

ВЕНТИЛАЦИЯ НА СКЛАДОВЕ ЗА ПРОМИШЛЕНИ ВЗРИВНИ ВЕЩЕСТВА С ВЕТРОВЕНТИЛАТОРИ

Захари Динчев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; dinchev@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Проветряването на обекти със специален режим, като складове за промишлени взривни вещества е специфична задача, предопределена от особения режим на достъп от една страна и от друга – с изисквания за поддържане на определени микро-климатични условия в тях. Прилагането на механична вентилация предоставя специални изисквания към електрическите съоръжения и често пъти се избягва. Съгласно действащите правилници и инструкции вентилацията на складовете се извършва чрез инфилтрация и чрез естествено насочено проветряване посредством отваряне на прозорците и врати за определено време. Човешкият фактор определя възможността и целесъобразността на проветряването на складовете за промишлени взривни вещества, което води до незадоволителни резултати. Статията представя един особен подход – проветряване на такива обекти с не електрически, задвижвани от енергията на вятъра ветровентилатори. Анализирани са необходимите условия за прилагане на този подход - предварителни анализи, измервания и изчисления, съответствие с режима на работа и проветряване на складовете за промишлени взривни вещества. Представен е метод за избор на подходящи типоразмери и брой вентилатори за осигуряване на вентилацията с конкретни видове ветровентилатори. Даден е пример за оразмеряване на реални складове за съхраняване на промишлени взривни вещества.

Ключови думи: вентилация; естествено проветряване; ветровентилатори; складове за експлозиви; съхраняване на взривни вещества

WIND VENTILATION OF INDUSTRIAL EXPLOSIVES STORAGE FACILITIES

Zahari Dinchev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, dinchev@mgu.bg

ABSTRACT. Ventilation of special facilities such as industrial explosive stores is a specific task predefined by the particular access regime, on the one hand and by the requirements for maintaining of exactly specified micro-climatic conditions therein, on the other hand. Mechanical ventilation is associated with special requirements in respect of electrical equipment, and often avoided its implementation. Under the current rules and instructions ventilation of stores is done through infiltration and directed by natural ventilation by opening windows and doors for a specified time. The human factor determines the possibility and advisability of ventilation of stores for industrial explosives, leading to unsatisfactory results. The paper discusses and presents one particular approach – ventilation of such premises by means of engineless wind driven ventilator. The necessary preconditions for implementation of such approach are analyzed – preliminary analyses, measurements and calculations, compliance with work regime and ventilation of explosive stores. Presented is a method for selecting the suitable windventilator and number of fans to provide ventilation. An example for windventilation of real stores for industrial explosives.

Keywords: ventilation, storage, industrial explosives, windventilator, natural ventilation, wind driven ventilator

Въведение

Настоящата статия представя идеята за осъществяване на вентилацията на складове за промишлени взривни вещества с ветровентилатори. Турбинните ветровентилатори се използват като ефективно средство за изсмукване на въздуха от затворени пространства (помещения), които нямат производствени разходи за електроенергия и поддръжка поради факта, че се задвижват от вятъра. През последните години се наблюдава увеличаване на използването на тези типове вентилатори за проветряване на производствени помещения, със специфични изисквания по отношение на вентилацията на обекта (фиг. 1).

Преди да се подходи към избор на подходящи съоръжения и ветровентилатори следва да се извършат някои предварителни анализи, разчети и измервания, като:



Фиг.1. Пример за използване на ветровентилатори

- *Анализ на обекта за проветряване;*
Обеми и разположения на помещението, конструктивни особености, температури и влажности, режими на работа на съоръжението като дейност и като начин на проветряване
- *Нормативни изисквания и съгласуваност;*
Целта е да се установят необходимите количества въздух за осъществяване на подходяща вентилация на обекта, както и да спазват специфичните изисквания по отношение на различни нормативни документи и стандарти.

- *Метеорологични измервания на мястото на обекта;*
Целта е да се изследват посоките и големините на вятъра, влиянието на релефа, да се установи връзка с други измервания от близки метеорологични станции, да се провери времето на безветрие, както и сезонните и денонощни колебания. Да се оцени ветровия потенциал на мястото на обекта за вентилация.
- *Приложими схеми и съоръжения за проветряване на обекта.*

Складове за промишлени взривни вещества

Складирането и кратковременното съхранение на взривни материали използвани за промишлени цели се извършва в специално обособени складове. Взривните вещества и материали се складира в различни помещения в които се извършват основните дейности свързани с нормалното функциониране на складовете. Най-често се складира промишлени взривни вещества и материали предназначени за използване в минната индустрия, като тротил и тротилови пресовки, грубодисперсни амонити (ГДА), амонити, нафто-селитрени експлозиви, капсул детонатори, детониращи и огнепроводни шнури и др. Складовете обикновено се изграждат на един етаж с елементи от лек материал и с подходящо закрепване с възможност за лесно изхвърляне при евентуална експлозия (фиг.2). Покривите се проектират от негорими материали и изделия, които трябва да са леки и лесно изхвърлящи се при взрив.



