

## Номинальное давление: глубокое погружение в теорию и практику для инженеров по автоматизации на примере производства «РусАвтоматизации»

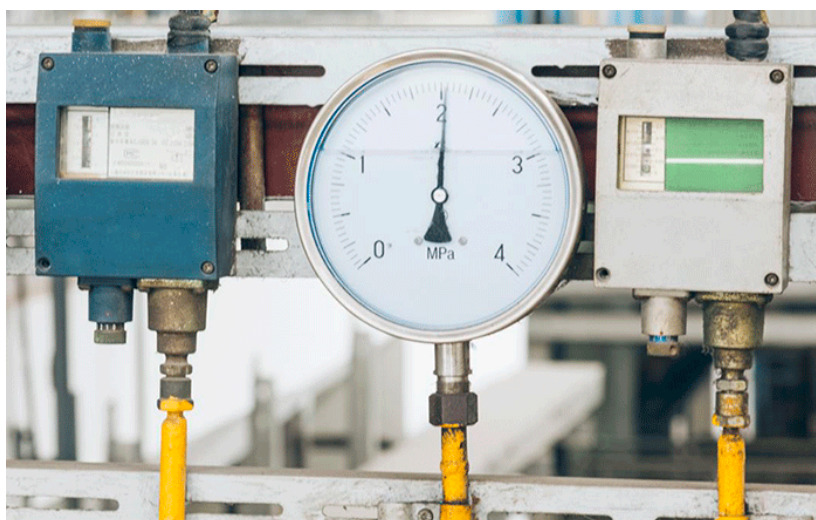
В мире промышленной автоматизации и оборудования, работающего под давлением (арматура, сосуды, трубопроводы, теплообменники), понятие номинального давления (PN, PY) является краеугольным камнем безопасности, надежности и правильного подбора. Однако, как показывает практика компании «РусАвтоматизации», отсутствие четкого понимания его сути и взаимосвязи с реальными условиями эксплуатации часто приводит к ошибкам при проектировании, заказе и эксплуатации. Эта статья призвана ликвидировать пробелы и дать инженерам-практикам исчерпывающее руководство.

### Номинальное давление (PN, PY): суть и стандартизация

**Определение:** номинальное давление (PN, от немецкого Pressure Nominal, или PY – Рабочее условное) – это основная справочная характеристика оборудования. Оно обозначает максимальное избыточное рабочее давление (в МПа или кгс/см<sup>2</sup>) при температуре среды +20 °С, при котором гарантируется длительная и безопасная работа оборудования в течение расчетного срока службы.

**Стандартизация:** ключевой аспект – параметры PN строго стандартизированы. В России и странах СНГ основной документ – [ГОСТ 356-80 «Арматура и детали трубопроводов. Давления условные, пробные и рабочие. Ряды»](#). Этот стандарт устанавливает:

- ряд номинальных давлений (PN): например, PN 1.6 (PY16), PN 2.5 (PY25), PN 4.0 (PY40), PN 6.3 (PY63), PN 10.0 (PY100) и т.д.;
- пробные давления (Pпр): значительно более высокие давления, применяемые для гидравлических испытаний оборудования на прочность и плотность при изготовлении и приемке;
- рабочие давления (Pраб): максимально допустимые давления при температурах, отличных от +20°С.



## Критическая взаимосвязь: PN, рабочее давление (Рраб) и рабочая температура (Траб)

Здесь кроется главная причина непонимания и ошибок.

- **Эффект температуры:** прочность конструкционных материалов (сталей, сплавов) снижается с ростом температуры. Оборудование, рассчитанное на PN 1.6 МПа при +20 °С, не может безопасно работать при том же давлении, скажем, при +300 °С.
- **Роль ГОСТ 356-80:** стандарт регламентирует снижение максимально допустимого рабочего давления (Рраб) в зависимости от рабочей температуры (Траб) и группы материала, из которого изготовлено оборудование. Материалы группируются по их применяемости и составу легирующих элементов: например, углеродистые стали, легированные стали, нержавеющие стали типа 12Х18Н10Т.
- **Расчет Рраб при разработке:** инженеры «РусАвтоматизации» при проектировании нового оборудования выполнили прочностные расчеты, определяя Рраб для заданного Траб и конкретного материала. Полученное значение Рраб должно было быть не ниже значения, указанного в ГОСТ 356-80 для соответствующей группы материала, PN и Траб.
- **Возможность превышения ГОСТ:** важный нюанс! Если расчеты и конструктивные решения позволяют обеспечить более высокое Рраб при заданной Траб, чем требует ГОСТ 356-80, производитель может гарантировать эти улучшенные параметры. Это конкурентное преимущество, достигаемое за счет оптимизации конструкции или применения более прочных материалов.

