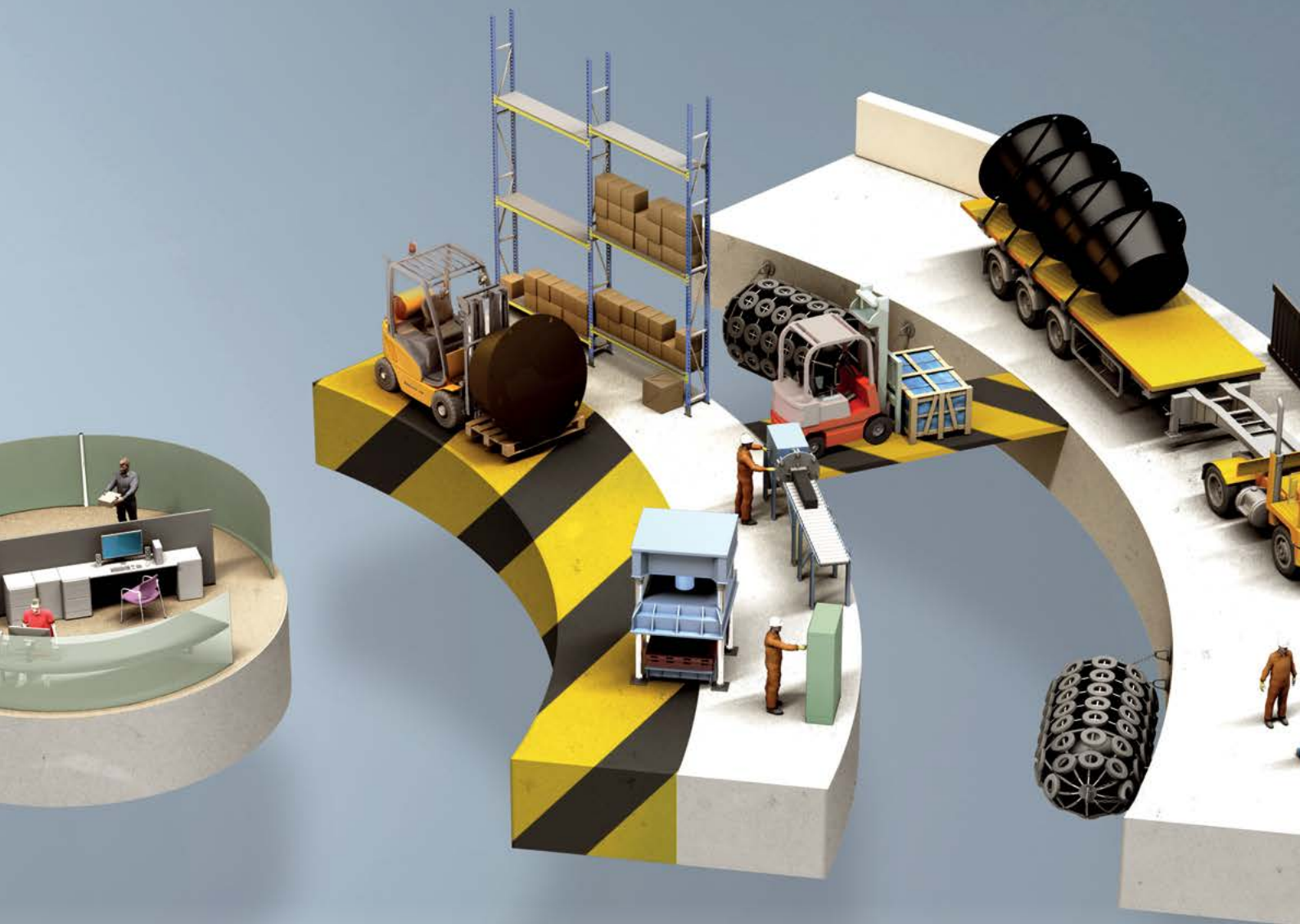


Пневматические кранцы: Метод производства имеет значение



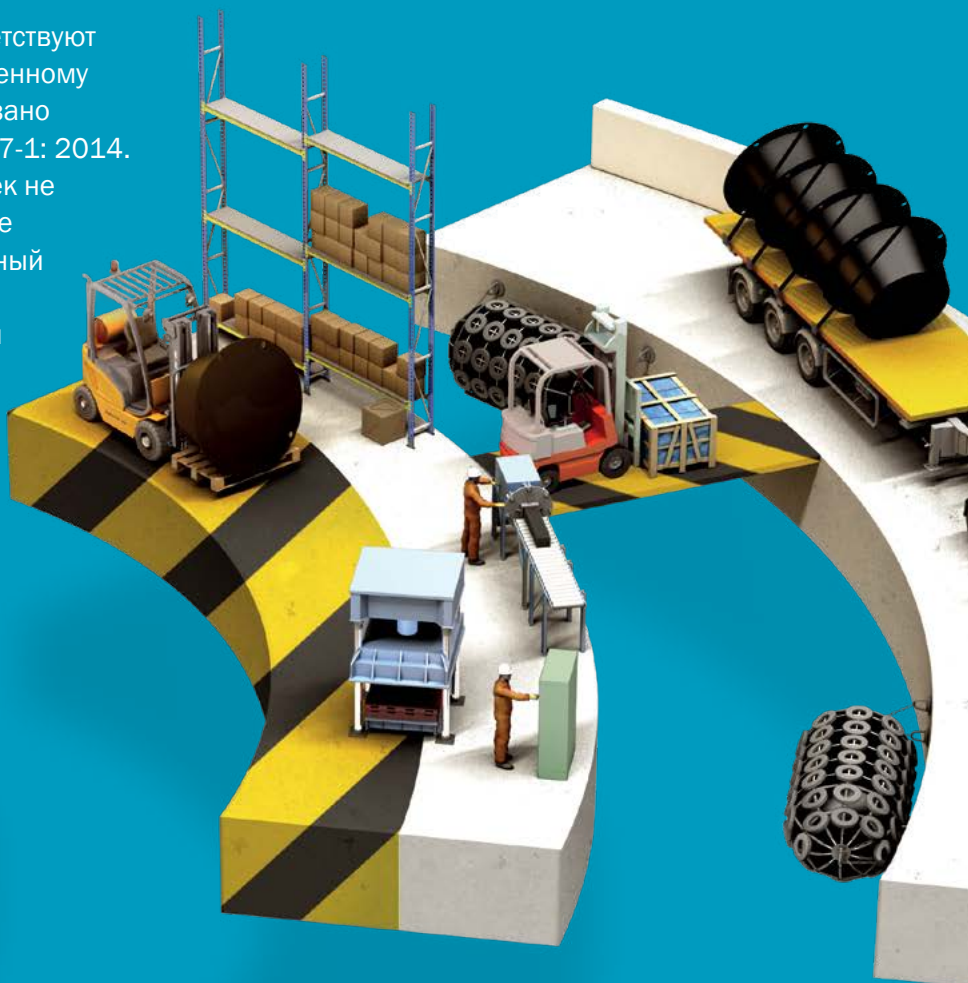
Критическое сравнение между изготовлением в пресс-формах и
изготовлением пневматических баллонов

Аннотация

Пневматические кранцы широко используются для операций судно-судно в открытом море, а также судно-берег в доках / причалах.

