محاسبه سایزینگ ونت

در مخازن ذخیره بر اساس

API 2000 - EEMUA 159-Annex D

ویرایش اول

مولف: ابراهیم خیّر

مسئول بازرسی فنی عملیات منطقه بهرگان

مدیر حیطه بازرسی فنی آکادمی TUV NORD

مهر ۹۸

به

نام

خدایی

که همه چیز را درست SIZE می کند

√ اطلاعات مخزن:

مخزن سقف ثابت

فرآورده: نفت سفید

Flash point = ۳۷ درجه سانتی‌گراد

ظرفیت مخزن: ۳۲۰۰ متر مکعب

قطر مخزن: ۹۸۶/۱۸ متر

دبی ورودی مخزن: ۳۰۰ متر مکعب بر ساعت

دبی خروجی مخزن: ۲۰۰ متر مکعب بر ساعت

سایز ونت مورد نیاز برای این مخزن؟

محاسبه سایزینگ ونت مخزن ذخیره:

همان‌گونه که می‌دانیم باید برای Out breathing و In breathing سایزینگ را انجام دهیم. در این جا به دو روش محاسبات را انجام می دهیم. یکی بر اساس فصل سوم استاندارد API2000 و یکی هم بر اساس انکس A این استاندارد. تفاوت این دو در این است که روش فصل سوم یک روش محافظه کارانه می باشد و سایزینگ بالاتری به دست می آید در حالی که در انکس A سایزینگ کمتری به دست می آید. البته شایان ذکر است در انکس A نیز استاندارد ذکر می نماید که این ضمیمه میزان سایزینگ کمتر بوده ولی از آنجایی که گرفتن سایزینگ بالاتر در معیار اقتصادی یک مخزن ذخیره قابل توجه نمی باشد به همین دلیل گاهاً ممکن است ترجیح بر استفاده از سایزینگ بالاتر باشد. حال به بررسی این ۲ روش می پردازیم.

روش اول : محاسبات سایزینگ با تقاطع ضربدری ضمیه A از API2000 و ضمیمه D از EEMUA159

Out breathing:

الف) Pumping

حجم هوای مورد نیاز خروجی را بر اساس بند 4.3.2.3.1 از استاندارد API 2000 به‌دست می‌آوریم.

توجه به این نکته ضروری است که این میزان بستگی به Flash point دارد.

Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks

Nonrefrigerated and Refrigerated

API STANDARD 2000
FIFTH EDITION, APRIL 1998

This material is electronically reproduced by CSSinfo, (734) 930-9277, www.cssinfo.com. No part of the printed publication, nor any part of this electronic file may be reproduced or transmitted in any form, including transmittal by e-mail, by file transfer protocol (FTP), or by being made part of a network-accessible system, without the prior written permission of the Publisher, American Petroleum Institute, 1220 L Street, NW, Washington, D.C. 20005

STEP Strategies for Today's Environmental Partnership

American Petroleum Institute

◄ برای سیالات زیر ۱۰۰ درجه فارنهایت:

بند 4.3.2.3.1 استاندارد API 2000 برای میزان Pumping out breathing برای سیالات با Flash point زیر ۱۰۰ درجه فارنهایت به شرح ذیل است:

4.3.2.3 Out breathing (Pressure Relief) for Liquid with a Flash Point below 100 ºF (37.8 ºC)

4.3.2.3.1 The requirement for venting capacity for maximum liquid movement into a tank and the resulting vaporization for liquid with a flash point below 100 ºF (37.8 ºC) or a normal boiling point below 300 ºF (148.9 ºC) should be equivalent to 12 SCFH of air for each 42 US gallon barrel (2.02

Nm^3/h per cubic meter) per hour of maximum filling rate (see Appendix A for the basis of this requirement).

A tank into which liquid is fed at or near the boiling point as the tank pressure may require an out breathing capacity that is higher than the capacity indicated above or in Table 1. The values presented above and in Table 1 are based on vaporization of 0.5 percent of the feed liquid; significantly higher vaporization rates can occur if the feed is above the boiling point: For instance, with hexane, 0.4 percent of the feed can vaporize for every 1 °F (0.56 °C) above the boiling point at tank pressure.

◄ برای سیالات بالای ۱۰۰ درجه فارنهایت:

بند 4.3.2.2.1 استاندارد API 2000 برای میزان Pumping out breathing برای سیالات با Flash point بالای ۱۰۰ درجه فارنهایت به شرح ذیل است:

4.3.2.3 Out breathing (Pressure Relief) for Liquid with a Flash Point Above 100 °F (37.8 °C)

4.3.2.2.1 The requirement for venting capacity for maximum liquid movement into a tank and the resulting vaporization for liquid with a flash point of 100 °F (37.8 °C) or above or a normal boiling point below 300 °F (148.9 °C) or above should be equivalent to 6 SCFH of air for each 42 US gallon barrel (1.01 Nm^3/h per cubic meter) per hour of maximum filling rate (see Appendix A for the basis of this requirement).

با توجه به این‌که مورد مطرح شده مخزن سقف ثابت با فرآورده نفت سفید می‌باشد و flash point آن زیر ۳۷/۸ درجه سانتی‌گراد است بنابراین از بند ۴.۳.۲.۳.۱ استاندارد API 2000 استفاده می‌نمائیم:

گام اول برای حل مسئله حجم مورد نیاز برای pump out breathing است که به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$V_{air} = 2.02 \times 300\ m^3/hr = 606\ m^3/hr$

ب) Thermal

گام دوم در out breathing محاسبه Thermal out breathing است.

این مقدار از بند 4.3.2.3.2 استاندارد API 2000 محاسبه می‌شود.

البته توجه به این نکته ضروری است که بسته به flash point سیال نیز دارد.

◄ برای سیالات زیر ۱۰۰ درجه فارنهایت:

میزان Thermal out breathing بر اساس بند 4.3.2.3.2 استاندارد API 2000 برای سیال با flash point زیر ۳۷/۸ درجه سانتی‌گراد:

4.3.2.3 The requirement for venting capacity of thermal out breathing, including thermal vaporization, for a given tank capacity for liquid with a flash point below 100 °F (37.8 °C) or a normal boiling point below 300 °F (148.9 °C) should be at least that shown in Column 4 of Table 2.

