

### Лабораторна робота № 3.

#### **Визначення вологості та швидкості руху повітря, їх гігієнічне значення.**

**Мета роботи:** Засвоїти теоретичні знання про гігієнічне значення вологості та швидкості руху повітря, оволодіти навичками їх визначення та гігієнічної оцінки.

#### **Вологість повітря**

**Вологість повітря** – вміст в повітрі водяних парів, пружність яких можна виміряти висотою ртутного стовпчика в мм (мм рт.ст.). Для різних температур повітря існують відповідні рівні насиченості його водяними парами. Коли цей рівень перевищений, волога виділяється у вигляді туману, роси, інею.

**Абсолютна вологість** – це кількість води (г), що міститься в 1 м<sup>3</sup> повітря при даній температурі. Для розрахунків користуються також парціальним тиском – пружністю водяної пари, яку вимірюють у мм рт. ст. Абсолютна вологість повітря корелює з пружністю водяної пари, що в ній міститься, при тій же температурі. Пружність водяної пари не може збільшуватися безмежно за рахунок надходження води ззовні й має визначене максимальне значення.

**Максимальна вологість** – це необхідна кількість водяних парів для повного насичення 1 м<sup>3</sup> повітря. З підвищенням температури зростає і максимальна вологість.

**Відносна вологість** – відсоткове співвідношення абсолютної та максимальної вологості, або інакше – відсоток насичення водяною парою повітря в момент спостереження.

Найважливіше знати відносну вологість: вона дає уявлення про насичення повітря водяними парами та вказує на його здатність прийняти їх додаткову кількість при випаровуванні з поверхні тіла. Наприклад, чим нижча відносна вологість повітря, тим менше повітря насичене водяними парами.

Вологість впливає на процеси тепловіддачі. Підвищена вологість повітря при високій температурі викликає перегрівання організму, оскільки утруднена тепловіддача (випаровування поту), особливо при м'язовій роботі.

Низька вологість повітря при високій температурі сприяє хорошій тепловіддачі та дозволяє легше переносити жару (сухе повітря забезпечує швидке випаровування поту).

Підвищена вологість при низьких температурах сприяє охолодженню тіла, оскільки посилена тепловіддача. Тривале перебування в умовах високої вологості повітря при температурі нижче 10-15<sup>0</sup> С може викликати переохолодження. Це пов'язано з тим, що підвищується теплопровідність повітря, бо водяні пари мають вищу теплоємність, ніж повітря. Підвищується теплопровідність і тканин одягу, тому тепло швидко покидає простір під одягом.

Норма відносної вологості для приміщень – 30-60%. При температурі 15-20<sup>0</sup> С – 40-60%, а при м'язовій діяльності – 30-40%.

Вологість повітря характеризується ще такими показниками:

- дефіцит насичення – різниця між максимальною і абсолютною вологістю;
- фізіологічний дефіцит вологості – різниця між максимальною вологістю при 37<sup>0</sup> С (температура тіла) і абсолютною вологістю в момент спостереження (цей показник вказує, скільки грамів води може витягнути з організму кожен кубічний метр повітря, яке надходить у легені);
- точка роси – температура, при якій водяні пари, що знаходяться в повітрі, насичують простір. При такій температурі вода переходить у краплинорідкий стан, тобто осаджується роса.

Для житлових приміщень гігієнічною нормою відносної вологості є 30-60%. У спортивних приміщеннях відносна вологість у холодний період року має бути 40-45%, а в теплий – 50-55%.

Вологість повітря визначають **психрометрами і гігрометрами**. За допомогою гігрографів записуються коливання вологості.

Психрометри поділяються на **станційні** (психрометр Августа – рис. 6) та **аспіраційні** (психрометр Ассмана – рис. 7).

**Психрометр Августа** складається з двох однакових термометрів, зафіксованих паралельно один до одного на відстані 5 см на спеціальному штативі або у відкритому футлярі. Резервуар одного з термометрів обгорнутий тонкою тканиною (батист, марля), кінець якої опущений у посудину з дистильованою водою. Завдяки випаровуванню з поверхні резервуара вологого термометра спирт у ньому охолоджується і температура знижується. Із зниженням температури виникає різниця між показами сухого і вологого термометрів, що й дає змогу знайти кількість водяної пари у повітрі (абсолютну вологість).