Поставка высококачественных и надежных кранцев, которые могут эффективно работать даже в самых суровых условиях окружающей среды, является абсолютной необходимостью. Поэтому чрезвычайно важно, чтобы каждое пневматическое устройство соответствовало стандарту ISO 17357-1: 2014, который гарантирует соблюдение правильного производственного процесса. В последнее время пневматические кранцы, которые изготавливаются с использованием процесса производства воздушных подушек, поставляются для использования во многих критических областях.

Однако такие кранцы обычно не соответствуют всему рекомендованному производственному процессу и свойств компаунда, как указано в соответствии со стандартом ISO 17357-1: 2014. Метод производства воздушных подушек не может достичь качеств кранцев, которое может быть достигнуто используя типичный процесс формования. В этой статье подчеркиваются различия в процессе производства и его влияние на качество пневматических кранцев.



Введение

В наши дни пневматические кранцы широко используются в качестве элементов защиты от столкновения двух судов при передаче нефти, газа и других продуктов. Очень важно, чтобы во время этой передачи сохранялся высочайший уровень безопасности.

Если кранцы изготовлены из материалов более низкого качества и не производятся в соответствии с высочайшими стандартами, они могут выйти из строя в критические моменты, например, при транспортировке сырой нефти в открытых местах в открытом море. Подобные аварии могут привести к ущербу для окружающей среды и поставить под угрозу здоровье и безопасность персонала.

Новый приток производителей, использующих методы производства пневматических баллонов

вызывают озабоченность отрасли из-за

сомнительного уровня качества их продукции. В этой статье исследуется разница в производственных процессах

метода пневматических баллонов

и традиционного способа, используя пресс-формы

для обращения внимания

на влияние производственного

процесса на

производительность,

безопасность

и срок службы

пневматических кранцев.

Оглавление

ОПЕРАЦИИ СУДНО-СУДНО	4
ПРОЦЕСС ВЫБОРА КРАНЦЕВ	5
ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БАЛЛОНОВ	6
СПУСК СУДНА И ОПЕРАЦИИ СУДНО-СУДНО	7
СРАВНЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЙ	8
ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БАЛЛОНОВ	10
СРАВНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА	12
ОБСУЖДЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА	16
ТРАДИЦИОННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС	18
ПРОИЗВОДСТВО ПНЕВМО-БАЛЛОНОВ И КАЧЕСТВО КРАНЦЕВ	19
ДИЗАЙН ВНУТРЕННЕГО ФЛАНЦА	25
ВЫВОДЫ	26



Судно-Судно применения

Транспортировочные операции судно-судно (STS) или лихтеровка - это операции, при которых сырая нефть или нефтепродукты перемещаются между морскими танкерами, пришвартованными рядом друг с другом. Такие операции могут происходить либо когда одно судно стоит на якоре, либо оба движутся с малой скоростью.

Кранцы, используемые в морских перегрузочных операциях STS, делятся на две категории:

- Основные:** 4 x 3300ммD x 6500ммL* расположены вдоль параллели корпуса корабля и обеспечивают максимально возможную защиту.
- Вспомогательные:** 2 x 1500ммD x 3000ммL* используется для защиты носа и кормы от случайного контакта при швартовке и отшвартовке.

* Примеры типовой компоновки показаны ниже и не являются стандартным расположением для всех кранцев.

Операция Судно-Судно (STS)

STS передача – обычный запуск пневматических кранцев

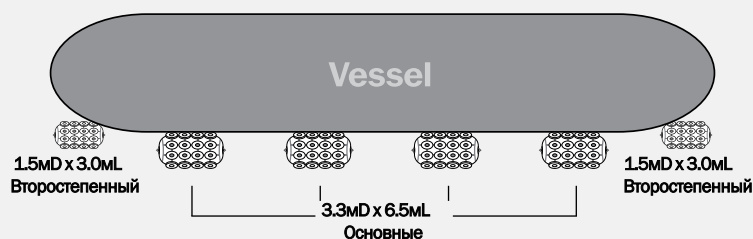


Рис 1: Лихтеровка

И основные и
второстепенные кранцы -
кранцы высокого давления с
внутренним давлением

50 или 80 КПа

Процесс выбора кранцев

В операциях STS, пневматический кранец должен соответствовать след.требованиям:

- Поглощать 5000-6000KJ энергии в сложных условиях для некоторых типов судов
- Создавать низкое давление на борт
- Генерировать достаточное расстояние между судами даже при высоких степенях сжатия (более 60% от диаметра кранца)

После контакта разгрузочное судно и принимающее судно обычно имеют разные вращательные и линейные движения. Эти движения оказывают огромное влияние на кранцы. Следовательно, кранцы должны выдерживать сдвиговые усилия даже при очень высоких и очень низких температурах, сохраняя при этом заданное внутреннее давление.

Ожидаемый срок службы этих кранцев - более 10 лет. Кранцы должны быть оснащены надежным предохранительным клапаном на случай, если внутреннее давление выйдет за пределы нормативного, и, обязательно должен поставляться с высококачественными и прочными аксессуарами, включая скобы, буксирные кольца, вертлюги и цепи. Эти аксессуары должны быть высочайшего качества, чтобы противостоять коррозии в морской воде в течение длительного времени.

Международный морской форум нефтяных компаний (OCIMF) был создан в апреле 1970 года после инцидента в каньоне Торри в 1967 году и стала ответом на растущую обеспокоенность общественности по поводу загрязнения моря, особенно нефтью. Стандарты OCIMF и отдельных компаний сосредоточены на наиболее важном аспекте операций STS - безопасной транспортировке грузов без риска для окружающей среды или повреждения судов.

Стандарт ISO 17357-1: 2014 определяет материал, характеристики и размеры пневматических резиновых кранцев. Он также определяет процедуры испытаний и осмотра таких кранцев. Однако в нем не рассматриваются какие-либо угрозы безопасности, связанные с его использованием. Пользователь несет ответственность за установление соответствующих правил техники безопасности и охраны здоровья и определение нормативных ограничений перед использованием пневматического отбойного устройства. Этот стандарт не рассматривает требования производственного процесса в отношении к аспекту безопасности пневматических кранцев.

Операции STS требуют высочайшего уровня безопасности. Пневматические кранцы являются неотъемлемой частью безопасных операций STS, и все компоненты кранцев должны выдерживать суровые условия эксплуатации. Вся операция зависит от нескольких кранцев, и если какой-либо из этих кранцев выйдет из строя, это нанесет серьезный ущерб судам, а также окружающей среде. Поэтому нельзя относиться легкомысленно к качеству кранца, самого важного компонента.

