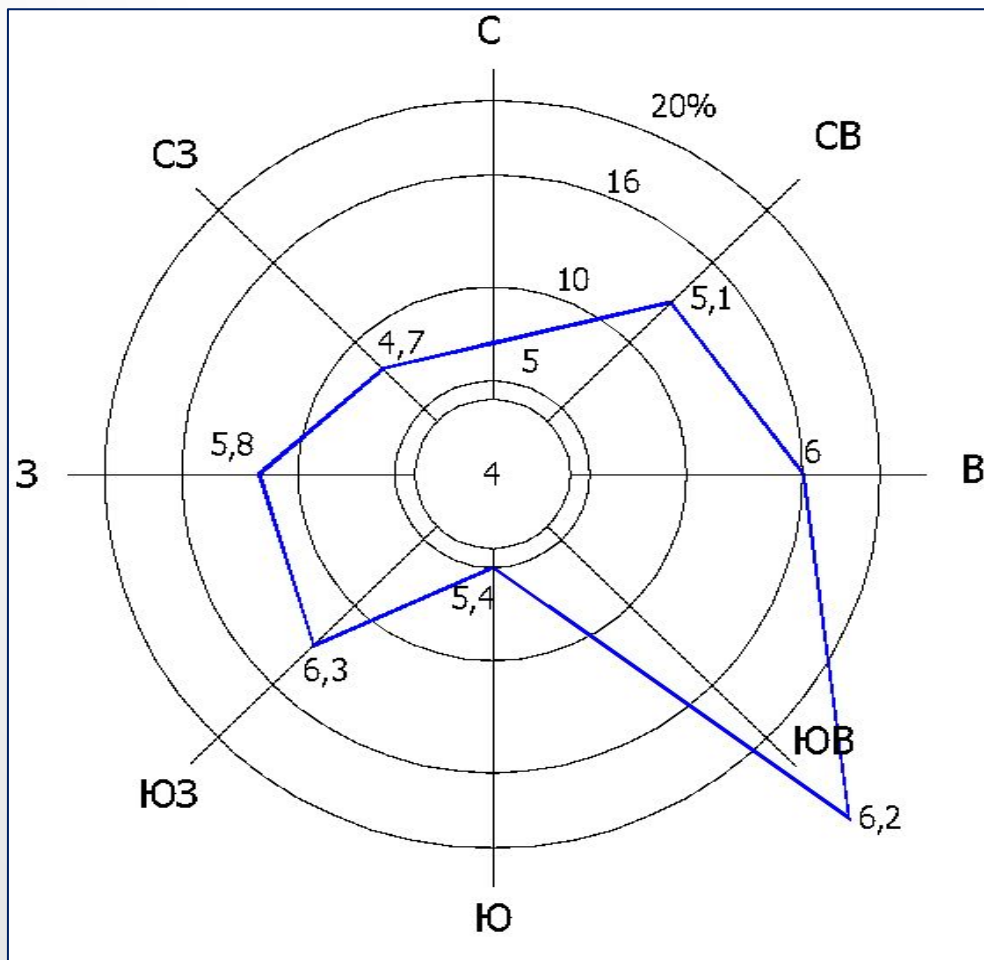
- 1) учет ветрового режима при планировке и застройке городов и территорий (в т.ч. аэрация)**
- 2) учет охлаждающего действия ветра на людей и здания**
- 3) учет ветра при проектировании воздухообмена в зданиях**
- 4) учет ветра как нагрузки**



**ВЕТЕР**

**РОЗА ВЕТРОВ** - обобщенная графическая информация о ветре по румбам

строится по значениям повторяемости и средней скорости ветра



# ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ

## ВЕТЕР

Значения для восьми румбов содержатся в таблицах ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2011. Будівельна кліматологія:

- повторяемость направлений ветра, %;
- средней скорости ветра, м/с;
- повторяемость штилей, %.