همان گونه که در بالا مشاهده می‌فرمایید برای به‌دست آوردن Thermal out breathing به جدول 2 ریفر داده است.

جدول 2B استاندارد API 2000 برای میزان Thermal out breathing در زیر مشاهده می‌شود:

(در ضمن درون‌یابی مجاز است.)

Table 2B —Requirements for Thermal Venting Capacity
B. Metric Units

Tank Capacity	Inbreathing (Vacuum)	Outbreathing	
Column 1[d]	Column 2[a]	Column 3[b]	Column 4[c]
		Flash Point ≥ 37.8°C or Normal Boiling Point ≥ 148.9°C	Flash Point < 37.8°C or Normal Boiling Point < 148.9°C
Cubic Meters	Nm^3/h	Nm^3/h	Nm^3/h
10	1.69	1.01	1.69
20	3.37	2.02	3.37
100	16.9	10.1	16.9
200	33.7	20.2	33.7
300	50.6	30.3	50.6
500	84.3	50.6	84.3
700	118	70.8	118
1,000	169	101	169
1,500	253	152	253
2,000	337	202	337
3,000	506	303	506
3,180	536	388	536
4,000	647	472	647
5,000	787	537	787
6,000	896	602	896
7,000	1,003	646	1,003
8,000	1,077	682	1,077
9,000	1,136	726	1,136
10,000	1,210	807	1,210
12,000	1,345	888	1,345
14,000	1,480	969	1,480
16,000	1,615	1,047	1,615
18,000	1,745	1,126	1,745
20,000	1,877	1,307	1,877
25,000	2,179	1,378	2,179
30,000	2,495	1,497	2,495

Notes:

[a] For tanks with a capacity of 20,000 barrels (3,180 cubic meters) or more, the requirements for the vacuum condition are very close to the theoretically computed value of 2 SCFH of air per square foot (0.577 Nm^3/h per square meter) of total shell and roof area. For tanks with a capacity of less than 20,000 barrels (3,180 cubic meters), the requirements for the vacuum condition have been based on 1 SCFH of air for each barrel of tank capacity (0.169 Nm^3/h per cubic meter). This is substantially equivalent to a mean rate of temperature change of 100°F (37.8°C) per hour in the vapor space (see Appendix A). An engineering review should be conducted for uninsulated tanks where the vapor space temperature is maintained above 120°F (48.9°C) (see 4.2.5.14).

[b] For stocks with a flash point of 100°F (37.8°C) or above, the outbreathing requirement has been assumed to be 60 percent of the inbreathing requirement. The roof and shell temperatures of a tank cannot rise as rapidly under any condition as they fall, for example, during a sudden cold rain.

[c] For stocks with a flash point below 100°F (37.8°C), the outbreathing requirement has been assumed to be equal to the inbreathing requirement to allow for vaporization at the liquid surface and for the higher specific gravity of the tank vapors.

[d] Interpolate for intermediate tank sizes. Tanks with a capacity of more than 180,000 barrels (30,000 cubic meters) require individual study. Refer to Appendix A for additional information about the basis of this table.

با توجه به جدول بالا میزان Thermal out breathing ۵۳۸.۷ (۵۳۹) به‌دست می‌آید.

در ادامه بایستی مجموع را به دست آوریم:

Σ out breathing = Mechanical out breathing + Thermal out breathing

Σ out breathing = 539 + 660 = 1199

با توجه به دست آوردن out breathing در ادامه باید In breathing را به‌دست آوریم.

In breathing:

الف) میزان In breathing مورد نیاز ناشی از نرخ تخلیه

این مورد برای تمامی سیالات با هر میزان Flash point از بند 4.3.2.1.1 استاندارد API 2000 به‌دست می‌آید.

4.3.2.1 In breathing (Vacuum Relief)

4.3.2.1.1 The requirement for venting capacity for maximum liquid movement out of a tank should be equivalent to 5.6 SCFH of air for each 42 US gallon barrel (0.94 Nm3/h of air for each cubic meter) per hour of maximum emptying rate for liquids of any flash point.

همان‌گونه در بالا مشاهده می‌فرمائید بند 4.3.2.1.1 استاندارد API 2000 در زمینه In breathing مورد نیاز برای تمامی سیالات در مخازن ذخیره به میزان ۰/۹۴ متر مکعب بر ساعت بر حداکثر نرخ تخلیه سیال ذکر شده است.

برای مخزن مورد نظر این میزان برابر است با: ۲۰۰ × ۰/۹۴ = ۱۸۸ متر مکعب

الف) میزان In breathing مورد نیاز ناشی از افت دما

این میزان از ستون دوم جدول 2A مطابق با بند 4.3.2.1.2 استاندارد API 2000 به‌دست می‌آید.

4.3.2.1.2 The requirement for venting capacity for thermal in breathing for a given tank capacity for liquids of any flash point should be at least that shown in column 2 Table 2. An engineering review should be conducted for heated uninsulated tanks where the vapor space temperature is maintained above 120 °F (48.9 °C) (See Section 4.2.5.14).

همان‌گونه که در بالا مشاهده می‌فرمائید بند 4.3.2.1.2 استاندارد API 2000 در زمینه thermal in breathing برای تمامی سیالات به ستون دوم جدول شماره ۲ ریفر داده است.