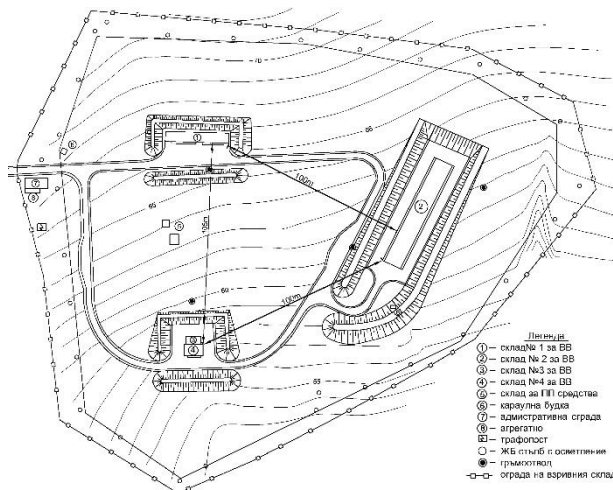
Фиг.2. Помещение на склад за промишлени взривни вещества

На територията на един склад (фиг.3) обикновено се изграждат няколко на брой обваловани помещения (сгради) в които се съхраняват отделните по вид взривни вещества и материали, отдалечени едно от друго на разстояние не позволяващо предаване на детонацията при евентуален взрив.

При складирането на промишлени взривни вещества и материали в помещенията на складовете за съхраняване се отделят основно азотни и серни оксиди, както и малки количества въглероден диоксид. Правилното съхраняване гарантира поддържане на характеристиките на материалите в оптимален за употреба вид. Вентилацията на такива складове трябва да осигури:

- Поддържане на концентрациите на вредности под безопасните нива, за осигуряване безопасни условия на труд на персонала, който извършва основните операции (разтоварване, пренасяне, складиране, почистване и проветряване на складовете и др.);

- Поддържане на подходящи микроклиматични условия (температура, относителна влажност, подвижност на въздуха, кратност на въздухообмена).



Фиг.3. Примерно разположение на сградите на територията на склад за промишлени взривни вещества

Изисквания към вентилацията на складовете

Прегледът на нормативните изисквания за проветряване на складове за съхранение на взривни вещества довежда до извода, че в няколко източника се третира различни проблеми, но липсва цялостна концепция за осигуряване на безопасни вентилационни условия.

В „Наредба № 2 от 10 юли 2000 г. раздел трети – Чл. 33. (1) е записано: „Отоплението, вентилацията и климатизацията на строежите за ВВООБ се проектират съобразно общите изисквания на Нормите за проектиране на отоплителни, вентилационни и климатични инсталации“. Те са публикувани в Бюлетин за строителство и архитектура (БСА), бр. 6, 7, 8 и 9 от 1986 г.; изм. и доп., бр. 6-7 от 1991 г., бр. 10 от 1993 г. и бр. 4-5 от 1994 г.), като е задължително да се спазват специфичните изисквания на наредбата.

По късно през 2005 година „Наредба № 15 от 28 юли 2005г. отменя нормите за проектиране на отоплителни, вентилационни и климатични инсталации предвидени в предходната наредба, като не дава ясна представа за вентилацията на подобен тип сгради.

Към момента в повечето складове липсва вентилация или тя се извършва чрез инфилтрация и напречно продухване. При извършване на проветряване, отговорникът на склада отваря прозорците и вратите, не напуска района на помещението, като му е предоставена задачата да определя възможността и целесъобразността на проветряването, а именно:

- забрана за проветряване при мъгла, дъжд, снеговалеж и висока относителна влажност на въздуха (85-100 %),
- забрана за проветряване по време на силен вятър, гръмотевици и бури;
- забрана за проветряване при температури на външния въздух над 30°C.

Полезно допълнение по отношение на изискванията за вентилацията може да се извлече от чл.16 на Приложение

№4 от Правилника по безопасността на труда при взривни работи:

- Чл.16. Подземните складове за взривни материали се проветряват с отделна въздушна струя, осигуряваща за 1 час 4-кратна обмяна на въздуха във всички изработки на склада.”

Друг норматив, на който можем да се позовем по отношение на количеството на въздуха нужен за проветряване на помещение съхраняващо промишлени взривни вещества, е параграф 28 от Приложение VIII на ПБТ в подземни въглищни рудници, според който количеството въздух се изчислява чрез израза:

$$Q=0,083V_{ск}, m^3/min \quad (1)$$

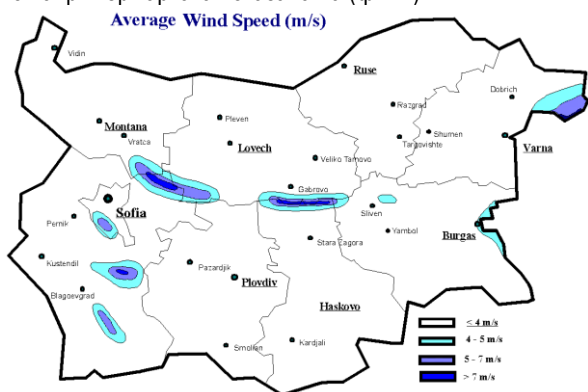
където: $V_{ск}$ е обемът на помещението в склада, m^3

В примерните решения, представени по-нататък в статията, са използвани идеите и регламентите в цитираните документи.