Применения для пневматических баллонов



Рис. 2: Запуск пассажирского лайнера «Императрица Канады» в 1960 году с использованием соответствующего пускового устройства.

Спуск на воду - одно из самых важных событий во всем процессе постройки корабля, и, для того чтобы спуски проходили гладко, каждой верфи необходимы средства для стыковки и спуска на воду, такие как гравировальный док, плавучий док и стапель. Эти основные сооружения известны как начальная базовая инфраструктура верфи, и их строительство требует огромных капиталовложений и времени.

Системы подушек безопасности сокращают потребность в крупных начальных инвестициях и делают процесс запуска более быстрым и экономичным.

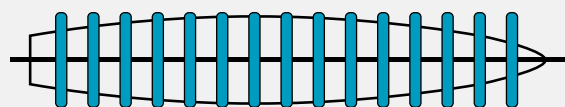
Морские резиновые подушки безопасности состоят из гигантского надувного резинового цилиндра с двумя коническими концами.

Подушки безопасности (баллоны) устанавливаются под корабль и инфлируются. Подушки безопасности обеспечивают поддержку корпуса корабля, и спуску судна на воду, осуществляется их вращением.

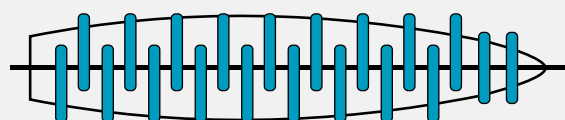
Этот процесс проще, экономичнее и, возможно, безопаснее, чем другие варианты, такие как боковой запуск.

В зависимости от размера и формы корабля он может быть спущен на воду либо методом торцевого спуска, либо методом бокового спуска.

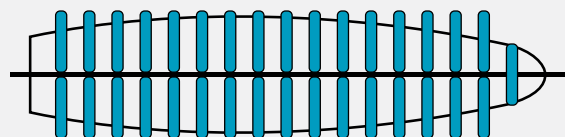
Есть три способа расстановки подушек безопасности при использовании метода торцевого запуска:



Однорядная расстановка



Перекрестная расстановка



Двухрядная расстановка

Наилучшая компоновка для метода торцевого запуска зависит от ширины корабля и длины подушек безопасности.

Спуск судна и операции судно-судно

Большое общее количество используемых подушек безопасности при спуске на воду означает, что повреждение одной или двух из них не является серьезной проблемой для операции. В операциях STS, где задействовано всего несколько пневматических кранцев, ситуация совсем иная.

При спуске подушки безопасности служат иным целям по сравнению с пневматическими кранцами в операциях STS. Эффективность спуска корабля на воду не зависит от характеристик или качества отдельной подушки безопасности. Основная цель использования подушек безопасности, мобильного продукта, который можно использовать повторно в течение ограниченного количества лет, - это безопасный спуск корабля с минимальными вложениями.

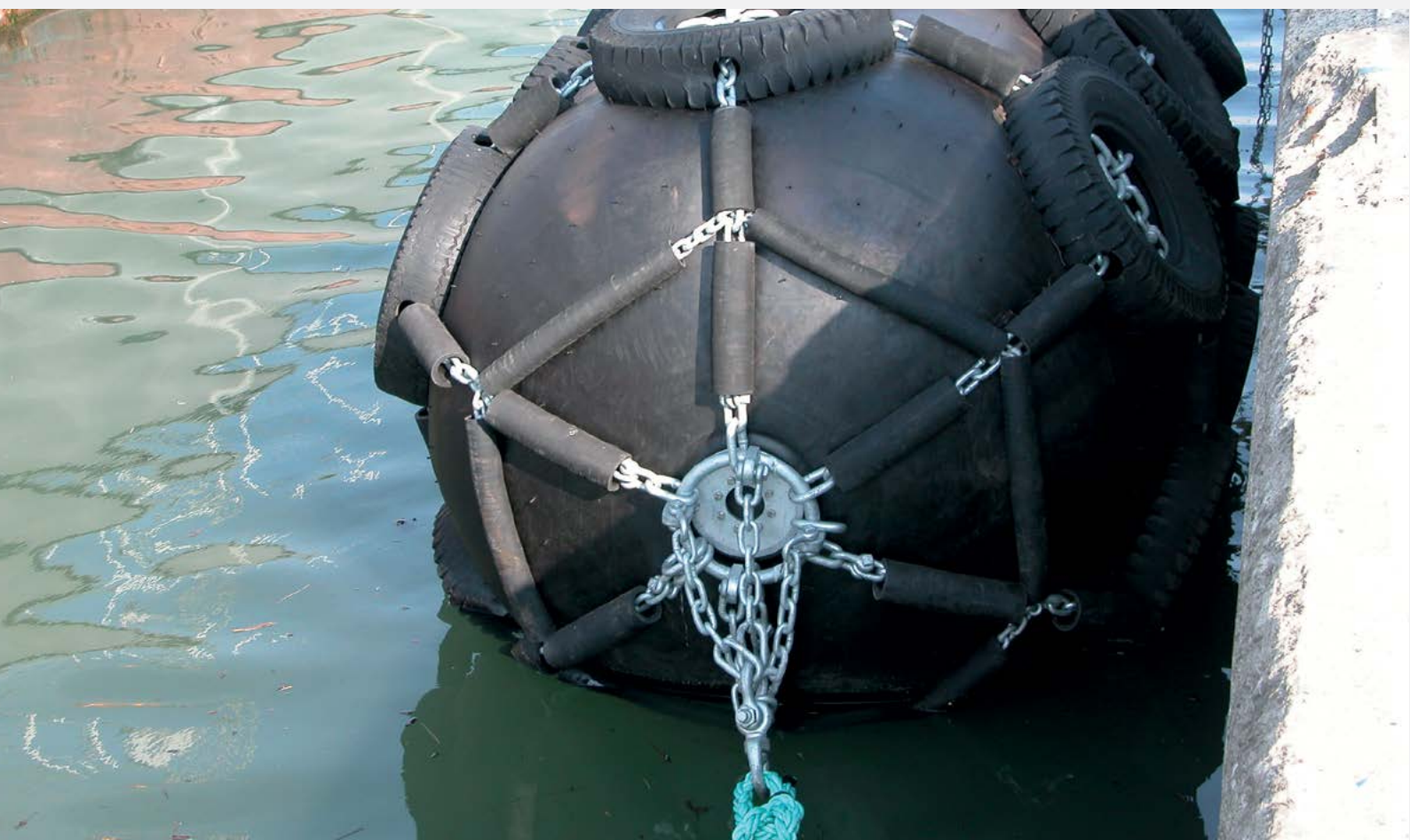
Считается, что производительность и качество пневматических кранцев более важны, чем в случае подушек безопасности при спуске на воду судов. Это говорит о том, что процесс производства пневматических кранцев требует особого внимания, чтобы гарантировать высочайшее качество продукции.

В следующем разделе мы обсудим конфигурацию и производство пневматических кранцев и подушек безопасности.



