

3. *Трещинообразование* в кожухах доменных печей// В.К. Востров, Е.М. Баско, В.М. Горицкий, Г.П. Кондаков// Строительная механика и расчет сооружений. — 1987. — № 2. — С. 16–19.

4. *РД 03-421—01*. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов.

5. *Горицкий В.М., Гладштейн Л.И., Шнейдеров Г.Р.* Исследование тепловой хрупкости низколегированных термоулучшенных сталей// Изв. АН СССР. Металлы. — 1982. — № 2. — С. 150–156.

6. *РД 03-380—00*. Инструкция по обследованию шаровых резервуаров и газгольдеров для хранения сжиженных газов под давлением.

7. *Учет* эксплуатационно-технологических факторов при диагностике технического состояния и оценке остаточного ресурса шаровых резервуаров и газгольдеров/ А.А. Шаталов, Х.М. Ханухов, А.Е. Воронежский, В.М. Горицкий// Безопасность труда в промышленности. — 1997. — № 9. — С. 23–26.

8. *РД 03-410—01*. Инструкция по проведению комплексного технического освидетельствования изотермических резервуаров сжиженных газов.

9. *Нормы* расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-002—86. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — С. 525.

oem@stako.ru

УДК 531.787(017)

© С.Н. Буйновский, А.С. Печеркин, 2012

## Техническая ошибка или просто небрежность?



**С.Н. Буйновский,**  
д-р техн. наук,  
гл. редактор

ЗАО НТЦ ПБ



**А.С. Печеркин,**  
проф., д-р техн. наук,  
ген. директор

НП ПБ-ГРУПП

**Рассмотрены разные трактовки в законодательных и нормативных документах вопросов идентификации объектов (сосудов), работающих при давлении свыше атмосферного, в системе СИ.**

*Different interpretations in legislative and normative documents of issues pertaining to identification in SI system of hazardous production facilities (vessels) operating under pressure higher than atmospheric pressure are reviewed in the Article.*

**Ключевые слова:** системы измерения физических величин, абсолютное и избыточное давление, особенности перевода в систему измерения СИ, федеральные законы, нормативные документы.

В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» к категории опасных производственных объектов, в частности, относятся объекты, на которых «используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля или при температуре нагрева воды более 115 градусов Цельсия» (приложение 1, п. 2).

Во вступившем в силу с 1 января 2012 г. Федеральном законе от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» к категории опасных объектов также относятся опасные производственные объекты, на которых «используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля или при температуре нагрева воды более 115 градусов Цельсия».

Аналогичная формулировка требования по давлению («оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля») содержится и в других действующих законах, правовых актах и нормативно-технических документах [1–5].

Формально такая формулировка означает, что все такие документы относятся к *оборудованию, работающему под давлением более 0,7 кгс/см<sup>2</sup>*, т.е. и к находящемуся под некоторым разрежением.

На практике давление  $P$  газообразной и жидкой среды может измеряться относительно двух различных уровней: абсолютного вакуума (абсолютного нуля давления) или атмосферного (барометрического) давления.

Давление, измеряемое относительно вакуума, называют давлением абсолютным  $P_{аб}$ . Атмосферное (барометрическое) давление  $P_{атм}$  — это абсолютное давление земной атмосферы. Оно зависит от конкретных условий измерения: температуры

воздуха и высоты над уровнем моря. Давление, которое больше или меньше атмосферного, но измеряется относительно атмосферного, называют соответственно избыточным  $P_{\text{изб}}^1$  или давлением разрежения, вакуумметрическим  $P_{\text{вак}}$ . Очевидно, что  $P_{\text{аб}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{изб}}$  или  $P_{\text{аб}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}}$ . Избыточное давление часто называют также манометрическим (по измеряемому прибору — манометру или мановакуумметру) [6].

В технической системе единиц МКГСС (метр, килограмм-сила, секунда) единицы давления имеют размерность — кгс/м<sup>2</sup> и кгс/см<sup>2</sup>; единица давления кгс/см<sup>2</sup> получила название технической, или метрической атмосферы<sup>2</sup>. Если давление измеряется в технических атмосферах, то абсолютное давление обозначается как *ата*, а избыточное — как *аму*.

В англоязычных странах широко распространена единица давления **пси** ( $\text{psi} = \text{lbf/in}^2$ ) — фунт силы на квадратный дюйм (1 фунт  $\approx 0,4536$  кг). При измерении абсолютного и избыточного давления используются соответственно обозначения *psia* (*absolute* — абсолютный) и *psig* (*gauge* — избыточный).