Метеорологични измервания

Метеорологични данни и измервания в България

По официални данни в България действат над 120 метеорологични станции, които регистрират скоростта и посоката на вятъра. Събраните данни от измерванията формират база данни от метеорологични наблюдения. Налични са данни за период от над 70 години, а за последните 10-15 години е създадена и автоматична база данни от метеорологични наблюдения със съвременни измервателни метеорологични станции. Институтът по хидрология и метеорология към БАН публикува статистически обработени данни от тези измервания, като например в табл.1. На базата на тези данни, се съставят карти на ветровия потенциал на територията на страната, като например картата показана на (фиг.4)



Фиг.4. Ветрова карта на България

Освен данните от измерванията на НИМХ при БАН в последните години се наблюдава и формиране на база данни с метеорологични измервания от други фирми и институции в и извън пределите на България. Обмена на информация, интернет и все по-достъпните автоматични метеорологични станции, като цена и възможности правят достъпни данни от много места в България, особено на места където има летища или други граждански обекти. Включването и достъпа на данни от някой космически

технологии (като наблюдения от сателити) също формират собствени бази данни вече с по над 10 години за метеорологичните наблюдения по света и в България, макар и в по едър мащаб като територия.

Използването на данни от неофициални източници крие рискове по отношението на проектирането на вентилационни системи и инженерни съоръжения поради факта, че в повечето случаи не са спазени изискванията на нормативните документи за метеорологични наблюдения¹. Данните от тези наблюдения може да служат за ориентир и следене на тенденции при наблюдаваните параметри и в много малка степен за проектиране. Обикновено скоростта на вятъра се измерва на височина 10 m над терена, като се отчитат стойности, усреднени за десетминутен интервал от време. В Съединените щати осредняването се прави за интервал от 2 минути, а в Индия — от 3 минути. Тези и други разлики се отразяват върху способността да бъдат сравнени данните от измерванията за ветровия ресурс на даденото място.

При проектирането на естествена и механичната вентилация за различни региони у нас се използват систематизирани таблични данни, които са на базата на над 40 – 50 годишни метеорологични наблюдения за съответните географски места. За съжаление тези данни не са актуализирани от близо 15-20 години с последните данни от метеорологичните наблюдения, което може да доведе до голям процент грешка при проектирането. Имайки предвид, че табличните данни са само за някои поголеми градове при съвременното проектиране на вентилационни системи ще е нужно да се търсят конкретни данни за метеорологичните наблюдения на мястото на изграждането им или да се търси подходяща взаимовръзка (корелация) с данни от най-близко стоящите метеорологични станции или дългогодишни наблюдения

В последните години се наблюдава и изменение на параметрите, като средни температури и скорости на вятъра, както и на други параметри в годините назад, което води до основателни въпроси за продължителността на ретроспективния период при използването на данните за проектирането. Някои автори смятат, че би трябвало да се актуализират постоянно данните и те да не бъдат по-стари от период 10-15 години. Това налага формирането на автоматични бази данни със съвременни метеорологични станции за измерване с голяма плътност на разположение, който да покриват все по обширни територии.

Обработка и систематизиране на метеорологичните данни

Наличните ветрови ресурси силно зависят от конкретното местоположение на обекта и заобикалящата го среда. Данните във времето от близките метеорологични станции статистически се обработват и обобщават. Например от метеорологичната станция в гр. Джебел са публикувани следните данни², показани в (табл.2.).

¹ WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO)

² Климатичен справочник за НР България, том IV Вятър. София, 1982

Таблица 2. Средномесечна скорост за гр. Джебел

Време в ден. [часа]	Средномесечна скорост на вятъра за три часа в денонощието												Год.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
7	1.4	2	1.6	1.6	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.9	1.1	1.6	1.1
14	3.5	5.1	5.1	5.7	4.1	3.6	3.5	3.9	3.7	3.8	3.6	3.6	4.1
21	1.6	2.6	2.4	2.2	1.4	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2	1.7

Използването на вече обработени данни води до ограничения за нуждите на проектирането на вентилационните системи, произтичащи от начина на събиране и статистическа обработка на данните.

Метеорологичните данни от НИМХ-БАН, макар и статистически обработени за даден период и конкретно местоположение, са с висока цена, а достъпа до „суровата“ база от данни е невъзможен или скъпо платен, което води до икономически неоправдани разходи за проектиране на вентилационни системи особено за малки обекти. Добра практика е измерването в реално време от метеорологична станция на мястото на обекта с което се осигурява възможност да се натрупа собствена база данни за конкретното място (разположение) и предоставя допълнителни възможности, за вида и начина на обработка на данните от измерванията.