جدول 2B در زیر نشان داده شده است:

Table 2B —Requirements for Thermal Venting Capacity
B. Metric Units

Tank Capacity	Inbreathing (Vacuum)	Outbreathing	
Column 1[d]	Column 2[a]	Column 3[b]	Column 4[c]
		Flash Point ≥ 37.8°C or Normal Boiling Point ≥ 148.9°C	Flash Point < 37.8°C or Normal Boiling Point < 148.9°C
Cubic Meters	Nm^3/h	Nm^3/h	Nm^3/h
10	1.69	1.01	1.69
20	3.37	2.02	3.37
100	16.9	10.1	16.9
200	33.7	20.2	33.7
300	50.6	30.3	50.6
500	84.3	50.6	84.3
700	118	70.8	118
1,000	169	101	169
1,500	253	152	253
2,000	337	202	337
3,000	506	303	506
3,180	536	388	536
4,000	647	472	647
5,000	787	537	787
6,000	896	602	896
7,000	1,003	646	1,003
8,000	1,077	682	1,077
9,000	1,136	726	1,136
10,000	1,210	807	1,210
12,000	1,345	888	1,345
14,000	1,480	969	1,480
16,000	1,615	1,047	1,615
18,000	1,745	1,126	1,745
20,000	1,877	1,307	1,877
25,000	2,179	1,378	2,179
30,000	2,495	1,497	2,495

Notes:

[a] For tanks with a capacity of 20,000 barrels (3,180 cubic meters) or more, the requirements for the vacuum condition are very close to the theoretically computed value of 2 SCFH of air per square foot (0.577 Nm^3/h per square meter) of total shell and roof area. For tanks with a capacity of less than 20,000 barrels (3,180 cubic meters), the requirements for the vacuum condition have been based on 1 SCFH of air for each barrel of tank capacity (0.169 Nm^3/h per cubic meter). This is substantially equivalent to a mean rate of temperature change of 100°F (37.8°C) per hour in the vapor space (see Appendix A). An engineering review should be conducted for uninsulated tanks where the vapor space temperature is maintained above 120°F (48.9°C) (see 4.2.5.14).

[b] For stocks with a flash point of 100°F (37.8°C) or above, the outbreathing requirement has been assumed to be 60 percent of the inbreathing requirement. The roof and shell temperatures of a tank cannot rise as rapidly under any condition as they fall, for example, during a sudden cold rain.

[c] For stocks with a flash point below 100°F (37.8°C), the outbreathing requirement has been assumed to be equal to the inbreathing requirement to allow for vaporization at the liquid surface and for the higher specific gravity of the tank vapors.

[d] Interpolate for intermediate tank sizes. Tanks with a capacity of more than 180,000 barrels (30,000 cubic meters) require individual study. Refer to Appendix A for additional information about the basis of this table.

نکته: در ضمن به نوت a نیز توجه داشته باشید که برای مخازن ذخیره با حجم بیش‌تر از ۳۱۸۰ متر مکعب، مقادیر thermal vacuum بسیار نزدیک به عدد ۰/۵۷۷ m^3/hr بر سطح کل بدنه و سقف می‌باشد.

و برای مخازن ذخیره با حجم کم‌تر از ۳۱۸۰ متر مکعب، مقادیر thermal vacuum بر پایه ۰/۱۶۹ m^3/hr بر هر متر مکعب ظرفیت محاسبه می‌شود.

توجه به این نکته ضروری است که در بند d درون‌یابی را نیز مجاز دانسته است.

نکته: برای سیالات با flash point پایین‌تر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد میزان thermal in breathing عدد یکسان است.

برای مخزن مورد نظر این میزان ۵۳۹ متر مکعب به‌دست می‌آید.

در ادامه بایستی مجموع را به دست آوریم:

Σ in breathing = 188 + 539 = 727 m^3

تا الان میزان out breathing = 1199 m3 و in breathing = 727 m3 را به دست آوردیم.

خوب حال می‌خواهیم سایزینگ را انجام دهیم.

حال نیاز است تا سایز orifice را به دست آوریم که ظرفیت تخلیه بر اساس قطر ارفیس‌های مختاف مطابق با جدول D-5 به دست می‌آید.

در ضمن درون‌یابی نیز مجاز است.

جدول D-5 در زیر مشاهده می‌شود:

Table D-5: Venting capacities for different orifice diameters

Venting Capacity (m^3/hour)	Pressure difference (mbar)					
	2.5	5.0	7.5	70	175	350
	Orifice diameter* (mm)					
50	42	35	32	32	32	32
100	60	50	45	32	32	32
250	93	78	71	41	32	32
500	132	111	100	57	46	38
750	162	136	123	70	56	47
1000	187	157	142	81	65	54
1250	-	175	158	91	72	61
1500	-	192	174	99	79	66
2000	-	-	200	115	91	77
4000	-	-	-	162	129	108
6000	-	-	-	200	158	133
8000	-	-	-		182	153
10000	-	-	-		200	172
12000	-	-	-		-	188
14000	-	-	-		-	200

*Interpolate diameter for intermediate values of venting capacity and differential pressure.

Example: For a required capacity of 500 m3/hour and a differential pressure of 7.5 mbar, the minimum orifice diameter is 100 mm.

معمولاً فشار طراحی مخازن سقف ثابت مطابق با bs 2654 برابر با ۷/۵ میلی بار است.

Table D-6 Categorisation of fixed roof tanks

	Design Pressure (mbar (g))	Design Vacuum (mbar(g))
Non-Pressure	7.5	-2.5
Low-Pressure	20	-6.0
High-Pressure	56	-6.0

ظرفیت ونت مورد نیاز برای مخزن مورد نظر ۱۱۹۹ متر مکعب می‌باشد که با درون‌یابی سایز opening می‌بایست ۱۵۴/۷ میلی‌متر باشد. (سایزینگ برای ونت به‌دست آمد.)

نکات: می‌توان به جای یک ونت دو ونت را قرار داد اگر سایز ونت از ۲۰۰ میلی‌متر بالاتر باشد، از فرمول زیر به‌جای جدول حساب می‌کنیم.

در ضمن می‌توان به جای یک ونت از چند ونت استفاده نمود و سایز opening می‌شود مجموع تجمعی ونت‌ها.

در ضمن دقت داشته باشید این سایز opening است، یعنی اگر نازل مثلاً NPS4 می‌گذارد قطر داخلی از ۴ اینچ کم‌تر است.

for openings of 200mm or smaller. For openings greater than 200mm diameter, use the following formula. This is summarised in Table D-5 below.

$$\text{Venting capacity } \left(\frac{m^3}{hour}\right) = 0.01818 d^2 \sqrt{(\partial p)}$$

Where:
d = Diameter of orifice (mm)
(∂p) = Pressure difference between inside and outside of tank (mbar)

فرمول محاسبه سایز ونت برای Opening بالاتر از ۲۰۰ میلی‌متر

توجه به این نکته ضروری است که اگر فلش پوینت کم‌تر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد باشد باید Flame Arrestor بگذارید.