В Международной системе единиц СИ (ее основные единицы: метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела и моль), принятой в 1960 г., единицей силы является Н (ньютон), а единицей площади — м<sup>2</sup>. Отсюда определяется единица давления паскаль (1 Па = 1 Н/м<sup>2</sup>), а ее часто встречаемые в технике производные — килопаскаль (1 кПа = 10<sup>3</sup> Па), мегапаскаль (1 МПа = 10<sup>6</sup> Па). Наряду с системой СИ в области измерения давления продолжают использоваться единицы и других, более ранних систем, а также внесистемные единицы.

С 1 января 1982 г. введен в действие ГОСТ 8.417—81 «Единицы физических величин», установивший перечень единиц физических величин для применения в СССР, их наименование и обозначение, а также порядок использования внесистемных единиц и исключения ряда внесистемных единиц, подлежащих изъятию. Применение СИ стало обязательным во всех областях науки и техники, а также в народном хозяйстве.

<sup>1</sup> Избыточное давление может быть и отрицательным, тогда  $P_{\text{вак}}$  равно модулю отрицательного значения  $P_{\text{изб}}$ .

<sup>2</sup> В физической системе единиц СГС (сантиметр, грамм, секунда) единицей силы является дина (1 дин = 10<sup>-5</sup> Н). В рамках СГС введена единица давления **бар** (1 бар = 1 дин/см<sup>2</sup>). По ГОСТ 8.417—2002 для величины давления временно допустима к применению внесистемная единица **бар** (1 бар = 10<sup>5</sup> Па = 0,1 МПа). Существует одноименная внесистемная, метеорологическая единица **бар**, или **стандартная атмосфера** (1 бар = 10<sup>6</sup> дин/см<sup>2</sup>; 1 мбар = 10<sup>-3</sup> бар = 10<sup>3</sup> дин/см<sup>2</sup>), что иногда, вне контекста, вызывает путаницу. Кроме указанной единицы на практике используется такая внесистемная единица, как **физическая**, или **нормальная атмосфера (атм)**, которая эквивалентна уравновешивающему столбу 760 мм рт. ст.

Для приблизительных оценок и расчетов давления с относительной погрешностью не более 0,5 % полезно использовать следующие соотношения: 1 ат = 1 кгс/см<sup>2</sup> = 10<sup>4</sup> кгс/м<sup>2</sup> = 0,97 атм = 0,98 · 10<sup>3</sup> мбар = 0,98 бар = 10<sup>4</sup> мм вод. ст. = 10 м вод. ст. = 735 мм рт. ст. = 0,98 · 10<sup>5</sup> Па = 98 кПа = 0,098 МПа [6].

Взамен ГОСТ 8.417—81 постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 4 февраля 2003 г. № 38-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 8.417—2002 введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2003 г.

Настоящий стандарт устанавливает единицы физических величин, применяемые в стране: наименования, обозначения, определения и правила применения этих единиц; подлежат обязательному применению единицы Международной системы единиц, а также десятичные кратные и дольные этих единиц.

Таким образом, в современных действующих документах (законодательных, правовых, нормативных, рекомендательного характера и т.д.) все физические величины должны быть представлены в системе СИ, т.е. давление должно иметь размерность Па или его производных кПа и МПа.

В Правилах устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, вступивших в действие с 1 июля 1957 г. [7—8], по-видимому, впервые появилось число 0,7 для обозначения избытка давления. Эти правила распространялись на цистерны, бочки и баллоны с давлением свыше 0,7 ати (вместо давления 1 ати, принятого в ранее действовавших правилах, что обеспечивало более безопасную эксплуатацию таких сосудов<sup>1</sup>).

По сути дела, выражение «с давлением свыше 0,7 ати» равносильно выражению «с давлением свыше атмосферного более чем на 0,7 кгс/см<sup>2</sup>».

Поскольку размерность давления в технических атмосферах как для абсолютного (*ата*), так и для избыточного (*аму*) давления одинаковая — кгс/см<sup>2</sup>, то формальный перевод в систему СИ дает 0,7 кгс/см<sup>2</sup> = 0,07 МПа. При таком переводе в систему СИ величины избыточного давления теряется суть избыточного давления и правильный перевод в систему СИ должен это учитывать соответствующим пояснением: «с избыточным давлением свыше 0,07 МПа», поскольку в системе СИ специального обозначения для избыточного давления не принято (например, таких как *аму* или *psig*). В противном случае правильной бы считалась формулировка «с давлением свыше атмосферного более чем на 0,07 МПа».