**Абсолютну вологість повітря** обчислюють за формулою  $A = B - a(t - t_1)H$ ,

де  $A$  – абсолютна вологість, мм рт. ст.;

$B$  – максимальний тиск (мм рт. ст.) водяної пари у повітрі при температурі вологого термометра (значення беруть із табл. 1),

$a$  – психрометричний коефіцієнт, який дорівнює 0,00128 при визначенні вологості в нерухомому кімнатному повітрі і 0,0010 – у приміщенні з невеликим рухом повітря, 0,0009 – у зовнішній атмосфері в безвітряну погоду та 0,00079 – за наявності невеликого вітру;

$t$  – температура сухого термометра, °С;

$t_1$  – температура вологого термометра, °С;

$H$  – атмосферний тиск, мм рт. ст.

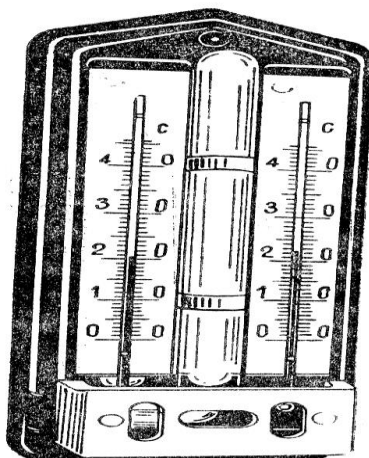


Рис. 6. Станційний психрометр

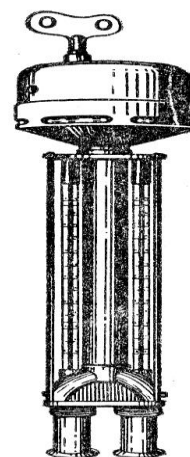


Рис. 7. Аспіраційний психрометр

**Аспіраційний психрометр Ассмана** також складається з сухого й вологого термометрів. Обидва термометри поміщено в металеву оправу, а їх резервуари захищені подвійними металевими гільзами від впливу променистої радіації (відбивають теплові промені). У верхній частині приладу знаходиться аспіраційний вентилятор, що забезпечує постійну швидкість повітря, яке оточує з усіх боків резервуари термометрів. При встановленні вологості повітря після фіксації приладу в місці визначення вологості резервуар вологого термометра змочують дистильованою водою, потім спеціальним ключем заводять аспіраційний вентилятор і відлік температури здійснюють через 5 хв. спостереження влітку і 15 хв. взимку.

**Абсолютну вологість повітря** знаходять за формулою:  $A = B - 0,5(t - t_1)(H/755)$ ;

де  $A$  — шукана абсолютна вологість, мм рт. ст.;  $B$  – максимальна вологість (мм рт. ст.) при температурі вологого термометра (дані табл. 1);  $t$  – температура сухого термометра, °С;  $t_1$  – температура вологого термометра, °С;  $H$  – атмосферний тиск, мм рт. ст.

**Відносну вологість повітря** обчислюють за формулою  $C = (A/F) \times 100\%$

де  $C$  – шукана відносна вологість, %;

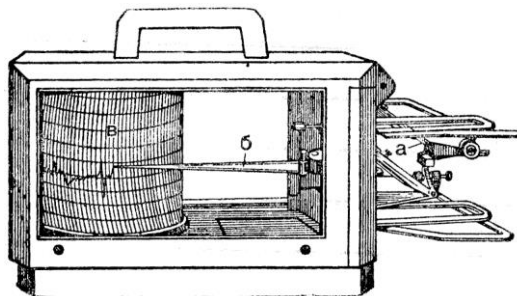
$A$  – абсолютна вологість повітря, мм рт. ст.;

$F$  – максимальна вологість (мм рт. ст.) при температурі сухого термометра (дані з табл. 1).