بند 4.4.1.3 استاندارد API 2000 در زمینه قرار دادن برای سیالات با فلش پوینت کم‌تر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد:

4.4.1.3 Open vents with a flame-arresting device may be used in place of PV valves on tanks in which petroleum or petroleum products with a flash point below 100°F (37.8°C) are stored and on tanks containing petroleum and petroleum products where the fluid storage temperature may exceed the flash point.

Table D-6 Categorisation of fixed roof tanks

	Design Pressure (mbar (g))	Design Vacuum (mbar(g))
Non-Pressure	7.5	-2.5
Low-Pressure	20	-6.0
High-Pressure	56	-6.0

هرچه اختلاف بین حداکثر فشار و حداکثر خلا بیش‌تر می‌شود، میزان افت فشار محیطی یا دمای محیطی نیز بیش‌تر خواهد شد.

The calculation is based on the fundamental law of (ideal) gases:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

where:
P_1 = Initial pressure in vapour space, mbar
P_2 = Final pressure in vapour space, mbar
V_1 = Initial volume of vapour space, m3
V_2 = Final volume of vapour space, m3
T_1 = Initial temperature in vapour space, K
T_2 = Final temperature in vapour space, K

In this case, the volume of the vapour space remains constant (no pumping in or out), thus:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Assume:
T_1 = Average vapour space temperature = 20°C = 293°K
P_1 = Pressure relief set pressure, mbar (abs)
P_2 = Vacuum relief set pressure, mbar (abs)
Atmospheric pressure Pa = 1,013 mbar (abs)

From the data presented in the Table D-7 calculation indicates that a high pressure tank can accommodate a temperature drop of 13.6°C, whereas the nonpressure tank can only accommodate a temperature drop of 2.2°C.

مبنای محاسبات قانون گازهای ایده‌آل است که در این‌جا حجم فضای گازی ثابت است.

برای حالت ایده آل PV=nRt=Rt استفاده می‌شود که واحد R در دو حالت متفاوت است. در حالت واقعی pv=zRt است که برای گازهایی که خالص نیست از روش ویچر اند برای محاسبه z استفاده می‌شود.

From the data presented in the Table D-7 calculation indicates that a high pressure tank can accommodate a temperature drop of 13.6°C, whereas the nonpressure tank can only accommodate a temperature drop of 2.2°C.

Table D-7 Calculated temperature drops

		Non-Pressure	Low Pressure	High Pressure
Design pressure	**(mbar (g))**	7.5	20	56
Design vacuum	**(mbar (g))**	-2.5	-6.0	-6.0
Pressure relief set pressure P_1	**(mbar (g))**	6.0	15	45
Vacuum relief set pressure P_2	**(mbar (g))**	-1.5	-4.0	-4.0
Pressure relief set pressure P_1	**mbar (abs)**	1019.0	1028.0	1058.0
Vacuum relief set pressure P_2	**mbar (abs)**	1011.5	1009.0	1009.0
Average vapour space temp T_1	**K**	293.0	293.0	293.0
$T_2 = T_1 \times P_2/P_1$	**K**	290.8	287.6	279.4
$\Delta T = T_2 = T_1$	**K or °C**	2.2	5.4	13.6

در جدول بالا مشاهده می‌نمائید که T_1 و T_2 و میزان افت دما را حساب کرده که هر چه اختلاف P_r و P_v بیش‌تر باشد میزان افت دما هم بیش‌تر است. (این‌جا است که متوجه می‌شویم فشار تنظیمی چه تأثیری دارد.)

P_r = فشار تنظیمی Relief

P_v = فشار تنظیمی وکیوم

پس نتیجه: اگر ۷/۵ و منفی ۲/۵ داشته باشیم میزان افت دما ۲/۲ درجه خواهد بود.

		Non-Pressure	Low Pressure	High Pressure
Design pressure	(mbar (g))	7.5	20	56
Design vacuum	(mbar (g))	-2.5	-6.0	-6.0

تازه می‌خواهد ثابت کند که این سایزینگ همیشه درست نیست. زمانی را در نظر بگیرید در شرایط غیر نرمال مثلاً وقتی‌که آتش سوزی بشود و آب کولینگ عمل کند.

D.2.4 Ambient temperature drop, sample calculation No. 2

This sample calculation, shown in Table D-8, demonstrates that the API 2000:1998 required venting capacity for thermal inbreathing (vacuum relief) may be inadequate for certain unusual climatic conditions.

API 2000:1998 venting requirements for vacuum relief are based on the inflow of air due to product movement plus thermal inbreathing. Thermal inbreathing is caused by changes in atmospheric conditions. API 2000:1998 requirements for thermal inbreathing are based on a mean rate of change of 100°F (56°C) per hour in the vapour-space temperature. (See Appendix A of API 2000:1998 for further details).

This sample calculation checks the required vacuum relief capacity of an 80ft. diameter x 30ft. high tank, located in Colombo, Sri Lanka. A temperature record is available for this tank which indicates a temperature drop of no less than 30°F (from 87°F to 57°F) in 15 minutes. This sharp temperature drop occurred during a downpour after a hot and sunny day.

It should be noted that this calculation is not exact. It is presented to illustrate the effect of a rapid cool down of the vapour space.

تا این‌جا میزان out و in را حساب کردیم و حتی سایز حفره برای حالت پمپ را به دست آوردیم سپس رسیدیم به این‌که می‌خواستیم میزان ونت برای ترمال را حساب کنیم که به فرمول‌هایی رسیدیم از معادلات گاز ایده آل و برلی طراحی‌های مختلف مخازن، میزان اختلاف دما را به‌دست آوردیم و بعد می‌خواستیم مثال دوم AMMUA 159 را بررسی کنیم.

EENUA 159 توضیح داده است که ملاک API 2000 در سایزینگ خلا گرمایی بر اساس میزان متوسط تغییر دمایی 56C/h در ناحیه بخاری است و به انکس A این استاندارد ریفر داده است.