### Пример записи данных про ветер для января и июля

Місто <sup>α</sup>	Повторюваність напрямків вітру (чисельник), %, середня швидкість вітру по напрямках (знаменник), м/с <sup>α</sup>								Повторюваність штилів, % <sup>α</sup>
<b>¶</b> Назва міста <sup>α</sup>	<b>Січень<sup>α</sup></b>								<b>¶</b> 7 <sup>α</sup>
	<u>Пн<sup>α</sup></u>	<u>ПнС<sup>α</sup></u>	С <sup>α</sup>	<u>ПдС<sup>α</sup></u>	<u>Пд<sup>α</sup></u>	<u>ПдЗ<sup>α</sup></u>	З <sup>α</sup>	<u>ПнЗ<sup>α</sup></u>	
	$\frac{12}{5,2}$	$\frac{5}{4,0}$	$\frac{4}{4,9}$	$\frac{16}{5,5}$	$\frac{16}{5,8}$	$\frac{20}{5,9}$	$\frac{13}{5,1}$	$\frac{14}{5,0}$	
	<b>Липень<sup>α</sup></b>								<b>¶</b> 7 <sup>α</sup>
	<u>Пн<sup>α</sup></u>	<u>ПнС<sup>α</sup></u>	С <sup>α</sup>	<u>ПдС<sup>α</sup></u>	<u>Пд<sup>α</sup></u>	<u>ПдЗ<sup>α</sup></u>	З <sup>α</sup>	<u>ПнЗ<sup>α</sup></u>	
$\frac{14}{4,6}$	$\frac{18}{4,0}$	$\frac{6}{3,7}$	$\frac{8}{3,7}$	$\frac{8}{3,7}$	$\frac{14}{4,4}$	$\frac{15}{3,7}$	$\frac{17}{4,3}$		

**ВЕТЕР**

*Вертикальный профиль скоростей.*

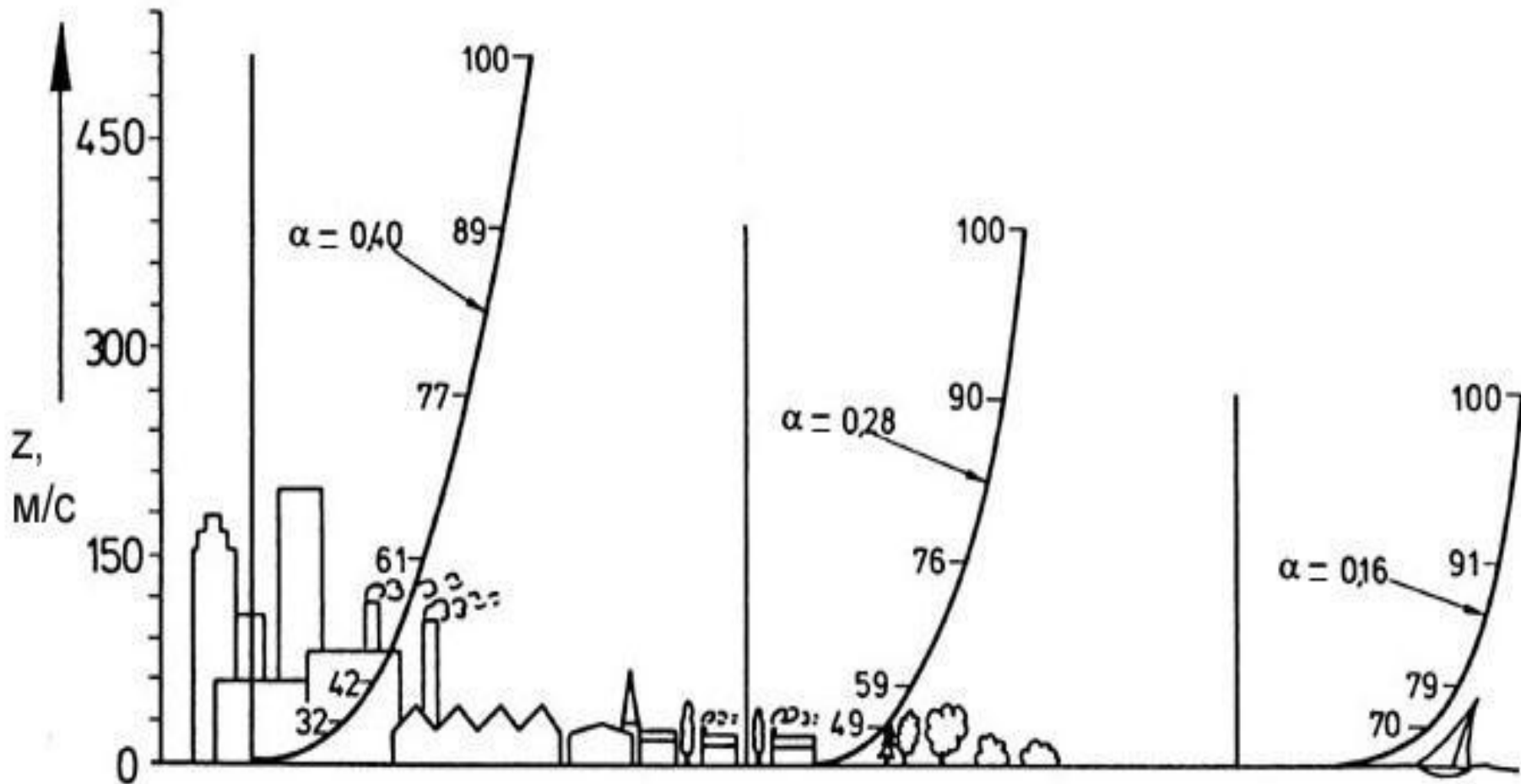
С ростом высоты скорость ветра увеличивается и меняется его направление под действием сил Кориолиса