Точку роси для встановленої абсолютної вологості повітря визначаємо за результатами табл. 2, де знаходимо температуру, при якій даний тиск водяної пари відповідає її максимальній пружності. Наприклад, при абсолютній вологості повітря 10,5 мм рт. ст. точка роси становить  $12^\circ \text{C}$ .

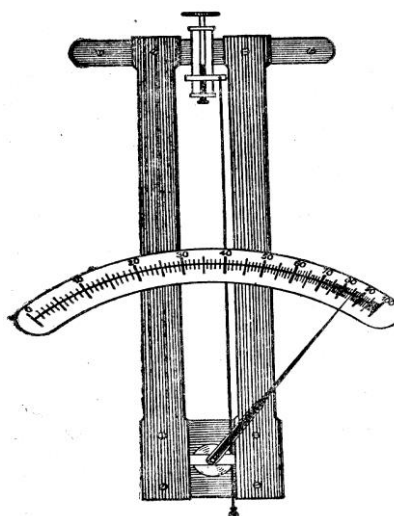
Допустима мінімальна температура на внутрішній поверхні стіни для запобігання конденсації вологи в приміщенні з вологістю повітря 60% і температурою  $18^\circ \text{C}$  не може бути нижчою  $12^\circ \text{C}$ , оскільки при цій температурі починається конденсація.

З метою вивчення змін вологості повітря застосовують **гігрографи** (рис. 8). Гігрограф побудований за зразком термографа й відрізняється від нього реєструючою частиною, яка являє собою пучок знежиреного волосся, яке захищене від зовнішніх впливів металевою сіткою. При вологому повітрі волосини здовжуються, при сухому – вкорочуються. Зміна довжини волосин передається за допомогою важелів до самописного пера, яке накреслює криву ходу відносної вологості на стрічці барабана з годинниковим механізмом, що обертається. Покази гігрографа необхідно звіряти з даними аспіраційного психрометра.



**Рис. 8. Гігрограф**

Відносну вологість вимірюють гігрометром (рис. 9). Добре очищена і знежирена світла волосина одним кінцем прикріплена до рамки штатива, а другим – перекинута через блок і трішечки натягується невеликим вантажем. До блока прилаштовано стрілку, яка залежно від зміни довжини волосини переміщується вздовж «шкали», градуйованої у відсотках відносної вологості



а – пучок знежиреного волосин; б – перо; в – барабан з годинниковим механізмом

**Рис. 9. Гігрометр**

**Максимальна пружність водяної пари (мм рт. ст.)  
при різних температурах (°C)**

Цілі гра- дуси	Десяті частки градуса									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
- 5	3,16	3,13	3,11	3,09	3,06	3,04	3,02	2,99	2,97	2,95
- 4	3,40	3,38	3,35	3,33	3,30	3,28	3,25	3,23	3,21	3,18
- 3	3,67	3,64	3,62	3,59	3,56	3,53	3,51	3,48	3,46	3,43
- 2	3,95	3,92	3,89	3,86	3,84	3,81	3,78	3,75	3,72	3,70
- 1	4,26	4,22	4,19	4,16	4,13	4,10	4,07	4,04	4,01	3,98
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,78	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,52	5,56	5,60	5,64
3	5,68	5,72	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,96
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,56	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,04	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,62	8,67	8,73	8,79	8,84	8,90	8,96	9,02	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,58	9,63	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,08	11,16
13	11,23	11,30	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,20	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,67	16,79	16,89	17,00	17,10	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,08	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,76	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,98	22,10	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,78	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,18
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,52	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,74	30,92	31,10	21,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,86	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94

Плівковий гігрометр являє собою металевий каркас зі шкалою і стрілкою. Стрілка з'єднана з натягнутою на металеве кільце біологічною плівкою, розширення або скорочення якої передається стрілці, що пересувається вздовж шкали.

У житлових, побутових, лікарняних та інших приміщеннях нормальна відносна вологість повинна становити 30...60%. При фізичній роботі й температурі повітря вище 20° С або нижче 15° С відносна вологість повітря не повинна перевищувати 30...40%. При температурі понад 25° С відносна вологість бажано знижувати до 20...25%.