انکس A از استاندارد API 2000: مبانی جداول ۱ و ۲

APPENDIX A—BASIS OF THE NORMAL VENTING FOR TABLES 1 AND 2

For liquids with a flash point below 100°F (37.8°C), this standard recommends a venting capacity of 12 SCFH of air for each barrel (2.02 Nm^3/h per cubic meter) per hour of filling rate. Of this quantity, one half, or 6 SCFH (1.01 Nm^3/h per cubic meter) of air, represents the vapor displacement caused by liquid movement. The additional 6 SCFH (1.01 Nm^3/h per cubic meter) of air was established on the basis of an evaporation rate of approximately 0.5 percent and to account for the conversion of dense vapors being vented to an air equivalent.

The evaporation rate of approximately 0.5 percent was selected on the basis of gasoline being pumped into an essentially empty tank. During this period, heat pickup is the greatest. Also, any vapor flashing as a result of hot line products (for example, the pipeline being exposed to the sun) is the most critical at this time, since there is no large heat sink such as exists in a full tank. In addition, vaporization is increased since there is essentially no tank pressure to suppress vaporization. For conversion of hydrocarbon vapor to air, a specific gravity of 1.5, compared with 1 for air, was arbitrarily selected.

In addition to the venting capacity for product movement indicated above, a thermal evaporation rate based on tank size (see Table 2) was established. This is additive to the venting for liquid movement.

It was established that in the southwestern United States, tanks could be cooled rapidly, as happens when a sudden rainstorm occurs on a hot, sunny day. For vacuum conditions, it was found that roof plates could be cooled as much as 60°F (33°C) and that shell plates could be cooled about 30°F (17°C). This can be converted to a heat loss from the tank vapor space of about 20 BTU per hour per square foot (63 Watts per square meter) of shell and roof surface. From this, vacuum (inbreathing) requirements were set. Since records were not available on how fast tank vapor spaces can be heated (outbreathing), a figure of 60 percent of the inbreathing requirements was arbitrarily selected as the basis for thermal outbreathing.

In establishing the basis above, it was recognized that the requirements for outbreathing are somewhat conservative; however, some conservatism was believed to be desirable to take into account both unusual climatic conditions and products that might generate more vapor than gasoline generates. Also, the cost involved for a larger venting device is very small, considering the overall cost of a tank. This conservatism also provides some margin of safety should pumping rates be increased slightly above design rates.

For liquids with a flash point below 100°F (37.8°C), this standard recommends a venting capacity of 12 SCFH of air for each barrel (2.02 Nm^3/h per cubic meter) per hour of filling rate. Of this quantity, one half, or 6 SCFH (1.01 Nm^3/h per cubic meter) of air, represents the vapor displacement caused by liquid movement. The additional 6 SCFH (1.01 Nm^3/h per cubic meter) of air was established on the basis of an evaporation rate of approximately 0.5 percent and to account for the conversion of dense vapors being vented to an air equivalent.

برای سیالات با Flash Point کم‌تر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد این استاندارد میزان ظرفیت تخلیه 2.02 Nm3/h بر نرخ تخلیه را برای تخلیه و نصف این مقدار 1.01 Nm3/h را برای جابه‌جایی بخار توسط سیال توصیه می‌کند.

توضیح می‌دهد مقدار ۱/۰۱ اضافی تقریباً ۰/۵ درصد نرخ evaporation و ...

و به منظور تبدیل بخار خروجی به معادل هوا

عدد ۲/۰۲: نصف آن مربوط به جابه‌جایی هوا و نصف هم با در نظر گرفتن evaporation و ...

air equivalent.

The evaporation rate of approximately 0.5 percent was selected on the basis of gasoline being pumped into an essentially empty tank. During this period, heat pickup is the greatest. Also, any vapor flashing as a result of hot line products (for example, the pipeline being exposed to the sun) is the most critical at this time, since there is no large heat sink such as exists in a full tank. In addition, vaporization is increased since there is essentially no tank pressure to suppress vaporization. For conversion of hydrocarbon vapor to air, a specific gravity of 1.5, compared with 1 for air, was arbitrarily selected.

مبنای نرخ evaporation به میزان ۰/۵ درصد بر مبنای تزریق بنزین به یک مخزن خالی می‌باشد که در این حالت بیش‌ترین میزان گرمای جذب می‌باشد.

هرگونه میزان گرمای جذب شده دیگر نظیر خورشید در این حالت نیز به بیش‌ترین حالت خود می‌رسد و به مراتب از یک مخزن پر بیش‌تر می‌باشد.

از طرفی مخزن حاوی فشاری نمی‌باشد که تبخیر را دشوار سازد و تبخیر vaporization در این حالت مخزن خالی بیش‌ترین مقدار می‌باشد.

منظورش این است که یک مخزن خالی را در نظر بگیرید: تیغ آفتاب / کلی بدنه گرما جذب کرده، از طرفی هم هنوز سیالی داخلش نیست پس بیش‌ترین حجم بخار شدن و تبخیر را در این حالت داریم و چون خالی هم هست فشاری روی سر سیال نیست تا بخواهد تبخیر را به تعویض بندازد.

برای تبدیل میزان بخار هیدروکربن به هوا میزان G ۱/۵ به ۱ مقایسه شده است. علاوه بر جابه‌جایی سیال می‌بایست میزان evaporation را نیز ار جدول ۲ استخراج کنیم که علاوه بر ونت است.

برای thermal مبنای محاسبه برای جنوب آمریکا به همراه سرد شدن سریع نظیر باران شدید بر روی سطح داغ مخزن فرض گردیده است.

برای حالت ایجاد خلا، ثابت شده است که ورق‌های سقف تا نرخ ۳۳ درجه سانتی‌گراد بر ساعت و برای بدنه تا نرخ ۱۷ درجه سانتی‌گراد بر ساعت می‌تواند خنک شود که درصورت تبدیل آن به میزان اتلاف حرارتی برای سقف و بدنه معادل 20 BTU می‌باشد که همین به‌عنوان مبنای VAC in breathing درنظر گرفته می‌شود.

اما برای out breathing گرمایی: از آن‌جایی که میزن نرخ گرم شدن ناحیه بخاری در دسترس نمی‌باشد، بنابراین میزان out breathing معادل ۶۰ درصد in breathing گرمایی در نظر گرفته شده است.