Събиране и обработка на данни от метеорологични наблюдения

Една съвременна метеорологична станция (фиг.5) може да регистрира и запише голям обем данни. Данните се групират по различни показатели:

- Средни или максимални стойности на температура, атмосферно налягане, скорост на вятъра, посока;
- Дневни/нощни стойности на изброените по-горе характеристики;
- Месечни, сезонни, годишни характеристики и др.



Фиг. 5. Метеорологична станция Vantage Pro 2

От групирането и статистическата обработка на данните могат да бъдат получени различни параметри на микроклиматичните условия на дадено място за определени периоди.

Честотно разпределение на скоростите

Зависимостта на специфичната енергия на вятъра от третата степен на скоростта определя този параметър като ключов при определяне на ветровия капацитет. Вятърът се мени като големина и посока за дадено място по сезони, по дни, по часове. Тези промени трябва да се отчетат при проектиране на използваемостта за нуждите на ветровентилацията.

Промените на вятъра за даден период от време се описват чрез функция на честотното вероятностно разпределение. Най добре вариациите на вятъра се описват чрез вероятностното разпределение на Вейбул:

$$h(w_i) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{w_i}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{w_i}{c}\right)^k} \quad (2)$$

където: $h(w)$ е вероятността да има вятър със сила w ;

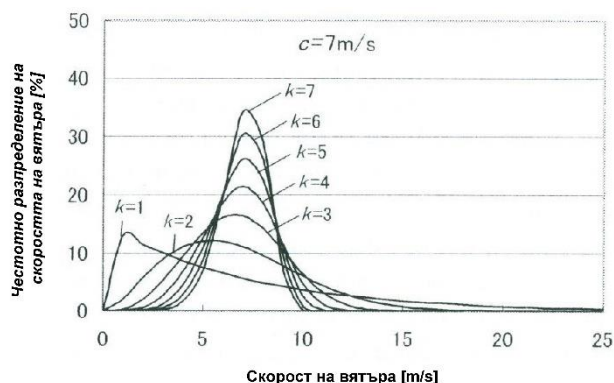
w_i – измерена скорост на вятъра, m/s;

c – коефициент на големината на скоростите, m/s

k – коефициент на формата на разпределението.

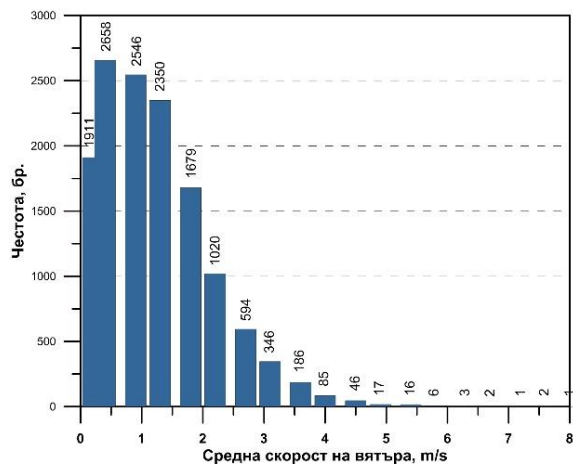
Коефициентите в разпределението на Вейбул имат следния смисъл:

- c - показва колко е "ветровито" на мястото на измерване и има директно отношение към средната скорост;
- k - е безразмерна величина, характеризираща групираността на данните около дадена стойност – колкото стойността на k е по-голяма толкова данните са групирани в тесен диапазон около пик в средата на определен интервал (фиг.6).



Фиг. 6. Влияние на коефициента „k“ при разпределение на Вейбул

Разпределението може да се превърне и в проценти или относителни единици, което е и по-често срещаното представяне. Скоростните интервали се представят със стълбове с различна основа в зависимост от натрупаната база данни, например 0,5 m/s (фиг.7). По ордината се нанасят честотите (или в часове или в проценти) на реализацията на този скоростен интервал в измерването.



Фиг. 7. Честотно разпределение на скоростта на вятъра.

Статистическата обработка за намиране на честотното разпределение на вятъра ни дава по-добра база за пресмятане и оценка на производителността на ветровентилаторите, която зависи както от скоростта на вятъра, така и от честотата и продължителността на появяването на тази скорост.