Рис 3: Спуск корабля с помощью пневматических баллонов

Сравнение баллонов и пневматических кранцев



Корпус пневматического кранца состоит из внутреннего слоя резины, слоя армирующего корда шин и внешнего слоя резины. Эти слои вулканизированы (закалены при высокой температуре и под высоким давлением) вместе, что обеспечивает превосходную адгезию между слоями с разными характеристиками.

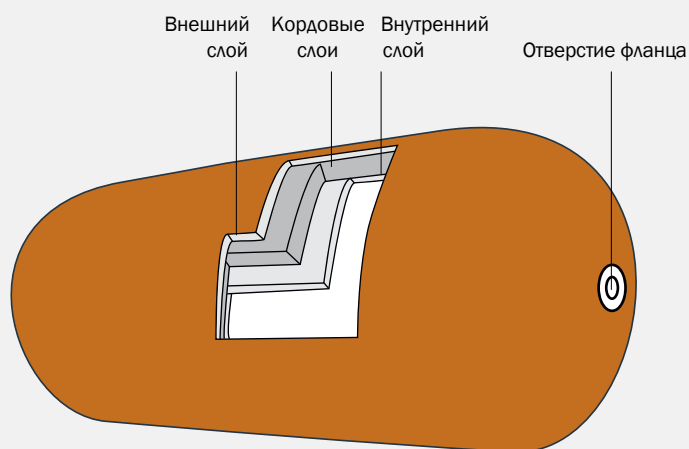


Рис.4: Различные компоненты пневматического кранца

Пневмо-баллон состоит из 3 частей:

1. **Горловина:** набор металлических клапанов, установленных на обоих концах баллонов для наддува воздуха. Один конец часто крепится к захвату, чтобы протянуть баллоны под судами.
2. **Оголовок:** коническая часть, соединяющая корпус и горловину пневматического баллона.
3. **Кузов:** Цилиндрическая часть подушки безопасности после наполнения воздухом.

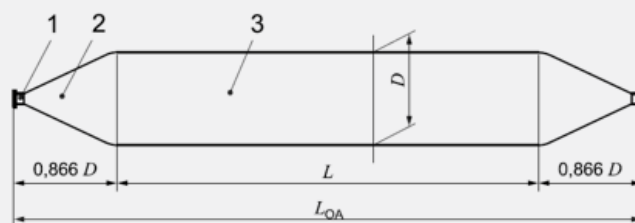


Рис 5: Различные части пневматических баллонов

Пневматические кранцы и пневматические баллоны имеют общие компоненты, требующие определенных свойств, как показано в следующей таблице:

КОМПОНЕНТЫ	ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КРАНЦЫ / ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ БАЛЛОНЫ
Внешний резиновый слой	■ Резиновая смесь внешней обшивки должна выдерживать интенсивное использование, в том числе истирание в неблагоприятных погодных условиях, а также защищать внутренний корд и внутренние слои резины. ■ Химический состав и толщина этого слоя чрезвычайно важны для выполнения этих требований, связанных с эксплуатационными характеристиками.
Армирующий слой (кордные слои)	■ Слои синтетического корда должны быть расположены под оптимальным углом, чтобы равномерно распределять нагрузку и напряжение во время сжатия и сдвига кранцев. ■ Этот слой, который обеспечивает прочность и сопротивление усталости отбойного устройства. ■ Количество требуемых слоев рассчитывается с использованием различных факторов, таких как толщина армирующего слоя, свойства корда (например, прочность и удлинение при разрыве) и углы между двумя слоями. ■ Большее количество слоев не обязательно придает большую прочность. Вместо этого, такие факторы, как угол между слоями, определяют максимальную прочность корпуса кранца. У оптимально спроектированного кранца будет минимальное количество слоев, но максимальная прочность корпуса.
Внутренние резиновые слои	■ Состав внутренней резины разработан для предотвращения утечки воздуха через корпус кранца.

Хотя конфигурация подушки безопасности (пневматического баллона) аналогична конфигурации пневматического кранца, существует огромная разница в процессах их изготовления. В следующем разделе мы обсудим производство пневматических баллонов.

Процесс производства пневматических баллонов

ПРОЦЕСС СОСТОИТ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ШАГОВ:

ШАГ 1

- Длинный цилиндрический мешок изготавливается из тонкого слоя резины, а затем вулканизируется. Он будет использоваться в качестве внутреннего резинового слоя конечного продукта.
- После вулканизации мешок оставляют надутым в течение нескольких часов, чтобы проверить отсутствие утечки воздуха. Этот мешок напоминает камеру футбольного мяча.

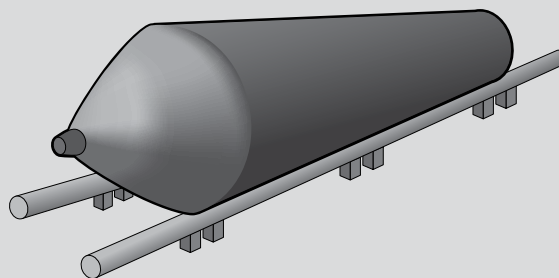


Рис. 6. Процесс производства пневмо-баллона без пресс-формы. Морской пневматический баллон расположен на двух роликах.

ШАГ 2

- Длинный мешок такой же длины, как и конечный продукт, помещается поверх двух вращающихся роликов, и на поверхность наносятся прорезиненный корд.
- Количество нанесенных слоев - согласно стандарта ISO 14409: 2011 для пневмо-баллонов разной емкости.
- Слои наносятся в продольном и окружном (поперечном) направлениях, образуя угол в 90° между кордами двух слоев.
- Слои наносятся вручную, а между слоями используется органический растворитель для увеличения адгезии.

ШАГ 3

- Две части конической формы собраны отдельно многослойными шинными кордами, и к ним присоединены металлические клапана.
- Затем две головные части присоединяются к основному корпусу путем наложения слоев шинного корда на тело.

ШАГ 4

- Внешние слоя резины наносятся в продольном направлении по частям, чтобы покрыть всю площадь.

ШАГ 5

- Пневмо-баллоны оборачиваются нейлоновой нитью для поддержания внутреннего давления.
- Собранный элемент перемещается в автоклав и вулканизируется с внутренним давлением воздуха и внешним давлением пара в течение определенного времени.



Рис. 7: Пневматические кранцы Trelleborg

Сравнение процессов производства

Пневматические баллоны (воздушные подушки), производятся по технологии, описанной в предыдущем разделе. Технология изготовления полностью отличается от обычного процесса изготовления пневматических кранцев с использованием пресс-формы.

В следующем разделе подчеркивается разница в двух методах производства:

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КРАНЦЫ: ТРАДИЦИОННЫЙ МЕТОД

- Пневматические кранцы производятся внутри пресс-формы. Форма установлена на двух роликах, чтобы ее можно было легко вращать в процессе сборки.



Рис.8: Форма для кранца размерами 3,3 x 6,5 м

- Цилиндрическая форма состоит из нескольких съемных частей: двух полусферических торцевых частей и двух или более прямых корпусных частей.