البته فرضیات بالا برای محاسبات out breathing کمی محافظه کار درنظر گرفته شده است ولی بایستی شرایط غیرنرمال را نیز در نظر گرفت و از طرفی سایز ونت بزرگ‌تر نیز از لحاظ اقتصادی تأثیر آن در قیمت تمام شده مخزن بسیار ناچیز می‌باشد. از طرفی این محافظه کاری، خود حاشیه‌ایی ایمن برای نرخ تخلیه و بارگیری ایجاد می‌کند.

(آن‌چه که در بالا توضیح داده شد مربوط به کلیات انکس A بود.)

خوب برویم سراغ مسئله:

D.2.4 Ambient temperature drop, sample calculation No. 2

This sample calculation, shown in Table D-8, demonstrates that the API 2000:1998 required venting capacity for thermal inbreathing (vacuum relief) may be inadequate for certain unusual climatic conditions.

API 2000:1998 venting requirements for vacuum relief are based on the inflow of air due to product movement plus thermal inbreathing. Thermal inbreathing is caused by changes in atmospheric conditions. API 2000:1998 requirements for thermal inbreathing are based on a mean rate of change of 100°F (56°C) per hour in the vapour-space temperature. (See Appendix A of API 2000:1998 for further details).

This sample calculation checks the required vacuum relief capacity of an 80ft. diameter x 30ft. high tank, located in Colombo, Sri Lanka. A temperature record is available for this tank which indicates a temperature drop of no less than 30°F (from 87°F to 57°F) in 15 minutes. This sharp temperature drop occurred during a downpour after a hot and sunny day.

It should be noted that this calculation is not exact. It is presented to illustrate the effect of a rapid cool down of the vapour space.

خوب در این مسئله می‌خواهد سایزینگ خلا برای یک مخزن با قطر ۳۰ فوت و ارتفاع ۸۰ فوت را محاسبه نماید با شرایط خاص ۳۰ فارنهایت در ۱۵ دقیقه (بدترین شرایط).

Table D-8 Sample calculation data

Tank diameter	D=	24.38m	=80.0 ft
Tank height	H =	9.14m	=30.0 ft
Roof tangent (cone roof)	tg =	0.20	
Tank capacity		26,855 barrels	
Tank volume inc. roof space	V =	4,650 m^3	=164,200 ft^3
Assume tank empty:			
Volume of vapour space	V_1 =	4,650 m^3	
Molecular weight of gas	m =	29	
Atmospheric pressure	p =	1,013 mbar	
Gas-constant	R =	0.08478 litre-atm/°C/mole	
Normal vapour density	ρ_n =	1.294 kg/m^3 (at 0°C)	
Vapour temperature	T_1 =	87°F	
Vapour density at T_1	ρ_1 =	1.164 kg/ m^3	
Total mass of vapour at T1	m_1 =	5,412 kg	
Vapour temperature	T_2 =	57°F	
Vapour density at T_2	ρ_2 =	1.232 kg/m^3	
Vapour volune at T_2	V_2 =	4394 m^3	
Vapour contraction	δV =	256 m^3/15 min	= 1024 m^3/hr
			= 36,162 ft^3/hr
Inbreathing due to temperature drop			= 36,162 scfh air
API 2000 inbreathing requirement			= 25,484 scfh air
Percentage increase over API 2000			= 42%

ابتدا بررسی پارامترها:

D = قطر مخزن

H = ارتفاع مخزن

t_g = شیب مخزن

V = ظرفیت مخزن با درنظر گرفتن فضای بخار

فرض: مخزن خالی

V= حجم ناحیه بخار

m = جرم مولکولی گاز

p = ثابت گاز

pn = دانسیته بخار

T_1 = دمای بخار

دانسیته بخار در دمای T_1: را P_1

وزن کل بخار در دمای T_1: را m_1

دمای بخار T_2: دانسیته T_2 را P_2

حجم بخار در دمای T_2: را V_2

غلظت بخار را هم dv

Assume:
T_1 = Average vapour space temperature = 20°C = 293°K
P_1 = Pressure relief set pressure, mbar (abs)
P_2 = Vacuum relief set pressure, mbar (abs)
Atmospheric pressure Pa = 1,013 mbar (abs)

به سراغ استاندارد API 2000 می‌رویم و بررسی می‌کنیم که چه بیان کرده است:

این‌جا ۱۵۹ ناقص است و از انکس A متوجه شدیم که باید جابه‌جایی هوا را هم حساب کنیم از جدول ۱.

Table 1A—Normal Venting Requirements
(SCFH of Air per Barrel per Hour of Liquid Flow)
A. English Units

Flash Point/Boiling Point[a]	Inbreathing		Outbreathing	
	Liquid Movement Out	Thermal	Liquid Movement In	Thermal
Flash Point ≥ 100°F	5.6	See Table 2A	6	See Table 2A
Boiling Point ≥ 300°F	5.6	" "	6	" "
Flash Point < 100°F	5.6	" "	12	" "
Boiling Point < 300°F	5.6	" "	12	" "

[a] Data on flash point or boiling point may be used. Where both are available, use flash point (See Appendix A).

Table 1B—Normal Venting Requirements
(Nm^3/hr of Air per Cubic Meter per Hour of Liquid Flow)
B. Metric Units

Flash Point/Boiling Point[a]	Inbreathing		Outbreathing	
	Liquid Movement Out	Thermal	Liquid Movement In	Thermal
Flash Point ≥ 37.8°C	0.94	See Table 2B	1.01	See Table 2B
Boiling Point ≥ 148.9°C	0.94	" "	1.01	" "
Flash Point < 37.8°C	0.94	" "	2.02	" "
Boiling Point < 149°C	0.94	" "	2.02	" "

[a] Data on flash point or boiling point may be used. Where both are available, use flash point (See Appendix A).

خلاصه مطالب بیان شده به شرح ذیل است:

V = 10,603 x 6.29 = 66,693 barrels.