Корелация на данни от метеорологични наблюдения

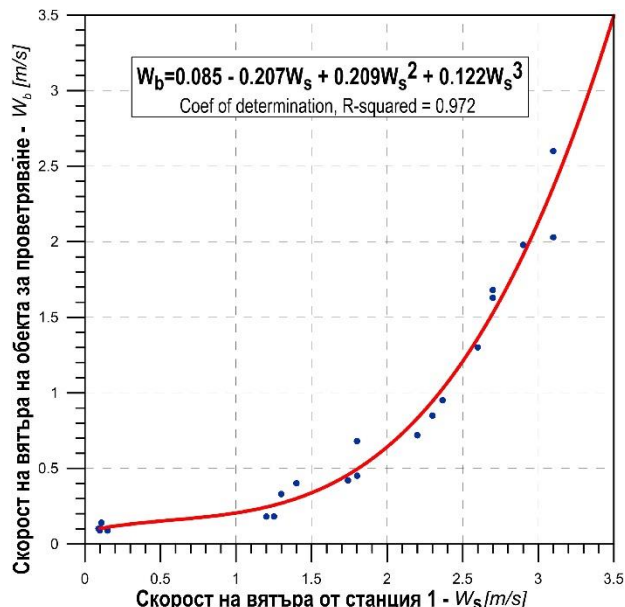
Предимствата на вятъра като енергиен носител (за добив на електрическа енергия или за използване при проветряване с ветровентилатори) се оценяват въз основа на ветровия ресурс, с който проектния обект разполага. Измервания е необходимо да се извършат точно на мястото, където се планира изграждане на ветровентилационна инсталация.

Когато не са налични достатъчно данни за формиране на честотно разпределение на вятъра, обикновено той се оценява на основата на изследвания за средната скорост на вятъра с продължителност не по-малко от 1 година. Не винаги обаче е удачно продължително измерване, а от друга страна може да са налични измервания в близост до обекта. Затова се търси връзка (корелация) между налични данни в близост до мястото и краткосрочни измервания на самия обект. В зависимост от конкретните условия корелация (фиг. 8) може да се търси по няколко начина:

- Налични данни от един, два или повече пункта за мониторинг, разположени в близост до обекта
- Липса на данни в широките граници на обекта и невъзможност за провеждане на собствени измервания в близост до конкретния обект, а само краткосрочни на самия обект;

Ветровентилатори

Използването на електрически съоръжения в складове за съхранение на взривни материали се избягва от съображения за сигурност и при специални изисквания (взривобезопасно изпълнение и др).



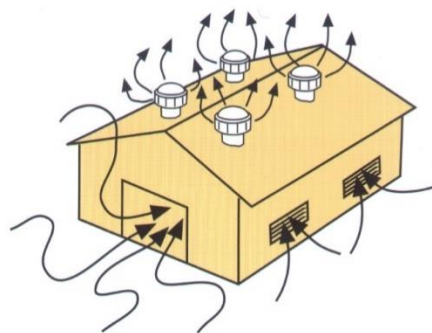
Фиг. 8. Корелация на данни между две станции

Една алтернатива е проветряване с ветро-вентилатори (фиг.9) - безмоторни съоръжения, задвижвани от енергията на вятъра. Скоростта на въздушното течение е определяща величина за използването на вятърната енергия, както беше коментирано по-горе. Действието на съоръжението е сигурно и просто. Даже и най-слаб вятър, достигнал до лопатките, предизвиква задвижване на турбината.



Фиг.9. Турбинни ветровентилатори

Центробежната сила, възникнала вследствие движението на турбината, създава частичен вакуум в нея, който предизвиква движение на въздушния поток от помещението към вентилатора и към външната атмосфера. Скоростта на въртене на турбината е пропорционална на скоростта на вятъра и не зависи от неговата посока (Динчев, 2013). Турбинните вентилатори засилват проветряването (фиг.10) през подпокривното пространство по активен и пасивен начин.



Фиг.10. Проветряване с ветровентилатори

Отворът на гърлото на вентилатора допринася за подобряване на съотношението входни/изходни отвори (пасивен начин), докато създадената механична и естествена тяга представлява активно средство за усилване на вентилацията. „Улавянето“ на вятъра прави ветровентилатора вятърна турбина, но изнасянето на въздуха от помещението чрез въртене на главината го оприличава на вентилатор.

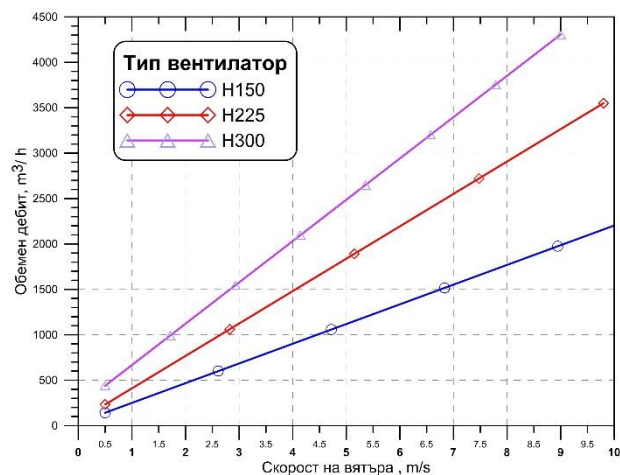
Ветровите покривни вентилатори са много леки (масата им е от 9 до 27 kg), но издържат силни ветрове – от порядъка на 240 km/h, като устойчивостта им на огън и на проникване на вода при интензивни валежи ги прави все по примамливи за осъществяване на специфични вентилационни задачи. Някои от предимствата при използването на ветровентилаторите са:

