

КАС КОМИСИЯ ЗА БЕЗОПАСНОСТ НА СЪОРЪЖЕНИЯТА

Федерално министерство на околната среда, опазване на природата, ядрена безопасност и защита на потребителите

**Определяне на подходящото състояние на безопасност за
инсталациите с газообразен водород**

**Работна група по преразглеждане
на ръководството на KAS-18“**

Комисия за

Безопасност на съоръженията (KAS)

Определяне на подходящото безопасно разстояние за инсталации с газообразен водород

Комисията за безопасност на съоръженията (KAS) е орган, създаден от Федералното министерство на околната среда, опазването на природата, ядрената безопасност и защитата на потребителите в съответствие с раздел 51a от Федералния закон за контрол на емисиите.

Офисът се намира в GFI Umwelt — Gesellschaft für Infrastruktur und Umwelt mbH в Бон.

1. Въведение

По искане на Федералното министерство на околната среда, опазването на природата, ядрената безопасност и защитата на потребителите (BMUV) 15-ото заседание на работна група „Преразглеждане на насоките KAS-18,(AK-KAS18) на 22 септември 2023 г. обсъди подходящото безопасно разстояние за „инсталации за производство, съхранение, пълнене, обработка и използване на газообразен водород“. Беше решено за тези инсталации да се установят стандартни безопасни разстояния. Поради неотложността на тази тема, резултатите от за АК-KAS18 ще бъдат публикувани предварително.

За горепосочените инсталации в случай на изпускане на вещество трябва да се вземат предвид опасностите от пожар и експлозия. Когато се освободи течен водород, се образува облак от тежък газ, чието разпространение е силно повлияно от развитието в района около мястото на изпускане. Следователно подобен сценарий може да бъде онагледен само чрез фиксирано подходящо безопасно разстояние. За тази цел трябва да се извърши анализ на всеки отделен случай.

Когато се освободи газообразен водород, ще се образува свободна струя поради работното свръхналягане. Предполага се, че запалването води първо до експлозия, а след това до пожар. Влияещите променливи на тази сценарии могат да бъдат оценени консервативно, така че е възможен общ подход, описан по-долу.

Като алтернатива може да се извърши и анализ на всеки отделен случай вместо общ анализ.

2. Обхват и гранични условия

Следните съображения се отнасят изключително до инсталации (вж. въведението) за работа с газообразен водород с работни налягания до максимум 1 000 bar. Прави се разграничение между два вида инсталации:

1. инсталации с тръбопроводи с вътрешен диаметър, непревишаващ 15 mm; и
2. инсталации с тръбопроводи с вътрешен диаметър над 15 mm.

Въз основа на това се приема площ на изтичане от 180 mm² (еквивалентен диаметър 15 mm), в случай 1 и площ на изтичане от 490 mm² (еквивалентен диаметър 25 mm) в случай 2.

Приемат се следните гранични условия:

- Работна температура: 20°C
- Околна температура: 20°C
- Спокоен вятър
- Коефициент на изтичане: 0.62
- Височина на точката: 2 м
- Изходен ъгъл срещуположно на хоризонтала: 45°

3. Методи за изчисляване

За изчисляването на свободната от водород струя се използва измененият модел на Schatz, което дава добро съответствие в сравнение с експерименталните изследвания /1/.

При дадените условия центърът на свободната струя е над земята. В случай на запалване, вълната на налягането може да се разпространи във всички посоки. За този сценарий е подходящ моделът на Baker-Strehlow-Tang/2/, тъй като предполага сферично разпространение на вълната на налягането. Освен това в този модел се взема предвид реактивността на газа. Прави се разграничение между газове с ниска реактивност (напр. метан), средно реактивни газове и газове с висока реактивност (напр. водород). В зависимост от изолацията и блокирането на газовия облак, максималното експлозивно свръхналягане се определя според матрицата на Pierorazio/3/. Разграничават се два случая:

1. Няма препятствия, предизвикващи турбуленция в газовия облак и експлозията не е ограничена от препятствия.

2. В газовия облак има препятствия, предизвикващи турбуленция и възниква детонация. Експлозията е едностранно ограничена от препятствия.

За изчисляване на дължината на пламъка се използва подходът на Molkov / Saffers /4/, което води до консервативно намаление в сравнение с експерименталните изследвания. За изчисляване на облъчването в околната среда се приема пламък под формата на пресечен конус. Радиационната част на пламъка на свободния лъч се изчислява съгласно подхода на Houf/Schefer /5/ и Ekoto /6/.

4. Стойности на оценката

Подходящото безопасно разстояние се дължи на 1) свръхналягане от експлозия от 50 mbar, тъй като налягане на експлозия от 50 mbar не трябва да се превишава в случай на защитени обекти съгласно раздел 3, параграф 5d от BImSchG, или 2) излъчване от 1,6 kW/m².