Рис.9: Вид сбоку формы с отверстием во фланце

МЕТОД ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БАЛЛОНОВ

- Пресс-форма не используется

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КРАНЦЫ: ТРАДИЦИОННЫЙ МЕТОД	МЕТОД ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БАЛЛОНОВ
СТЕП 1	СТЕП 1
■ Процесс производства начинается с разделения форм на две половины и ручного нанесения мягкого невулканизированного внешнего слоя резины на две прямые части после их тщательной очистки. ■ Помимо одиночных крыльев типа 1 (цельного типа, где один конец без открытого фланца и без металлических деталей), кранцы с шинно-цепной сетью (кранцы CTN) обычно имеют фланец на одном конце для крепления предохранительного клапана и фланец на другом конце, для крепления воздушного клапана. ■ Конструктивно, каждый фланец состоит из двух частей: внутреннего и внешнего.  Рис 10: Внутренний фланец пневматического кранца ■ Внутренние части фланцев закрыты внутренним слоем резины и крепятся к обеим сторонам пресс-формы болтами.	■ Баллон изготавливается путем соединения листов мягкой резины и вулканизируется в автоклаве. ■ Внутреннее давление создается впускным воздушным клапаном, прикрепленным к одному концу баллона.  Рис.11: Вулканизированный баллон служит внутренним слоем пневматического баллона (воздушной подушки).
ШАГ 2	ШАГ 2
■ На полусферические детали наносится внешняя резина путем постепенного вращения форм. ■ Затем слои прорезиненного корда укладываются под углом (45° - 60°) между каждым слоем. ■ Конец шинного корда заходит в бортовое кольцо (стальное кольцо вокруг области фланца) и затем загибается внутрь формы. Затем слои корда вручную сшивают с нижними слоями (Рис. 12). Это требование стандарта ISO 17357-1: 2014 в разделе 6.1.6.	■ Баллон помещается поверх двух роликов, и кордовые нити накладываются в вертикальном и горизонтальном направлениях (под углом 90° друг к другу) для создания корпуса и полусферической области. ■ Собранный элемент вращается на двух роликах, которые не создают достаточного давления для должного соединения слоев. ■ Для компенсации плохой адгезии применяется органический растворитель.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КРАНЦЫ: ТРАДИЦИОННЫЙ МЕТОД

ШАГ 2

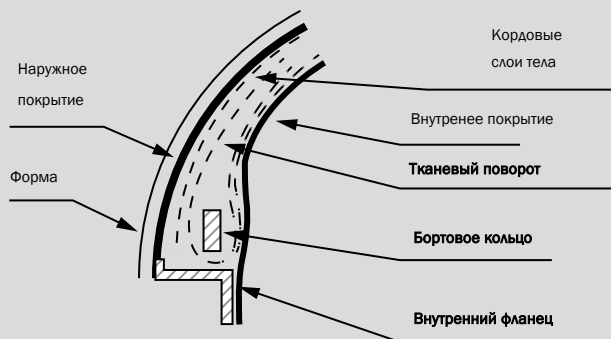


Рис. 12: Расположение бортового кольца при загибе кордовых слоев.

ШАГ 3

- После нанесения каждого слоя необходимо вручную удалить воздух, оставшийся между слоями.
- Это важный шаг, и преимущество изготовления изделий внутри жесткой формы состоит в том, что можно приложить достаточное давление к стальной форме с помощью ручного формовщика.



Рис.13: Нанесение слоев армирующего корда вручную

- После нанесения всех слоев армирующего корда на две половинки наносится внутренний слой резины.

МЕТОД ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БАЛЛОНОВ

ШАГ 2



Рис.14: Слои шинного корда накладываются на баллон под углом 90°.

ШАГ 3

- К каждому концу крепится внутренний фланец. Фланцы расположены на внутренней камере и обернуты слоями армирующего корда в продольном и поперечном направлениях.
- На ткани сделаны отверстия для выступов внутренних штифтов фланца для крепления к внешнему фланцу на более позднем этапе.



Рис.15: Внутренний фланец - конструкция

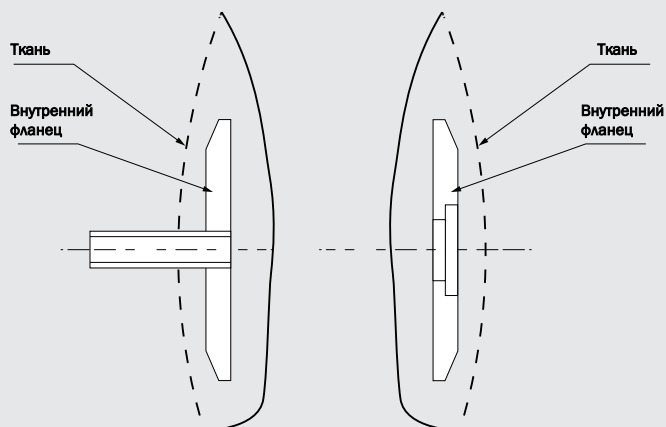


Рис. 16. Внутренний фланец и наложение корда на него. Поднять слои корда шины невозможно

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КРАНЦЫ: ТРАДИЦИОННЫЙ МЕТОД	МЕТОД ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БАЛЛОНОВ
ШАГ 4 ■ Две половины формы соединяются, и оператор входит в форму через фланец, чтобы вручную соединить каждый слой вместе в области разделения формы.	ШАГ 4 ■ Для придания окончательной формы наносится внешний слой резины.  Рис 18: Окончательная форма баллона перед вулканизацией.
ШАГ 5 ■ Установлены внешние фланцы, и внутрь формы подается сжатый воздух для проверки утечки воздуха перед переносом формы в автоклав для вулканизации.	ШАГ 5 ■ Кранцы полностью обернуты нейлоновой тканью для сохранения формы во время вулканизации. Затем вулканизацию проводят в автоклаве.
ШАГ 6 ■ После завершения вулканизации форма охлаждается и давление понижается. Затем форма разбирается, чтобы извлечь вулканизированный кранец.  Рис.17: Вулканизация кранца внутри автоклава	

Обсуждение производственных процессов



Пневматические кранцы изготавливаются путем наложения слоев резины и прорезиненной ткани друг на друга. Эти компоненты имеют разные характеристики удлинения. Предварительная сборка всех этих компонентов жизненно важна для превращения их в единое целое после вулканизации.

Лучше всего это достигается путем сборки изделия внутри пресс-формы. Метод изготовления кранцев методом пневмо-баллонов не позволяет добиться жесткости компонентов из-за ограничений, связанных с процессом производства.

В следующей таблице показаны основные различия между традиционным методом производства кранцев и методом производства подушек безопасности (пневмо-баллонов).

ТРАДИЦИОННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС	МЕТОД ПНЕВМО-БАЛЛОНОВ
Весь кранец построен внутри пресс-формы без использования предварительно вулканизированных компонентов.	- Кранцы построены на предварительно вулканизированном мягком баллоне, а не в пресс-форме. - Связывание предварительно вулканизированного компонента с невулканизированным компонентом всегда является проблемой в технологии изготовления резины, поскольку трудно достичь адекватной прочности соединения. - Поскольку наслоение выполняется на мягкий баллон, физическое давление не может быть применено для усиления связи между слоями. - Органические растворители неэффективны для склеивания различных слоев. Если растворитель не испаряется быстро, вероятность попадания воздуха между слоями увеличивается, что приводит к плохому соединению.
Конструкция бортового кольца широко применяется в шинной промышленности. Это помогает равномерно распределять нагрузки на корды шин в области фланца.	Бортовые кольца не используются в области фланца, поэтому не практикуется оборачивание слоев армирующего корда, что приводит к слабой конструкции области фланца и возможному его выдавливанию.
- Плохое соединение является результатом нежелательного попадания воздуха между разными слоями. - Пресс-форма, твердый металлический корпус, обеспечивает необходимую поддержку ручным формовщиком для приложения давления во время процесса наслоения и облегчает удаление воздуха между слоями.	Ручные формовщики нельзя использовать для удаления захваченного воздуха из-за отсутствия твердой формы.
- Внутренний фланец связан с корпусом кранца путем поднятия слоев армирующего корда. Не соединяется с внутренним слоем резины. - Баллоны не используются в качестве внутреннего слоя резины.	- Внутренний фланец соединен с предварительно вулканизированной камерой. Однако из-за сложности достижения надлежащей прочности связи между предварительно вулканизированной и невулканизированной резиной область фланца становится слабым местом. - Баллон дважды вулканизируют. Качество внутреннего слоя разрушается из-за тепла двойной вулканизации, что, в свою очередь, снижает прочность соединения между предварительно вулканизированным эластичным баллоном и слоями корда.
Пресс-форма обеспечивает единообразие внешних размеров кранца и улучшает внешний вид (отсутствие задиrow и др)	- Окончательная форма контролируется нейлоновой оплеткой вместо пресс-формы в качестве внешнего покрытия. - Это приводит к неровному внешнему виду поверхности и вызывает расхождения между предполагаемыми и фактическими размерами крыла.

Традиционный производственный процесс



Ориентация армирующего корда:

В традиционном методе используется пресс-форма, и армирующие корды накладываются под углом (45° - 60°), для достижения максимальной прочности кордов в конечном продукте. Количество слоев армирующего корда для достижения определенной прочности на разрыв рассчитывается на основе индивидуальной прочности корда, удлинения при разрыве, количества кордов на дюйм и угла между двумя слоями. Прочность кромки на разрыв можно достаточно точно рассчитать с помощью известных методов расчета. Когда теория согласуется с практикой, максимальная прочность достигается при минимальном количестве слоев.

В процессе производства пневмо-подушек армирующий корд укладываются под углом 90° между двумя слоями, так как это самая простая ориентация, которая может быть построена на мягком баллоне. Эта ориентация не позволяет использовать оптимальную прочность армирующего корда, поэтому необходимо использовать больше слоев для достижения той же прочности на разрыв.

Изготовление по пресс-форме:

Основная цель создания и вулканизации всех мультихарактерных компонентов корпуса пневматического отбойника внутри формы состоит в том, чтобы получить прочную однородную массу, которая работает вместе как одно целое во время критических применений.

Невозможно создать прочное и единообразное устройство на основе процесса производства подушек безопасности (баллонов). Процесс производства пневматических баллонов, влияет на прочность, жесткость, внешний вид и другие важные свойства кромки.

Конструкция бортового кольца:

В обычном производственном процессе «заворачивание» слоев армирующего корда через бортовое кольцо используется с обоих концов. Конструкция с «заворотом» снижает напряжение, возникающее в области фланца, за счет равномерного распределения нагрузок по всему корпусу во время сжатия и сдвига в реальном применении.

Процесс пневмо-баллонов и качество кранцев

Были исследованы несколько 3300 OD x 6500mmL кранцев, произведенные методом пневмо-баллонов.

- Был проведен ряд испытаний, таких как проверка размеров, эксплуатационное тестирование, испытания материалов, тест на разрыв и т.д.

PNE (баллон1)

Пневматические кранцы, изготовленные методом воздушных подушек.
Производитель #1

PNE (баллон2)

Пневматические кранцы, изготовленные методом воздушных подушек.
Производитель #2

PNE (пресс-форма)

Пневматические кранцы, изготовленные традиционным методом в пресс-форме

В таблице и изображениях ниже показаны основные различия во внешнем виде поверхности кранцев, изготовленных с использованием метода воздушных подушек (баллонов), и кранцы, изготовленные с использованием традиционного метода:

Внешний вид корпуса канца:

	ВНЕШНИЙ ВИД	ВЕС (КГ)	РАЗМЕР (ДИАМЕТР X ДЛИНА В М)
PNE (Airbag 1)	Грубый, неровный	1940	3.3 x 6.5
PNE (Airbag 2)	Грубый, неровный	2250	3.3 x 6.5
PNE (Mold)	Гладкий, ровный	1740	3.3 x 6.5

- Большая масса тела указывает на то, что использовалось большее количество слоев армирующего корда.
- Изготовление кранцев без использования пресс-формы приводит к неровной и шероховатой поверхности.



Рис.19: Внешний вид корпуса кранца (пневмо-баллоны 1 и 2 - неровная и шероховатая поверхность, пресс-форма - ровная и гладкая поверхность)

Расположение и размер предохранительного клапана:

	НАБЛЮДЕНИЯ ПО ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫМ КЛАПАНАМ
PNE (баллон 1)	Относительно небольшой клапан, неэффективен для пропуска больших объемов воздуха в аварийной ситуации.
PNE (баллон 2)	Больше по размеру по сравнению с PNE (баллон 1), но меньше, чем кранца PNE (пресс-форма). Емкость сброса воздуха ниже, чем у PNE (пресс-форма).
PNE (пресс-форма)	Эффективный и достаточно большой, чтобы быстро снизить внутреннее давление. Полностью соответствует требованиям ISO 17357-1: 2014.