(2) Normal outbreathing (pressure relief) requirements:

(a) Required venting capacity for normal pressure relief due to pumping in (API 2000:1998, 4.3.2.3.1 for products with flash point below 100°F):
required pressure relief capacity = 12 × 3773 = 45,276 scfh (standard cubic feet per hour) of air;

(b) Required venting capacity for normal pressure relief due to thermal outbreathing (API 2000:1998, 4.3.2.3.2, Table 2A, column 4 for products with flash point below 100°F), by interpolation for tank capacity of 66,693 barrels:
required normal pressure relief capacity = 46,677 scfh air;

(c) Total required normal pressure relief capacity = (a) + (b) = 91,953 scfh air.

(3) Normal inbreathing (vacuum relief) requirements:

(a) Required venting capacity for normal vacuum relief due to pumping out (API 2000:1998, 4.3.2.1.1 for products with any flash point):
required vacuum relief capacity = 5.6 × 1887 = 10,567 scfh air;

(b) Required venting capacity for normal vacuum relief due to thermal inbreathing (API 2000:1998, 4.3.2.1.2, Table 2A, column 2 for products with any flash point), by interpolation for tank capacity of 66,693 barrels:
required normal vacuum relief capacity = 46,677 scfh air;

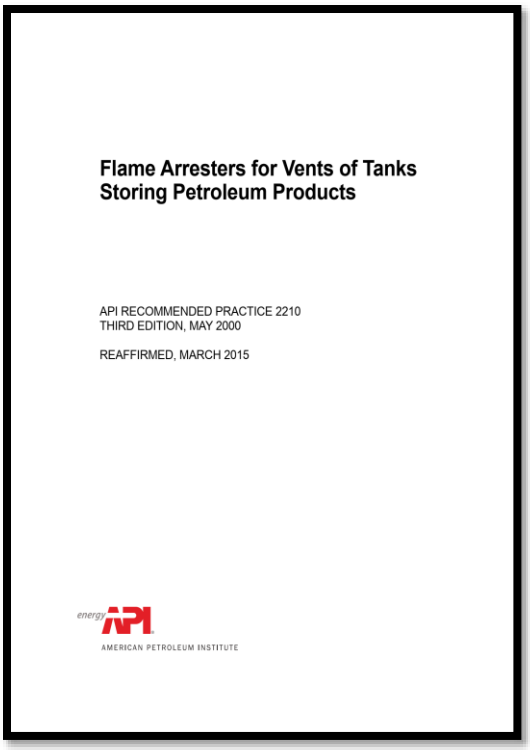
(c) Total required normal vacuum relief capacity = (a) + (b) = 57,244 scfh air.

توجه به این‌نکته ضروری است که درصورتی‌که Flash point زیر ۳۸ درجه سانتی‌گراد باشد، Flame arrestor نیاز است.

استانداردهای رایج Flame Arrestor:

برای طراحی: API 2210

برای الزامات عملکردی و تست: ISO 16582


Flame Arresters for Vents of Tanks Storing Petroleum Products

API RECOMMENDED PRACTICE 2210
THIRD EDITION, MAY 2000

REAFFIRMED, MARCH 2015

energy API
AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

INTERNATIONAL STANDARD
ISO 16852

Second edition
2016-10-15

Flame arresters — Performance requirements, test methods and limits for use

Arrête-flammes — Exigences de performance, méthodes d'essai et limites d'utilisation

ISO

Reference number
ISO 16852:2016(E)

محاسبات را مروری مختصر می‌کنیم:

برای مخازن ذخیره با حجم بیش‌تر از ۳۱۸۰ متر مکعب، مقادیر thermal vaccum بسیار نزدیک به عدد $0.577\ m^3/hr$ بر سطح کل بدنه و سقف می‌باشد.

و برای مخازن ذخیره با حجم کم‌تر از ۳۱۸۰ متر مکعب، مقادیر thermal vaccum بر پایه $0.169\ m^3/hr$ بر هر مترمکعب ظرفیت محاسبه می‌شود.

وقتی سقف مخروطی شود از دو دیدگاه قابل بررسی است: دیدگاه اول همین سایزینگ است. در انکس A: بر اساس زمانی‌که مخزن خالی است حساب کتاب می‌کند، پس سقف مخروطی حجم بیش‌تری دارد و جذب گرمایی بیش‌تر است چون سطح ناحیه هم بیش‌تر است. پس در نتیجه سایز ونت بزرگ‌تری نیاز دارد.

اما از دیدگاه مکانیکی: سقف مخروطی مقاومتش در برابر وکیوم بیش‌تر است.

جمع بندی: میزان in و out را حساب کردیم که برای هرکدام عددی به‌دست آمد.

(3) *Normal inbreathing (vacuum relief) requirements:*

(a) Required venting capacity for normal vacuum relief due to pumping out (API 2000:1998, 4.3.2.1.1 for products with any flash point):
required vacuum relief capacity = 5.6 × 1887 = 10,567 scfh air;

(b) Required venting capacity for normal vacuum relief due to thermal inbreathing (API 2000:1998, 4.3.2.1.2, Table 2A, column 2 for products with any flash point), by interpolation for tank capacity of 66,693 barrels:
required normal vacuum relief capacity = 46,677 scfh air;

(c) Total required normal vacuum relief capacity = (a) + (b) = 57,244 scfh air.

$\sum$ in breathing = 188 + 539 = 727

خوب الان با جدول زیر میزان ۷۲۷ را برای فشار ۷/۵ بار استخراج می‌کنیم.

Table D-5 Venting capacities for different orifice diameters

Venting capacity (m^3/hour)	Pressure difference (mbar)					
	2.5	5.0	7.5	70	175	350
	Orifice diameter* (mm)					
50	42	35	32	32	32	32
100	60	50	45	32	32	32
250	93	78	71	41	32	32
500	132	111	100	57	46	38
750	162	136	123	70	56	47
1000	187	157	142	81	65	54
1250	–	175	158	91	72	61
1500	–	192	174	99	79	66
2000	–	–	200	115	91	77
4000	–	–	–	162	129	108
6000	–	–	–	200	158	133
8000	–	–	–		182	153
10000	–	–	–		200	172
12000	–	–	–		–	188
14000	–	–	–		–	200

*Interpolate diameter for intermediate values of venting capacity and differential pressure.