5. Изчисления

Следващите две таблици обобщават резултатите от изчислението, по-специално разстоянията, при които оценъчните стойности са по-ниски, за двете области на теч 180 mm²

и 490 mm². Случаи 1 и 2 се отнасят до граничните условия на газовата експлозия.

Площ на изтичане 180 mm²

Работно налягане	Масов поток	Експлозивна маса	Случай 1	Случай 2	Топлинно излъчване
100 bar	0,684 kg/s	0,47 kg	20 m	51 m	34 m
200 bar	1.345 kg/s	1,1 kg	25 m	67 m	47 m
300 bar	1.966 kg/s	1,6 kg	28 m	77 m	56 m
400 bar	2.554 kg/s	2,2 kg	31 m	84 m	64 m
500 bar	3.112 kg/s	2,7 kg	33 m	90 m	70 m
600 bar	3.642 kg/s	3,2 kg	35 m	95 m	76 m
700 bar	4,146 kg/s	3,6 kg	36 m	99 m	81 m
800 bar	4.629 kg/s	4,0 kg	37 m	102 m	85 m
900 bar	5.091 kg/s	4,4 kg	38 m	105 m	88 m
1000 bar	5.535 kg/s	4,7 kg	39 m	108 m	92 m

Площ на изтичане 490 mm²

Работно налягане	Масов поток	Експлозивна маса	Случай 1	Случай 2	Топлинно излъчване
100 bar	1.863 kg/s	1,9 kg	31 m	82 m	56 m
200 bar	3.663 kg/s	4,4 kg	40 m	107 m	78 m
300 bar	5.352 kg/s	6,9 kg	46 m	123 m	94 m
400 bar	6.953 kg/s	9,2 kg	50 m	136 m	106 m
500 bar	8.471 kg/s	11,4 kg	53 m	145 m	117 m
600 bar	913 kg/s	13,5 kg	56 m	153 m	126 m
700 bar	11.288 kg/s	15,4 kg	58 m	160 m	133 m
800 bar	12.601 kg/s	17,2 kg	60 m	166 m	140 m
900 bar	13.859 kg/s	18,8 kg	62 m	170 m	146 m
1000 bar	15.068 kg/s	20,3 kg	63 m	175 m	152 m

6. Препоръка за подходящи безопасни разстояния

Въз основа на извършените изчисления, за инсталации за производство, съхранение, пълнене, обработка и използване на газообразен водород с тръбопроводи с вътрешен диаметър, непревишаващ 15 mm (площ на изтичане: 180 mm²) и тръбопроводи с вътрешен диаметър над 15 mm (площ на изтичане: 490 mm²) се предлагат следните подходящи безопасни разстояния:

	Подходящо безопасно разстояние за области на теч	
Работно налягане P	180 mm ²	490 mm ²
P < 100 bar	50 m	80 m
100 ≤ P < 200 bar	70 m	110 m
200 ≤ P < 400 bar	80 m	140 m
400 ≤ P < 600 bar	95 m	150 m
600 ≤ P < 800 bar	100 m	170 m
800 ≤ P ≤ 1000 bar	110 m	180 m

7. Литература

/1/ B. Schallau, S. Schallau: Wasserstoff-Freisetzung aus Ausblasern. Technische Sicherheit 13, Nr. 5-6 (2023)

/2/ M.J. Tang, Q.A. Baker: A New set of Blast Curves from Vapour Cloud Explosion. Process Safety Progress, Vol. 18, Nr. 3, S. 235-240 (1999)

/3/ A.J. Pierorazio, J.K. Thomas, Q.A. Baker, D.E. Ketchum: An Update to the Baker-Strehlow-Tang Vapour Cloud Explosion Prediction Methodology Flame Speed Table. Process

Safety Progress, Vol. 24, Nr. 1, S. 59-65 (2005)

/4/ V. Molkov, J.-B. Saffers: Hydrogen jet flames. International Journal of Hydrogen Energy Vol. 38, Seiten 8141-8158 (2013)

/5/ W. Houf, R. Schefer: Predicting radiative heat fluxes and flammability envelopes from unintended releases of hydrogen. International Journal of Hydrogen Energy Vol. 32, Seite 136 - 151 (2007)

/6/ I.W Ekoto, A.J. Ruggles, L.W. Creitz, J.X. Li: Updated jet flame radiation modeling with buoyancy corrections. International Journal of Hydrogen Energy Vol. 39, Nr. 35, Seiten 20570-20577 (2014)

GFI Umwelt — Gesellschaft für Infrastruktur und Umwelt mbH

Офисът на
Комисия за безопасност на съоръженията

Königswinterer Str. 827 D-53227 Bonn
телефони + 49-(0)228-90 87 34-0
факс + 49-(0)228-90 87 34-9
E-Mail kas@gfi-umwelt.de
www.kas-bmu.de