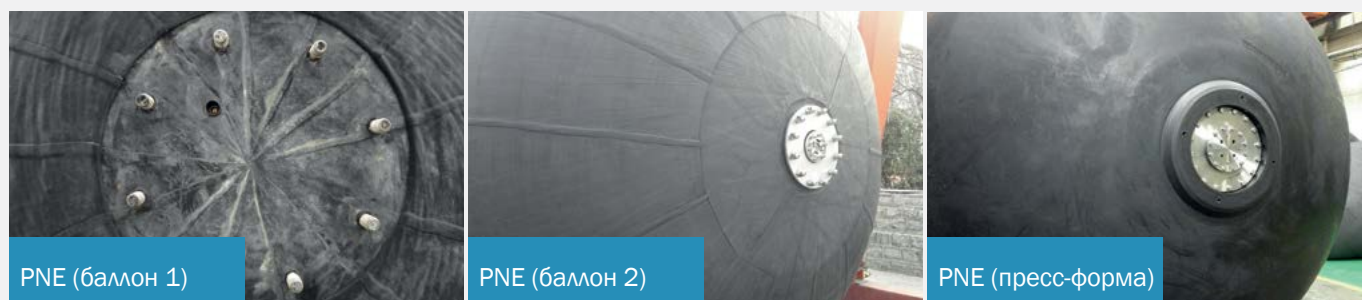


Рис.20: Расположение предохранительного клапана в области фланца

Что это означает в реальном мире: (реальные примеры качества кранцев)

- Пневматические кранцы, поставляемые производителями пневмо-баллонов, были установлены на причале круизного лайнера в Великобритании. О проблемах в работе впервые было сообщено в течение 6 месяцев после поставки и первоначальной установки.
- Корпус кранца был вырезан для исследования по запросу пользователя.



Небольшой клапан сброса давления ненадежен и не может сбросить достаточно воздуха во время аварийной ситуации. Это может привести к тому, что внутреннее давление превысит прочность корда, что приведет к его преждевременному разрыву.

Рис.21: Поврежденный клапан сброса давления - изготовлен методом пневмо-баллонов

Прочность адгезии между слоями:

Более низкая прочность адгезии указывает на более высокий риск расслоения при многократных сжатиях и во время высоких поперечных нагрузок на кранец, особенно при высоких температурах.

АДГЕЗИОННАЯ СИЛА Н/ММ						
	ВНЕШНИЙ РЕЗИНОВЫЙ и АРМИРУЮЩИЕ СЛОИ			ВОЛОКНА К ВОЛОКНАМ		
ЕД	PNE(баллон 1)	PNE(баллон 2)	PNE(пресс-форма)	PNE(баллон 1)	PNE(баллон 2)	PNE(пресс-форма)
Величина	5.11	4.73	8.50	5.03	2.35	9.20

Данные испытаний адгезионной прочности

	ПРОЧНОСТЬ СВЯЗИ МЕЖДУ СЛОЯМИ
PNE (баллон 1)	Прочность внешнего слоя к кордовым слоям ниже на 40%, а прочность между кордовыми слоями ниже на 45% по сравнению с PNE (пресс-формой).
PNE (баллон 2)	Прочность внешнего слоя к кордовым слоям ниже на 45%, а прочность между кордовыми слоями ниже на 75% по сравнению с PNE (пресс-формой).
PNE (пресс-форма)	Прочность связи высокая.

Что это означает в реальном мире: (реальные примеры качества кранцев для метода воздушных подушек)



Рис.22: Разделение между внешним слоем и кордовым слоем



Рис.23: Разделение между слоями армирующего корда

Наблюдалось явное разделение между внешними слоями резины и армирующим слоем из-за плохой связи. Кроме того, были замечены зазоры между армирующими слоями.





Физические свойства и толщина внешней и внутренней резиновой смеси:

ISO рекомендует проводить испытания вулканизированных резиновых смесей в лабораторных условиях, сразу после изготовления. Однако, для чистоты экспериментов, были собраны и протестированы образцы резины отобранные от конечного изделия. Следовательно, возможные отклонения от значений, указанных в стандарте ISO 17357-1: 2014, ожидалось в основном из-за трудностей с подготовкой проб из конечного изделия.

Ед	ВНЕШНИЙ СЛОЙ РЕЗИНЫ				ВНУТРЕННИЙ СЛОЙ РЕЗИНЫ			
	PNE (баллон 1)	PNE (баллон 2)	PNE (пресс-форма)	ISO 17357-1:2014	PNE (баллон 1)	PNE (баллон 2)	PNE (пресс-форма)	ISO 17357-1:2014
Твердость	64	46	67	60±10	59	44	56	50±10
Истирание (Н/мм)	614.0	111.2	576.0	≥400	-	-	-	NA
Толщина (мм)	2	4.13	5	NA	2.88	1.84	5	NA
Плотность (г/см3)	1.214	1.082	1.129	NA	1.235	1.172	1.110	NA

Физические свойства внутренних и внешних резиновых смесей

PNE (баллон 1). Толщина внешнего слоя составляла всего 2 мм по сравнению с 5 мм, используемом в отрасли. Существенно меньшая толщина внешнего слоя увеличивает вероятность воздействия на кордовые слои таких элементов окружающей среды, как тепло, озон и кислород. Толщина внутреннего слоя резины (баллона) составляла 2,88 мм.

PNE (баллон 2). Было установлено, что твердость внешнего слоя выходит за пределы указанного диапазона ISO, а прочность на разрыв значительно ниже указанной. Толщина внутреннего слоя резины (баллона) была чрезвычайно низкой, что предполагало возможную утечку воздуха и потерю давления во время сжатия.

Было отмечено, что свойства PNE (пресс-формы) соответствуют спецификациям ISO, несмотря на то, что образцы готовили из конечного продукта, а не из лабораторной смеси резины.

Полученная плотность при испытаниях достигла значений более 1,2 г/см3, что предполагает использование переработанной резины и белых наполнителей в PNE (баллон1) и PNE (баллон2). Термогравиметрический анализ (ТГА) образцов был проведен для определения химического состава использованных резиновых смесей. **(Более полное объяснение см.в техническом документе Trelleborg «Гарантия производительности отбойных устройств - почему не черное и белое»)**

Ед	PNE(Airbag 1)	PNE(Airbag 2)	PNE(Mold)	PNE(Airbag 1)	PNE(Airbag 2)	PNE(Mold)
Полимер (%)	47.6	59.6	53	46	52	55
Углерод (%)	21.9	28	29.7	19.5	16.4	27.6
Карбонат Кальция (%)	11.6	-	-	15.5	7.9	-

ТГА испытание химического состава резиновых смесей

Согласно результатам испытаний ТГА, состав внешнего и внутреннего слоев PNE (баллон1) содержит более 10% белого наполнителя (карбоната кальция). В отличие от технического углерода, белые наполнители не улучшают качество

Свойства резиновой смеси.

Карбонат кальция используется в рецептуре резины для снижения стоимости смеси.

Что это означает в реальном мире: (реальные примеры качества кранцев)



Рис.24: Открытый слой корда - метод пневмо-баллонов



Рис.25: Очень тонкий слой внешнего покрытия - метод пневмо-баллонов

- Армирующие корды видимы из-за недостаточной толщины покрытия внешнего слоя.
- Очень тонкий слой внешнего покрытия был поврежден из-за низкого качества резины и низкого сопротивления разрыву.
- Недостаточная толщина баллона была одной из причин дефляции в течение нескольких месяцев после установки.



Результаты испытаний армирующего корда

PNE (баллон 1). Количество слоев на 100 мм и прочность на разрыв были ниже, а удлинение на разрыве было выше. Это указывает на то, что для достижения такой же прочности на разрыв и стабильности размеров требуется больше слоев по сравнению с PNE (пресс-форма).