Example: For a required capacity of 500 m^3/hour and a differential pressure of 7.5 mbar, the minimum orifice diameter is 100mm.

حدوداً می‌شود ۱۲۳ میلی‌متر برای وکیوم.

در حال حاضر یک عدد ۱۴۵ داریم و یکی هم ۱۲۳. (اولی برای out و دومی برای in)

حال بستگی دارد چه نوع PV می‌گذاریم.

اگر جداگانه بگذاریم یعنی relief جدا باشد و vaccum جدا باشد؟ در چنین حالتی باید مجموع ونت‌ها عدد ۱۵۴ و مجموع سایز وکیوم‌ها ۱۲۳ باشد.

ولی اگر ولو دومنظوره باشد یعنی PRVV (Pressure relief vaccum valve) باشد چطور؟ در این حالت بزرگ‌تر را حساب می‌کنیم. همزمان هم خروج هوا و هم ورود هوا است پس اگر بزرگ‌تر را درنظر بگیریم کافی است.

ولی وقتی تکی عمل می‌کند، یعنی فشارشکن جدا دارید و خلا شکن جدا، باید هرکدام جداگانه حساب کنید. (یعنی این‌که برای فشار شکن می‌شود سایز ونت و برای خلا شکن می‌شود سایز خلا).

اگر از نوع عصایی vent to air بگذاریم به چه صورت خواهد بود؟ (یعنی هیچ شیری برایش نصب نکنیم فقط حالت عصایی)

آن عصا هم دم است و هم باز دم – در این حالت هم می‌شود مثل وقتی‌که دو منظوره است. مقدار بزرگ‌تر را مدنظر قرار می‌دهیم.

روش دوم : فصل سوم استاندارد API 2000

روش دیگر برای محاسبه ونت مخزن ذخیره مطابق با استاندارد API 2000:

3.3.2.3.2 Thermal Out-breathing

Calculate the thermal out-breathing (i.e. the maximum thermal flow rate for heating up) $\dot{V}_{OT}$, expressed in SI units of normal cubic meters per hour of air, in accordance with Equation (7):

$$\dot{V}_{OT} = Y \cdot V_{tk}^{0.9} \cdot R_i \quad (7)$$

where

Y is a factor for the latitude (see Table 1);

V_{tk} is the tank volume, expressed in cubic meters;

R_i is the reduction factor for insulation {$R_i = 1$ if no insulation is used; $R_i = R_{inp}$ for partially insulated tanks [see Equation (12)]; $R_i = R_{in}$ for fully insulated tanks [see Equation (11)]}.

Calculate the thermal out-breathing (i.e. the maximum thermal flow rate for heating up) $\dot{V}_{OT}$, expressed in USC units as standard cubic feet per hour of air, in accordance with Equation (8):

$$\dot{V}_{OT} = 1.51 \cdot Y \cdot V_{tk}^{0.9} \cdot R_i \quad (8)$$

where

از فرمول مشخص شده در بالا استفاده می‌کنیم که Y را ۰/۳۲، V حجم مخزن را هم که داریم، Ri را برابر یک در نظر می‌گیریم که در این حالت Thermal out breathing را محاسبه می‌کنیم.

The Y-factor for the latitude in Equations (7) and (8) can be taken from Table 1.

Table 1—Y-factor for Various Latitudes

Latitude	Y-factor
Below 42°	0.32
Between 42° and 58°	0.25
Above 58°	0.2

در ادامه Thermal inbreathing را محاسبه می‌کنیم به صورت زیر:

3.3.2.3.3 Thermal Inbreathing

Calculate the maximum thermal flow rate during cooling down $\dot{V}_{IT}$, expressed in SI units of normal cubic meters per hour of air, in accordance with Equation (9):

$$\dot{V}_{IT} = C \cdot V_{tk}^{0.7} \cdot R_i \quad (9)$$

where

C is a factor that depends on vapor pressure, average storage temperature and latitude (see Table 2);

V_{tk} is the tank volume, expressed in cubic meters;

R_i is the same as for Equation (7).

Calculate the maximum thermal flow rate during cooling down $\dot{V}_{IT}$, expressed in USC units of standard cubic feet per hour of air, in accordance with Equation (10):

$$\dot{V}_{IT} = 3.08 \cdot C \cdot V_{tk}^{0.7} \cdot R_i \quad (10)$$

where

C is a factor that depends on vapor pressure, average storage temperature and latitude (see Table 2);

V_{tk} is the tank volume, expressed in cubic feet;

R_i is the same as for Equation (8).

The calculated inbreathing assumes ambient air flow through the tank vent. It is typical practice to assume the ambient air is at normal or standard conditions. If a medium other than air is used for vacuum relief, then it may be necessary to convert the rate to an air equivalent flow. See D.9.

Uninsulated hot tanks that could be subjected to a rapid temperature drop greater than 40 °C may have inbreathing rates higher than indicated above. These should be evaluated on a case-by-case basis. See 3.2.5.14.

Table 2—C-factors

Latitude	C-factor for various conditions			
	Vapor pressure similar to Hexane		Vapor pressure higher than hexane, or unknown	
	Average storage temperature °C			
	< 25	≥ 25	< 25	≥ 25
Below 42°	4	6.5	6.5	6.5
Between 42° and 58°	3	5	5	5
Above 58°	2.5	4	4	4

مقدار C را هم ۶/۵ در فرمول بالا وارد می‌کنیم.

با توجه به توضیحات ارائه شده در بالا دو تا V به‌دست می‌آوریم که ماکزیمم این دو عدد را انتخاب کرده و به جای Q در فرمول زیر قرار می‌دهیم.

$$Q = AV$$

V را هم ۱۵ متر بر ثانیه در نظر گرفته و با توجه به فرمول بالا میزان A را حساب می‌کنیم که حجم ونت است و از این طریق تعداد ونت‌های مورد نیاز به‌دست می‌آید.

همان‌طور که مشاهده می‌فرمائید یک روش ساده مطابق متن استاندارد است که محافظه‌کار است و سایز بالا می‌دهد و روش دیگر که در ابتدا توضیح داده شد مطابق با انکس A استاندارد بود که سایز پایین‌تری می‌دهد.