- ✓ Работят непрекъснато през цялото денонощие, с интензивност зависеща от скоростта на вятъра;
- ✓ Производителността на ветровентилатора не зависи от посоката на вятъра;
- ✓ Никакви или много малки експлоатационни разходи, включително и за ел. енергия;
- ✓ Практически безшумни както на мястото на монтажа така и в местата на изсмукване от помещенията, дори при високи скорости на вятъра;
- ✓ Пожаробезопасни и вътрешно взривобезопасни;
- ✓ Липса на вибрации по въздуховодите и конструкцията на сградата;
- ✓ При въртенето си повечето конструкции не генерират трептения на въздуха с честоти които да влияят негативно на човешкия организъм или птиците;
- ✓ Не пропускат вода и сняг дори при продължителни и интензивни валежи;
- ✓ Различни материали и покрития, в зависимост от химическата активност на изнасяните вредности, като киселинни пари и др.
- ✓ Възможност за пропускане на слънчева светлина през вентилатора за естествено осветяване на помещенията;
- ✓ Повече от 4 пъти по-леки от еквивалентните по дебит електрически вентилатори;
- ✓ Лесно се адаптират към различните покривни конструкции и наклони;
- ✓ Бързо възвръщане на вложените средства;
- ✓ Амортизационен период – по-голям от 15 години;
- ✓ Изработват се от висококачествени материали и елементи, което им гарантира дълъг „живот“ без промяна на характеристиките си. Атрактивен дизайн и различни цветове, съобразени с фасадата на сградата;

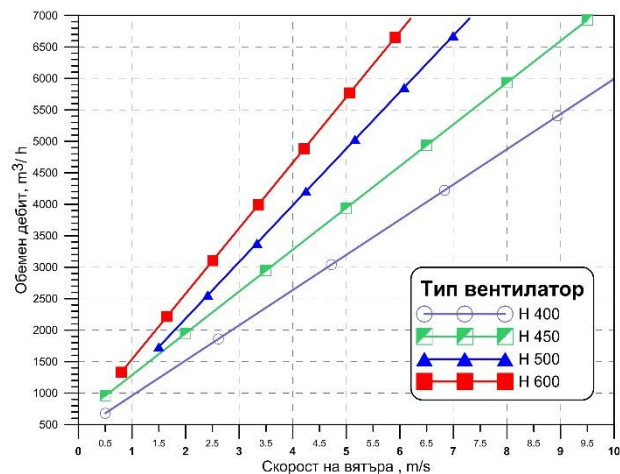
Дани за работата на ветровентилаторите при определени ветрови условия се предоставят от производителите. За турбинните ветровентилатори HURRICANE на фирмата Edmonds Pty Ltd в (Михайлов и др.,2007) са изведени зависимости между скоростта на вятъра W_a и изсмуквания дебит Q_v (табл.2), а на фиг.11 и фиг.12 са представени графично.

Таблица 2. Скорост на вятъра - дебит

Тип ветровентилатор	Обемен дебит Q_v , m ³ /h
H 150	$Q_v = 217,026xW_a + 33,49$
H 225	$Q_v = 356,76xW_a + 54,054$
H 300	$Q_v = 454,92xW_a + 212,53$
H 400	$Q_v = 559,24xW_a + 400,27$
H 450	$Q_v = 663,56xW_a + 624,01$
H 500	$Q_v = 899,65xW_a + 385,12$
H 600	$Q_v = 1040,49xW_a + 498,72$



Фиг.11. Характеристики на малък размер ветровентилатори на Edmonds Pty Ltd



Фиг.12. Характеристики на среден размер ветровентилатори на Edmonds Pty Ltd

През ветровентилатора протичат два потока – засмуквания дебит от проветрявания обект и част от ветровия поток, който навлиза в пространството между лопатките на турбината от наветрената страна и преминава през проицаемото работно колело. Във вентилатора двата потока се размесват и напускат работното колело от подветрената страна много добре смесени.

Потоъкът, който постъпва във вентилатора от проветрявания обект или помещение, се формира от ветровата тяга и естествената тяга. Ветровият поток зависи от скоростта на потока, който обтича ветровентилатора.