### **Протокол дослідження вологості повітря**

1. Дата та час дослідження.
  2. Назва приміщення, де проводили вимірювання вологості повітря.
  3. Система опалення приміщення.
  4. Назва приладу, за допомогою якого визначали вологість повітря.
  5. Температура повітря за показами сухого термометра.
  6. Температура повітря за показами вологого термометра.
  7. Атмосферний тиск у момент спостереження.
  8. Абсолютна вологість повітря.
  9. Максимальна вологість повітря.
  10. Відносна вологість повітря.
  11. Гігієнічна оцінка, рекомендації.
- Підпис \_\_\_\_\_ .

### **Швидкість руху повітря**

Важливою фізичною властивістю повітря є його **рух**, що виникає внаслідок нерівномірного розподілу атмосферного тиску та температури. В метеорології рух повітря характеризується напрямком за сторонами світу, звідки є вітер (румб) та швидкістю. Напрямок вітру враховують при виборі місць спортивних змагань, будівництві промислових підприємств. Їх розташовують з повітряного боку. Визначити напрямок та швидкість руху повітря можна за допомогою **флюгера**. Ці прилади являють собою звичайно металеві трубки, що вільно обертаються на металевому стрижні. У середній частині трубки знаходиться флюгер з лопастями, який завжди стає проти вітру, у верхній – анемометр, який служить для визначення швидкості руху повітря.

Для вивчення напрямків вітру в даній місцевості горизонт поділяють на 8 румбів: північ, північний схід, схід, південний схід, південь, південний захід, захід, північний захід і креслять спеціальну схему, що називається „роза вітрів” (рис. 10). Роза вітрів може бути складена за місячними, річними та сезонними даними, її будують відкладанням у певному масштабі від центра на лініях румбів відрізків, що відповідають числу (повторюваності) вітрів у даному напрямі за період спостережень. Крайні точки відрізків з'єднують прямими лініями. Штиль (відсутність вітру) зображується колом у центрі рози вітрів, радіус якого дорівнює числу штилів.

Велика швидкість руху повітря при низькій температурі сприяє охолодженню організму, а при високій – збільшує віддачу тепла через конвекцію та випаровування. Вплив вітру сприятливий тоді, коли температура повітря нижча, ніж температура тіла, в іншому випадку можливе перегрівання організму. Прохолодний та помірний вітер тонізує організм людини, сильний і тривалий – викликає збудження та дратівливість – має нервово-психічну дію.

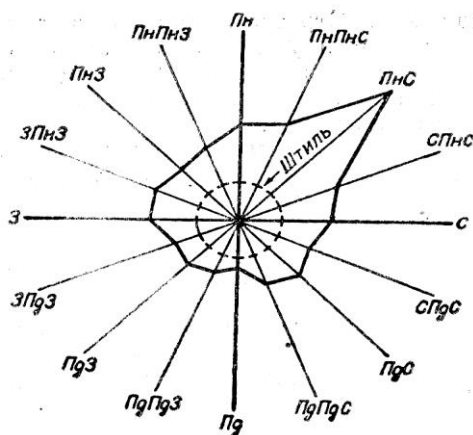


Рис. 10. Роза вітрів

Влітку найсприятливішою є швидкість руху повітря 1 – 4 м/с , а у житлових приміщеннях вона не повинна перевищувати 0,1 – 0,3 м/с . Швидкість вітру вимірюється метрами на секунду або балами.

Комфортні умови – умови, при яких спостерігається тепла рівновага та нормальний перебіг фізіологічних реакцій. Дискомфортні – порушення теплорегуляції організму. Висока температура, вологість, мала швидкість руху повітря – небажані умови: погана тепловіддача, підвищення теплопродукції – перегрівання. Низька температура і висока вологість при сильному вітрі – охолодження.