Два закона распределения скорости ветра по высоте:  
**логарифмический и степенной.**

Логарифмический закон более точен для  
установления скорости на высотах до 100 -  
200 м, что что подходит для территории  
городской застройки.

**ВЕТЕР**

*Вертикальный профиль скоростей над характерными шероховатостями земной поверхности*



***Вертикальный профиль скоростей.***

Если известна средняя скорость  $\bar{u}_{ref}$  на любой фиксированной высоте  $z_{ref}$  (флюгер метеостанции), то **логарифмический закон** распределения скоростей имеет вид:

$$\frac{\bar{u}_z}{\bar{u}_{ref}} = \frac{\ln\left(\frac{z - d_0}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref} - d_0}{z_0}\right)}$$

$\bar{u}_z$  - средняя скорость на высоте  $z$

$z_0$  - параметр шероховатости (высота, на которой скорость равна 0)

$d_0$  - толщина вытеснения (составляет около 2/3 высоты преград)

**ВЕТЕР**

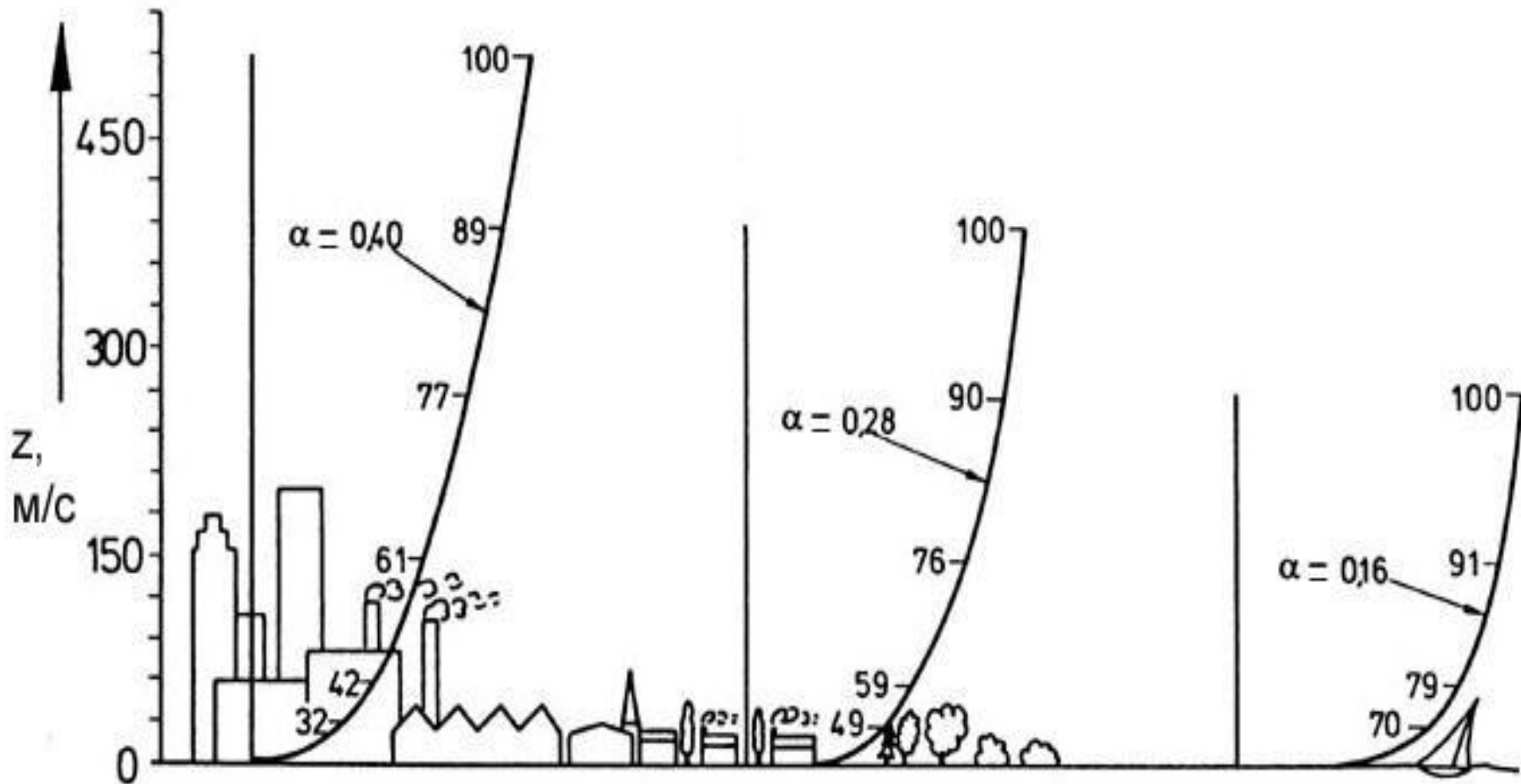
*Вертикальный профиль скоростей.*

в приземном слое **логарифмический** закон  
распределения скорости ветра является  
частным случаем более общего **степенного** закона

$$\frac{\bar{u}_z}{\bar{u}_{ref}} = \left( \frac{z}{z_{ref}} \right)^\alpha \quad \text{где } \alpha - \text{показатель степени}$$

**ВЕТЕР**

*Вертикальный профиль скоростей над характерными шероховатостями земной поверхности*



# КАТЕГОРИИ ТЕРРИТОРИЙ И ЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН $z_0$ И $D_0$

Приняты в европейских стандартах

№	Категория территории	$z_0$ , м	$d_0$ , м
1	Центр города, лес	0,70	15 - 25
2	Маленькие города Пригород населенных пунктов и городов Лесные массивы (много деревьев)	0,3	5 -10
3	Окраина маленьких городов Деревни Загород с большим количеством преград	0,1	0 – 2
4	Открытые территории (за городом) с некоторым количеством деревьев, преград и отдельно стоящими зданиями, обрабатываемые с/х территории	0,03	0
5	Луга с отдельно стоящими деревьями	0,01	0
6	Море в экстремальном шторме (раз в 50 лет) Равнинная территория с короткой травой и без препятствий Территория взлетно-посадочных полос аэропортов	0,003	0
7	Море в экстремальном шторме (раз в год) Сельскохозяйственная территория, покрытая снегом Равнина или пустыня Поверхность озер в экстремальном шторме	0,001	0