Оразмеряване на ветровентилация

Целта на оразмеряването на ветровентилацията за едно помещение на склад за промишлени взривни вещества е да се подбере правилния вид, типоразмер, брой и разположение на ветровентилаторите за осъществяване на проветряването. За постигане на този резултат е необходимо да се спазва следната последователност:

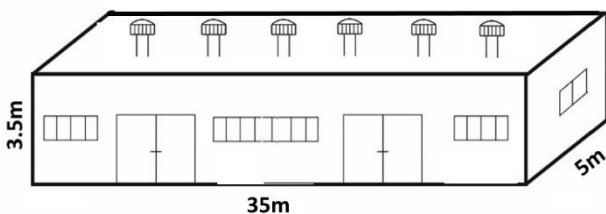
- **Стъпка 1** - Събиране, анализ и обработка на наличните метеорологични наблюдения и данни;
- **Стъпка 2** – Избор на вида на ветровентилаторите и изчисляване на количеството на засмукваният дебит от всеки един подходящ типоразмер ветровентилатор Q_a в зависимост от скоростта на вятъра W_a и честотата на появяване на скоростта на вятъра.
- **Стъпка 3** – Изчисляване на количеството въздух необходимо за проветряване на помещението съгласно нормативните изисквания и документи;
- **Стъпка 4** - Изчисляване необходимия брой ветровентилатори за всеки един типоразмер, необходими за вентилацията на помещенията на склада;
- **Стъпка 5** – Избор на размера, броя и разположението на ветровентилаторите.

Примерни решения

Пример 1

Да се оразмери ветровентилация на склад за взривни вещества находящ се в района на гр.Бургас. Да се избере подходящ типоразмер и да се пресметне необходимия брой ветровентилатори HURRICANE на фирмата Edmonds Pty Ltd.

Размерите на помещението (фиг.13) са дължина 35m, широчина 5m, и височина 3.5m. Обемът на помещението е $V=612,5 \text{ m}^3$. Необходимо е осъществяването на минимум 4 кратен въздухообмен на час.



Фиг. 13. Помещение на склад за ВВ за проветряване в ветровентилатори

Стъпка1

Обработка и систематизиране на метеорологичните наблюдения:

В района на склада за взривни вещества са проведени едногодишни метеорологични наблюдения. В табл.3 са дадени статистически обработените данни за скоростта на вятъра в района.

Стъпка2

Изчислява се количеството на засмукваният дебит от всеки един подходящ ветровентилатор Q_a в зависимост от скоростта на вятъра W_a и честотата на появяване на скоростта на вятъра, използвайки данните от (табл.2) и (фиг. 11 и 12). Например за вентилатор Н150 с уравнение:

Таблица 3. Честоти на вятъра

Скорост на вятъра, m/s	Абсолютна честота, бр.	Относителна честота
0	8731	0.167
0.4	5501	0.106
0.9	4801	0.092
1.3	5188	0.100
1.8	5107	0.098
2.2	4461	0.086
2.7	3862	0.074
3.1	3182	0.061
3.6	2788	0.053
4	2774	0.053
4.5	2122	0.041
4.9	1414	0.027
5.4	972	0.019
5.8	626	0.012
6.3	326	0.006
6.7	177	0.003
7.2	48	0.001
7.6	48	0.001
8.5	7	0.0001

$Q_v = 217,03 \times W_a + 33,49$, m^3/h при скорост $W_a=2,2\text{m/s}$ и относителна честота на появяване 0,086 получаваме дебит $43,7\text{m}^3/\text{h}$. Събирайки дебитите по отделните честоти на появяване на вятъра получаваме общият дебит засмукван от вентилатора в продължение на един час при даденото честотно разпределение на скоростта на вятъра. Данните от изчисленията за 4 типа ветровентилатори са представени в табл. 4

Таблица 4. Изчислени дебиту

W_a , m/s	Относителна честота	Дебит на вентилатора, m^3/h			
		H150	H225	H300	H400
0	0.167	0.0	0	0.0	0.0
0.4	0.106	12.7	20.8	41.6	65.8
0.9	0.092	21.1	34.5	57.3	83.2
1.3	0.100	31.4	51.5	80.0	112.2
1.8	0.098	41.5	68.2	101.0	137.8
2.2	0.086	43.7	71.8	103.8	139.5
2.7	0.074	45.9	75.4	106.7	141.5
3.1	0.061	43.1	70.8	99.0	130.2
3.6	0.053	43.6	71.6	98.9	129.1
4	0.053	48.0	78.8	108.1	140.3
4.5	0.041	41.1	67.5	92.0	118.7
4.9	0.027	29.8	48.9	66.2	85.2
5.4	0.019	22.5	36.9	49.8	63.8
5.8	0.012	15.5	25.5	34.2	43.8
6.3	0.006	8.8	14.4	19.2	24.5
6.7	0.003	5.1	8.3	11.1	14.1
7.2	0.001	1.5	2.4	3.2	4.1
7.6	0.001	1.5	2.5	3.4	4.3
8.5	0.0001	0.3	0.4	0.5	0.7
Общ дебит Q_a , m^3/h		456.9	750.3	1076	1439

Стъпка 3

Изчислява се количеството въздух необходимо за проветряване на помещението при зададената кратност на въздухообмена $N_k=4\text{h}^{-1}$

$$Q = V \cdot N_k = 612.5 \cdot 4 = 2450 \text{ m}^3/\text{h},$$

където $V = 35 \cdot 5 \cdot 3.5 = 612.5 \text{ m}^3$ е обема на склада за взривни вещества.