PNE (баллон 2). Прочность на разрыв была ниже, а относительное удлинение при разрыве было выше. Для достижения такой же прочности на разрыв по сравнению с PNE (пресс-форма) требуется больше слоев.

PNE (пресс-форма). Более высокая прочность и меньшее удлинение на разрыв.

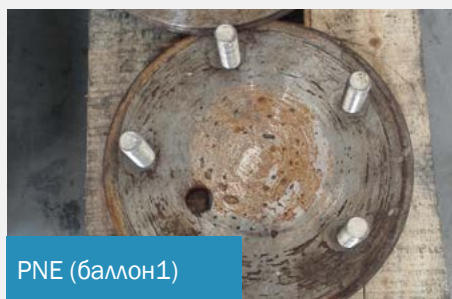
ЕД	PNE (баллон 1)	PNE (баллон 2)	PNE (пресс-форма)
Кол-во слоев на 100мм	70	100	105
Разрывная сила / корд	312.76	306.2	315.2
Прочность на растяжение / корд	218.93	306.2	330.96
Удлинение %	26.22	29.08	17.04

Испытание на прочность корда

Дизайн внутреннего фланца

Для установки бортового кольца, внутренний фланец PNE (пресс-формы) отличается от внутреннего фланца PNE (пневмо-баллона).

Таким образом, существует много различий в конструкции между внутренними фланцами традиционного пневматического кранца и пневмо-баллона. Неполнота дизайна и ограничения в конструкции пневмо-баллонов не допускает установку бортового кольца. В конечном итоге это приводит к ослаблению крепления фланца.



PNE (баллон1)



PNE (баллон2)



PNE (пресс-форма)

Рис 26: Конструкция внутренних фланцев

Что это означает в реальном мире: (реальные примеры качества кранцев)

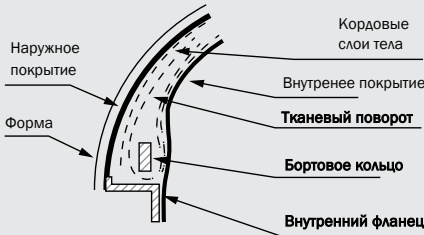
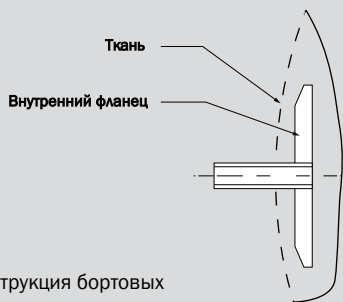
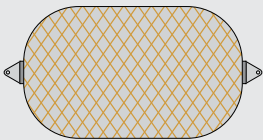
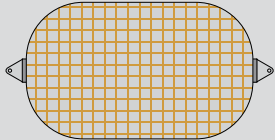


Рис 27: Сломанный и оголенный внутренний фланец

- Во время испытаний давлением, предохранительный клапан и фланец были отсоединены от корпуса PNE (баллон 2).
- При осмотре было замечено, что резина почти не адгезировалась к поверхности обеих сторон фланца, что позволяет предположить об отсутствии адгезии между внутренним фланцем и внутренним баллоном.

Выводы

Основываясь на обсуждениях в предыдущих главах, в следующей таблице приведены основные различия между традиционным методом в пресс-формах и методом воздушных подушек (пневмобаллонов) при изготовлении пневматических кранцев.

	ТРАДИЦИОННЫЙ СПОСОБ	МЕТОД ВОЗДУШНЫХ ПОДУШЕК
Бортовое кольцо с выступом Уменьшена возможность неравномерного распределения напряжений на двух полусферических концах.	 Бортовые кольца используются на обоих концах	 Конструкция бортовых колец не используется
Пресс-форма Помогает в достижении превосходной прочности соединения между различными слоями.	 Используется пресс-форма	Пресс-форма не используется
Ориентация кордовых слоев Обеспечивает прочность кранцев под нагрузкой	 45° – 60°: Максимальное использование кордовой силы	 90°: Ориентация корда (не рекомендуется ISO).
Внутренний слой резины - Предел прочности - Толщина - Белый наполнитель (CaCO₃).	Согласно величинам ISO 5 мм (отраслевой стандарт). Отсутствует	< рекомендуемых значений ISO 1.84 мм (очень тонкий). 15.5% (<5% отраслевая рекомендация)
Внутренний фланец - Качество - Материал	 Спроектирован с наличием бортового кольца Сталь Q345.	 Не предназначен для размещения бортовых колец Сталь Q235 (меньшая прочность в сравнении с Q345).



В этой статье мы попытались выделить различия между традиционным методом и методом производства пневмо-баллонов. При использовании обычного метода, при котором весь кранец собирается внутри пресс-формы и вулканизируется вместе с ним в автоклаве*, наблюдается явное влияние на внешний вид, стабильность размеров и связь между слоями, что приводит к более надежной и долговременной работе.

С другой стороны, пневматические кранцы, изготовленные с использованием метода воздушных подушек, ясно показали недостатки в их конструкции, которые наблюдались в процессе испытаний. Причина этих недостатков может быть связана с отсутствием бортового кольца и конструкции-расположения армирующих слоев, изготовлением кранца без пресс-формы. Кроме того, меньшая толщина внутреннего слоя резины по сравнению с отраслевым стандартом, ее меньшая прочность на разрыв по сравнению со стандартом ISO 17357-1: 2014 и использование металлических деталей более низкого качества в конструкции способствуют возникновению наблюдаемых недостатков.

Из результатов испытаний и эксплуатационных характеристик реальных кранцев очевидно, что недостатки способа изготовления пневмо-баллонов серьезно влияют на жесткость и надежность кранцев, что приводит к снижению долговечности, устойчивости к усталости, а также устойчивости к давлению.

Поскольку бортовые кольца (связанные с использованием пресс-формы) и прочность резины на разрыв внутреннего слоя являются требованиями аккредитации ISO 17357-1: 2014, их отсутствие в методе производства пневмо-баллонов делает кранцы несовместимыми с отраслевым стандартом.

В заключение, такие кранцы, которые не были оптимально спроектированы и собраны, могут считаться ненадежными для использования в критических областях, где безопасность не должна быть скомпрометирована.

*За исключением кранцев большего диаметра и длины.



Trelleborg - мировой лидер инженерных полимерных решений, которые уплотняют, амортизируют и защищают критические приложения в экстремальных условиях. Решения, которые повышают продуктивность клиентов на устойчивой основе.

WWW.TRELLEBORG.COM/MARINEANDINFRASTRUCTURE



facebook: [TrelleborgMarineandInfrastructure](https://www.facebook.com/TrelleborgMarineandInfrastructure)
twitter: [@TrelleborgMI](https://twitter.com/TrelleborgMI)
youtube.com/user/TrelleborgMarineandInfrastructure
flickr.com/people/marineandinfrastructure
linkedin.com/company/trelleborg-marine-and-infrastructure
Thesmartapproachblog.trelleborg.com