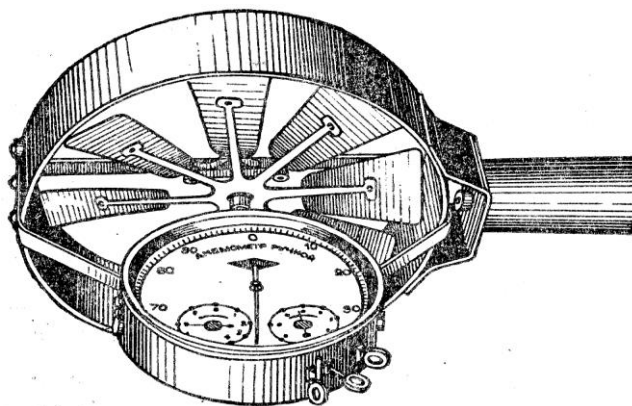
Теплові поверхневі повітряні течії йдуть від екватора до полюсів, а більш холодні низькі йдуть в зворотному напрямку (антипасати і пасати). Повітряні маси, які утворюються у більш теплих місцевостях, рухаються переважно з заходу на схід і називаються **циклонами**, а повітряні маси, що виникли в більш холодних місцях і рухаються в зворотному напрямку – **антициклонами**.

Гігієнічне значення руху повітря полягає в його властивості збільшувати віддачу тепла способом конвенції. В спортивних залах для боротьби, настільного тенісу та критих катках швидкість руху повітря – 0,3 м/сек., в решта спортивних залах для підготовчих занять – 0,5 м/сек., в критих басейнах 0,2 м/сек. Наприклад, якщо вона становить 2 м/сек., то у змаганнях з легкої атлетики (спринт та стрибки у довжину) не фіксують рекорди.

Для визначення швидкості руху повітря на відкритих майданчиках користуються **анемометрами** (рис. 11), а у приміщеннях – **кататермометрами**.

У гігієнічній практиці застосовуються динамічні та статичні анемометри. Принцип дії динамічних анемометрів ґрунтується на обертанні повітрям легких лопастей, оберти яких передаються через систему зубчастих коліс лічильному механізму з циферблатом і вказівною стрілкою. Розрізняють два типи таких анемометрів: крильчасті й чашкові.

Крильчастий анемометр являє собою колесо з алюмінієвими крилами, що обертається. Коли колесо перебуває в зоні рухомого повітря, воно починає обертатися відповідно до швидкості руху повітря. Обертання колеса за допомогою зубчаток передається стрілці, яка рухається по проградуєваній в умовних одиницях шкалі циферблата. Діапазон вимірювань крильчастого анемометра становить 0,5...15м/с.



**Рис. 11. Крильчастий анемометр**

Визначаючи швидкість руху повітря, анемометр установлюють таким чином, щоб вісь колеса була спрямована паралельно до течії повітря. Відмічають положення стрілки і роз'єднують її з колесом спеціальним пристроєм, який знаходиться в приладі. Коли оберти крил анемометра досягають найбільшої швидкості, пересувають важілець і, з'єднуючи стрілку з колесом, вмикають секундомір. Спостереження провадять протягом 3 хв., потім стрілку зупиняють і відлічують покази приладу. Різницю показів приладу в умовних одиницях ділять на час вимірювання в секундах, швидкість руху повітря визначають за графіком (додається до приладу), в якому наведено співвідношення між числом умовних поділок за одну секунду і швидкістю руху повітря в метрах за секунду, оскільки покази приладу не є прямими.

**Чашковий анемометр** складається із чотирьох порожнистих металевих півкуль і призначений для метеорологічних спостережень у відкритій атмосфері. За допомогою цього приладу можна виміряти швидкість руху повітря у великих межах (1...50 м/с). Існують так звані диференційні анемометри, які дають змогу вимірювати швидкість руху повітря, починаючи від 0,02 м/с.

Сутність конструкції диференційного анемометра полягає в тому, що тертя осі колеса компенсується завдяки тому, що колесо штучно приводиться в рух за допомогою повітря, спрямованого вмонтованим у нижній частині приладу вентилятором на крила анемометра. Вентилятор відрегульований таким чином, що потік повітря, який підіймається до крил анемометра, викликає рух колеса зі швидкістю 30 м/хв. При пуску вентилятора на колесо анемометра спрямовується потік повітря, який викликає зменшення швидкості обертання. Стрілка анемометра тоді вказує не 30 м/хв, а менше. Шукана швидкість руху повітря дорівнює різниці показів анемометра.