## Как правильно интерпретировать параметры в Технических Характеристиках (ТХ)

### Случай 1: В ТХ указано ТОЛЬКО PN (РУ)

- **Ориентир:** Исключительно ГОСТ 356-80.
- **Действия:** необходимо определить группу материала оборудования и найти в таблице стандарта значение Рраб для требуемой Траб и данного PN. Это и будет максимально допустимое рабочее давление. Предполагается, что производитель гарантирует соответствие ГОСТ.

### Случай 2: В ТХ предоставлена Диаграмма или Таблица Рраб = f(Траб)

- **Ориентир:** предоставленная производителем диаграмма/таблица имеет приоритет над ГОСТ 356-80.
- **Обоснование:** эта диаграмма отражает реальные расчетные или экспериментально подтвержденные характеристики конкретного изделия или серии. Она может как соответствовать ГОСТ, так и превосходить его значения (см. пункт 2), либо, в редких случаях для специализированного оборудования, иметь специфические зависимости.
- **Действия:** обязательно используйте графики для подбора и определения допустимого давления при вашей рабочей температуре. Не полагайтесь слепо на значения ГОСТ для данного PN.



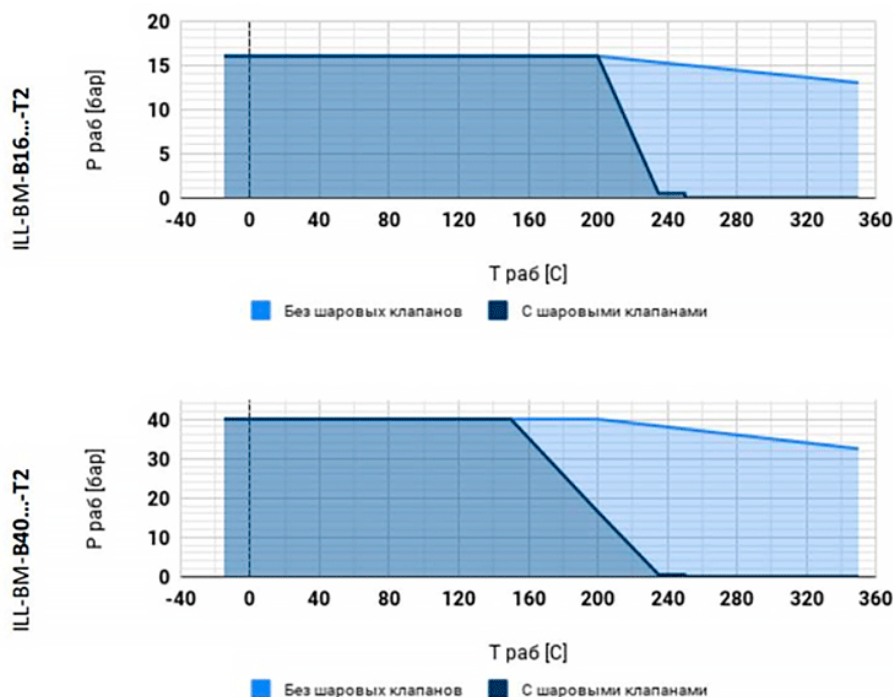


Рис. Пример графиков зависимости допустимого давления от рабочей температуры

## Практический кейс «РусАвтоматизации»: фланец на +300 °С

На наше производство за указателем уровня обратился производитель резервуаров и емкостного оборудования для нефтегазовой отрасли ООО «НПО СПЕЦНЕФТЕМАШ».

**Задача:** изготовить фланцы PN 1.6 МПа (Ру16), материал 12Х18Н10Т, Т<sub>раб</sub> = +300 °С, Р<sub>раб</sub> = 1.6 МПа.

Альтернативные решения могли быть разными, вплоть до того, что вообще не делать данное оборудование. Ниже описаны два типовых решения и самое главное – экономичных.

### Анализ производителя:

- **Проверка по ГОСТ 356-80:** материал 12Х18Н10Т относится к группе с хорошей жаропрочностью. Однако, согласно стандарту, для PN 1.6 и Т<sub>раб</sub> = 300 °С максимальное допустимое Р<sub>раб</sub> = 1.4 МПа.
- **Расчеты прочности:** стандартный фланец Ру16 из 12Х18Н10Т при 300 °С не может гарантированно выдержать 1.6 МПа в течение всего срока службы с необходимым запасом прочности. Его прочности при этой температуре хватает только на 1.4 МПа (как и требует ГОСТ).