Существуют и другие часто используемые правомерные подходы к рассматриваемому вопросу — соответствующие пояснения «об избыточном

<sup>1</sup> Интересно, что ДИРЕКТИВА 97/23/ЕС, касающаяся оборудования, работающего под давлением, применяется к оборудованию, подвергающемуся максимально допустимому давлению, превышающему 0,5 бар, т.е. она обеспечивает еще большую безопасность! Причем во избежание путаницы под «давлением» в ней понимается «давление относительно атмосферного давления, т.е. манометрическое давление (в оригинале: «Pressure» means pressure relative to atmospheric pressure, i.e. gauge pressure). В результате вакуум в Директиве обозначается как отрицательное значение [9].

давлении» в текстах документов [10–16] или расшифровка термина «давление» в [9], под которым понимается разница давления в сосуде и атмосферного давления, т.е. то же самое «избыточное давление» или «манометрическое давление» (gauge pressure).

Последнее убеждает, что в документах с формулировкой «используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля...» скорее допущена обычная небрежность, чем техническая ошибка.

В инженерной практике более привычна и правильна формулировка «с избыточным давлением свыше 0,07 МПа» в связи с использованием приборов измерения давления с нулевой отметкой при атмосферном давлении (манометры, различные датчики с непрерывной записью давления и т.д.).

Следует также отметить, что в термодинамике, газодинамике и других прикладных областях науки в уравнениях используется абсолютное давление.

Таким образом, обязательное, но некорректное (без разъяснений, уточнений или расшифровки терминологии) применение Международной системы единиц в отечественном законодательстве и нормотворчестве в итоге приводит к казусам, когда опасным фактором, по которому идентифицируется опасный производственный объект, вдруг становится «оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля...», что в физическом смысле фактически означает — еще и под разрежением, т.е. в вакууме. Вспоминая Михаила Жванецкого, как-то невольно хочется воскликнуть: «Тщательнее надо, ребята. Формулу нам дали...». Выход простой — во все законы и нормативы, в которых без пояснения употребляется связка «оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля», перед словом «давление» добавить слово «избыточное» либо пояснить, что понимается под словом «давление».

### Список литературы

1. *Федеральный закон Российской Федерации от 19 октября 2011 г. № 283-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Рос. газ. — № 237 (5613). — 2011. — 21 окт.*
2. *РД 10-210—98. Методические указания по проведению технического освидетельствования металлоконструкций паровых и водогрейных котлов. — Сер. 20. — Вып. 2. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011. — 28 с.*
3. *РД 10-16—92. Методические указания по обследованию предприятий, эксплуатирующих паровые и водогрейные котлы, сосуды, работающие под давлением, трубопроводы пара и горячей воды. — Сер. 20. — Вып. 5. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011. — 40 с.*
4. *РД 10-520—02. Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности опасных производ-*

ственных объектов, на которых используются паровые и водогрейные котлы, сосуды, работающие под давлением, трубопроводы пара и горячей воды // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2003. — № 2.

5. *РД 10-385—00. Методические рекомендации по классификации аварий и инцидентов на подъемных сооружениях, паровых и водогрейных котлах, сосудах, работающих под давлением, трубопроводах пара и горячей воды. Утверждены и введены в действие с 01.12.2000 постановлением Госгортехнадзора России от 04.10.2000 № 58.*

6. *Исследование рынка малогабаритных датчиков давления. Измерение давления. Ч. 1. URL: [http://www.alfa-prom.ru/art\\_8\\_1\\_issled\\_rinka\\_malogab\\_dat\\_dav.html](http://www.alfa-prom.ru/art_8_1_issled_rinka_malogab_dat_dav.html).*

7. *Новые «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» // Безопасность труда в промышленности. — 1957. — № 3. — С. 38.*

8. *Хроника // Безопасность труда в промышленности. — 2011. — № 12. — С. 24.*

9. *DIRECTIVE 97/23/EC // Official Journal. — 1997. — № L 181. — Р. 1.*

10. *ПБ 03-576—03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. — Сер. 20. — Вып. 6. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011. — 188 с.*

11. *ПБ 10-573—03. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. — Сер. 20. — Вып. 8. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011. — 130 с.*

12. *ПБ 10-574—03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. — Сер. 20. — Вып. 9. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011. — 216 с.*

13. *СО 153-34.17.469—2003. Инструкция по продлению срока безопасной эксплуатации паровых котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа включительно и водогрейных котлов с температурой воды выше 115 °С. — Сер. 20. — Вып. 10. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011. — 134 с.*

14. *Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением. — Сер. 20. — Вып. 1. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011. — 76 с.*

15. *РД 10-249—98. Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды. — Сер. 20. — Вып. 4. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011. — 34 с.*

16. *Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К (115 °С). — Сер. 20. — Вып. 7. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. — 76 с.*

btp@safety.ru