Швидкість руху повітря в приміщеннях визначають за допомогою кататермометрів – спиртових термометрів з циліндричним або кулястим резервуаром і розширеним зверху капіляром. Шкала, циліндричного кататермометра нанесена в межах 35...38°, кулястого – 34...40°. Зануливши кататермометр у водяну баню (75...80 °С), стежать, щоб спирт заповнив верхнє розширення капіляра на 1/2–1/3. Потім прилад виймають із води, витирають і підвішують у місці дослідження. Охолодження кататермометра супроводжується опусканням спирту із розширеної його частини. До початку відліку часу минає декілька хвилин, і цього досить, щоб між склом приладу й оточуючим повітрям виникла теплова рівновага. При охолодженні кататермометра реєструють час, за який спирт опускається від максимальної поділки шкали до мінімальної. Потім обчислюють охолоджувальну здатність повітря  $H$  для циліндричного кататермометра за формулою:  $H = P : T$ .

На практиці швидкість та силу вітру оцінюють за шкалою Бофорта (табл. 2).

### Оцінка швидкості та сили вітру за шкалою Бофорта

Бал	Швидкість вітру, м/с	Характеристика вітру	Візуальна оцінка
0	0-0,5	Штиль	Дим підіймається вертикально, листя нерухоме.
1	0,6-1,7	Тихий	Подуви флюгера непомітні, напрямок визначається за димом.
2	1,8-3,3	Легкий	Подуви вітру відчутно обличчям, листя ворухиться.
3	3,4-5,2	Слабкий	Листя й тонкі гілки ворухаться.
4	5,3-7,4	Помірний	Тонкі гілки ворухаться, здіймається пилюка.
5	7,5-9,8	Свіжий	Хитаються тонкі стовбури дерев.
6	9,9-12,4	Сильний	Хитаються товсті стовбури дерев.
7	12,5-15,2	Дужий	Хитаються стовбури дерев, гнуться великі гілки, проти вітру відчувається опір.
8	15,3-18,2	Дуже сильний	Вітер ламає тонкі гілки, утруднює рух.

Продовження таблиці 6.

9	18,3-21,5	Шторм	Вітер завдає великих руйнувань.
10	21,6-25,1	Сильна буря	Вітер завдає великих руйнувань.
11	25,2-29,0	Дуже сильна буря	Вітер завдає великих руйнувань.
12	29 і більше	Ураган	Вітер завдає великих руйнувань.

### Протокол

#### визначення швидкості руху повітря за допомогою

1. Дата та час дослідження.
2. Місце визначення швидкості руху повітря.
3. Назва приладу, за допомогою якого визначали вологість повітря.
4. 2-ий показ шкали.
5. 1-ий показ шкали.
6. Різниця показів.
7. Час роботи приладу.
8. Кількість поділок приладу за 1 с.
9. Швидкість руху повітря.
10. Гігієнічна оцінка, рекомендації.

Підпис \_\_\_\_\_ .

### Контрольні запитання

1. Які поняття застосовують для характеристики вологості повітря?



2. Яка будова психрометрів і як ними користуватися?
3. Як визначити абсолютну вологість повітря?
4. Як визначити максимальну вологість повітря?
5. Як визначити відносну вологість повітря?
6. Як впливає висока вологість повітря на організм людини?
7. Як впливає низька вологість повітря на організм людини?
8. Як визначити фізіологічний дефіцит насичення?
9. Які норми вологості повітря у житлових та спортивних приміщеннях?
10. Яке значення має визначення напрямку та швидкості руху повітря?
11. Яка будова флюгера і як з його допомогою можна визначити напрям вітру?
12. Що таке роза вітрів, як її побудувати та використати при розміщенні спортивних споруд?
13. Як за допомогою анеометрів визначити швидкість руху повітря?
14. Які існують норми швидкості руху повітря в різних приміщеннях?