**Вывод:** требуемое давление (1.6 МПа) не достигнуто при заданной температуре стандартным решением.



**Варианты решения от «РусАвтоматизации», предложенные ООО «НПО СПЕЦНЕФТЕМАШ»:****Вариант 1: Оптимизация конструкции стандартного фланца.**

- **Действия:** выполнить углубленные прочностные расчеты (часто методом конечных элементов – МКЭ). Исследовать возможность увеличения толщины деталей, изменения геометрии, применения упрочняющих элементов без изменения посадочных и присоединительных размеров (чтобы фланец оставался стандартным Ру16).
- **Результат:** если расчеты подтвердят надежность при  $P_{раб} = 1.6$  МПа и  $T_{раб} = 300$  °С, можно изготовить усиленный фланец Ру16.

**Важно:** это решение должно быть явно указано в ТХ с диаграммой  $P_{раб}$  ( $T_{раб}$ ) и, возможно, повлечет увеличение стоимости и сроков.

**Вариант 2: применение фланца более высокого PN.**

- **Действия:** выбрать фланец со следующим(ими) стандартным значением PN: Ру25 (PN 2.5) или Ру40 (PN 4.0) из того же материала 12X18H10T.
- **Обоснование:** фланцы более высокого PN рассчитаны на большее давление при +20 °С и, следовательно, имеют более высокие значения  $P_{раб}$  при повышенных температурах по ГОСТ 356-80.
- **Проверка по ГОСТ:** для фланца Ру25 (PN 2.5) из 12X18H10T при  $T_{раб}=300$  °С стандарт допускает  $P_{раб} = 2.2$  МПа, что заведомо выше требуемых клиентом 1.6 МПа. Для Ру40 (PN 4.0) запас будет еще больше.
- **Преимущества:** используется стандартизированное, серийно доступное решение. Надежность гарантирована ГОСТом и конструкцией фланца. Сроки поставки минимальны.
- **Недостатки:** увеличенные габариты и вес фланца, потенциально более высокая начальная стоимость (хотя может быть дешевле разработки усиленного Ру16), необходимость согласования с присоединяемым оборудованием.



## Заключение и рекомендации для инженеров

Понимание номинального давления PN (Py) – это не просто знание цифры на шильдике. Это понимание динамической зависимости между давлением, температурой и свойствами материала, жестко регламентируемой стандартами ([ГОСТ 356-80](#)).

### Ключевые выводы для практики:

- **PN ≠ Pраб при Траб > 20 °С:** всегда помните, что рабочее давление снижается с ростом температуры.
- **ГОСТ 356-80 – обязательный минимум:** это ваш основной справочник для определения Pраб, если в ТХ нет специальной диаграммы. Знайте группы материалов!
- **Диаграмма Pраб (Траб) в ТХ – закон:** если производитель ее предоставил, используйте ее значения, а не общие данные ГОСТ для PN.
- **Повышение температуры требует проверки давления:** при выборе оборудования для высокотемпературных процессов всегда уточняйте Pраб именно для вашей Траб.
- **Решение «фланцевого кейса» – типично:** варианты с усилением стандартного фланца или переходом на более высокий PN – стандартные инженерные подходы для решения проблемы несоответствия запроса стандартным параметрам. Выбор зависит от требований к габаритам, срокам, стоимости и наличия стандартных решений.
- **Консультация с производителем – ключ к успеху:** при сложных или пограничных условиях эксплуатации (высокие Траб/Pраб, агрессивные среды) обязательно предоставляйте производителю («РусАвтоматизации» в данном случае) полные данные. Это позволит подобрать оптимальное, безопасное и экономичное решение, соответствующее стандартам и вашим требованиям.

## Вывод

Номинальное давление – фундаментальный параметр безопасности. Его корректный учет на этапах проектирования, закупки и эксплуатации оборудования под давлением – прямая ответственность инженера, гарантирующая безаварийную и эффективную работу автоматизированных производственных систем.



## Общая схема реализации «умного» элеватора

## Выводы

Применение автоматики для контроля и учета зерна повышает рентабельность предприятия благодаря лучшей сохранности продукции, снижению затрат на персонал.

Если вам нужно внедрить или расширить систему автоматизации, обратитесь к специалистам АСУ ТП компании «РусАвтоматизация». Они оценят техническое задание, разработают по нему проект с решениями, которые подойдут для ваших процессов.