Стъпка 4

Изчислява се необходимият брой ветровентилатори за всеки един типоразмер по зависимостта $N_v = Q/Q_a$ и получаваме:

- За Н150 = 5.36 броя;
- За Н225 = 3.26 броя;
- За Н300 = 2.27 броя;
- За Н400 = 1.7 броя;

Стъпка 5

Избор на типа, броя и разположението на вентилаторите.

С оглед на геометричните размери на помещението се избира ветровентилацията да се осъществява с 6 броя вентилатори Н150, които да бъдат в един ред на еднакво разстояние от 5 метра един от друг. По този начин ще се извърши по-равномерно разпределение на изсмуквания дебит от склада, отколкото ако използваме 4 броя Н225 или 3 броя Н300.

Пример 2

Да се подбере и пресметне необходимият брой ветровентилатори HURRICANE за вентилацията на помещението на склад за взривни вещества с общ обем $V=432 \text{ m}^3$. Района на склада се намира в близост до гр.Бургас със средна скорост на вятъра от 2,4 m/s. Необходимо е осъществяване на минимум 4 кратен въздухообмен на час.

Решение:

Следвайки стъпките получаваме следните данни от изчисленията за броя и вида на ветровентилаторите представени в табл.5.

Таблица 5. Резултати от изчисленията

Кратност	Необходим дебит m^3/h	Скорост m/s	Брой вентилатори				
			H150	H225	H300	H400	H450
4	1728	2,4	3,12	1,90	1,32	0,99	0,78
5	2160	2,4	3,90	2,37	1,66	1,24	0,97
6	2592	2,4	4,68	2,85	1,99	1,49	1,17
7	3024	2,4	5,46	3,32	2,32	1,74	1,36
8	3456	2,4	6,23	3,80	2,65	1,98	1,56

От направените изчисления по-горе се вижда, че за осигуряването на препоръчителната кратност по-голяма от 4 са необходими за помещението на склада 2 броя **H225**, които осигуряват кратност на проветряването $N_k = 4;2$.

Ако изберем да монтираме 2 броя ветровентилатора **H300** или 3 броя **H225** то при дадените условия ще постигнем над 6 кратен въздухообмен на час. Окончателният избор се прави на базата на възможностите за монтиране на ветровентилаторите и надеждността на метеорологичните данни.

Заключение

Вентилацията на обекти, в които работят, пребивават хора и/или се извършват технологични дейности, има за

цел да поддържа оптимална въздушна среда. Правилното проветряване на един обект изисква подаване, отвеждане, преместване или циркулация на определени обеми въздух в границите на помещението така, че температурата, влажността и чистотата на въздуха да се поддържат в определени граници, които са необходими за нормалното протичане на процесите и работата в даденото помещение.

За складове с опасни материали, при които е задължително да се спазва специален режим на достъп, но се налага проветряване за осигуряване на безопасни условия на съхранение, е подходящо това проветряване да се осъществява с ветровентилатори. Този подход е икономически и екологично изгоден, не е много популярен, което го прави актуален и с необходимост от допълнително популяризиране, подкрепено с допълнителни изследвания за допълване на характеристиките на различни типове ветровентилатори.

Литература

- Власева Е., З.Динчев М.Михайлов, *Ефективност на вентилационните схеми с ветровентилатори*, Годишник на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски" том 48, свитък II, Добив и преработка на минерални суровини, София, 2005, стр. 135-141
- Власева Е., М. Михайлов, З. Динчев, *Лабораторни изследвания на влиянието на метеорологичните фактори върху рационалната област на приложение на ветрови и обемни вентилатори в промишлената вентилация*, МТФ 28/2004, архив на НИС
- Динчев З. Дисертационен труд на тема: *Изследвания върху нетрадиционни методи и конструкции за проветряване на минни и индустриални обекти*, София, 2013
- Динчев З., М.Михайлов, Е.Власева. *Изследване на аеродинамичните характеристики на ветровентилатори за проветряване на подземни обекти*. Втора национална научно-техническа конференция "Технологии и практики при подземен добив и минно строителство", 07 – 10 ноември 2010 г., Девин. стр.204-213.
- Михайлов М., Ал. Крилчев, З. Динчев (2007), *Вентилаторни и температурни изследвания за подобряване на микроклиматичните условия на труд*, МТФ 63/2007
- Наредба № 2 от 10 юли 2000 г. *За проектиране на строежи, предназначени за производство и съхраняване на взривни вещества, огнестрелни оръжия и боеприпаси*
- Наредба № 15 от 28 юли 2005 г. *За технически правила и нормативи за проектиране, изграждане и експлоатация на обектите и съоръженията за производство, пренос и разпределение на топлинна енергия*, ДВ бр. 68.
- Правилник по безопасността на труда при взривни работи*. Министерство на труда и социалните грижи 1997г.
- Правилник по безопасността на труда в подземните въглищни рудници*, / В-01-01-01 /, София -1992
- Hurricane Turbine Ventilator. Technical Data Sheet 1027*. EDMONDS Pty Limited.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Руднична вентилация и техническа безопасност“.