**ВЕТЕР**

В инженерных расчетах принято три типа местности:

**первый (А)** – открытые побережья озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра, для которых  $\alpha = 0,16$

**второй (В)** – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м, для которых  $\alpha = 0,22$

**третий (С)** – местность с крупными элементами шероховатости (городские районы с застройкой зданиями более 25 м), для которой  $\alpha = 0,33$

**ВЕТЕР**

*Рубежные значения скоростей ветра.*

На основании гигиенических и социологических исследований установлены **рубежные значения скоростей:**

- более 4 м/с - вызывают дискомфорт у пешеходов;
- более 6 м/с – начало переноса снега и песка;
- более 12 м/с – возможны механические повреждения строительных конструкций.

### ОСАДКИ

Характеризуются **суммой осадков**, мм, за год и максимальных в месяц.

#### **Данные об осадках используются при расчетах:**

- ливневой канализации;
- водоотвода с кровли;
- снеговой нагрузки на здания и сооружения;
- снегопереносов на территории застройки.

## ОСАДКИ

### В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

- учет интенсивных осадков при проектировании дождевого стока с городских территорий и
- учет снегозаносов городских территорий при метелях.

### В АРХИТЕКТУРНО- СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

- задачи проектирования водоотвода с кровли с учетом интенсивности осадков, увлажнение стен зданий косыми дождями (дожди с ветром) и
- учет снеговых нагрузок на здания.

**ОБЛАЧНОСТЬ**

Количество облаков характеризуется степенью покрытия облаками небосвода.

В метеорологии принята 10-ти балльная система (0 – облаков нет, 10 – полное покрытие неба).

Установлено, что **облачность**:

- смягчает зимние температуры из-за ограничения противоизлучения поверхности земли;
- летом ослабляет нагревание почвы, улучшая микроклимат;
- влияет на инсоляцию.

**АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ**

**Давление зависит от нагрева поверхности Земли**

**Нормальное давление принято для 45° с. ш. при температуре наружного воздуха 0 °С равным 760 мм рт. ст. (1 мм рт. ст = 133,322 Па, 1 атм. = 1013425 Па)**

**С увеличением высоты над уровнем моря происходит падение давления, и эта особенность учитывается при строительстве**