

**Минимизация пульсаций давления,
вызываемых смесительным насосом**



Минимизация пульсаций давления, вызываемых смесительным насосом

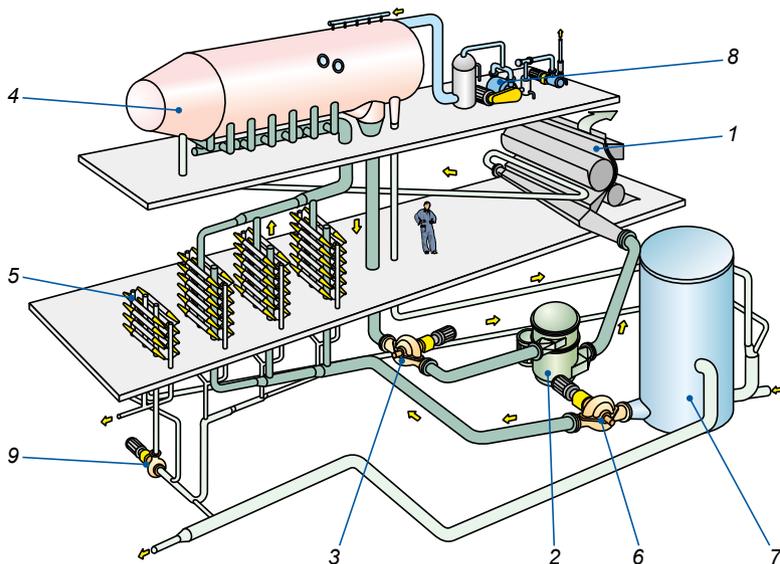
Основная задача смесительного насоса в составе системы короткой циркуляции бумагоделательной машины состоит в обеспечении постоянного потока и давления в напорном ящике. Остальные требования: высокий КПД, надежная конструкция, а так же гладкие внутренние поверхности во избежание забивания волокон.

Конструкция системы короткой циркуляции и качество ее исполнения оказывают непосредственное влияние на качество производимой бумаги. Смесительный насос является одним из основных компонентов, влияющих на конечный продукт. Рис.1 показывает типовую систему короткой циркуляции БДМ.

Пульсации давления, созданные смесительным насосом, могут вызывать неприемлемые колебания массы m_2 в машинном направлении (рис. 2).

Так как работа насоса невозможна без пульсаций, необходимо снизить их до приемлемого минимума путем применения соответствующей конструкции и качественного изготовления насоса.

Эта брошюра иллюстрирует базовые принципы возникновения пульсацией давления, вызываемых насосом и пути их минимизации. Другие источники пульсаций так же затрагиваются, как и принципы проектирования и изготовления напорного ящика.



- | | |
|------------------------------|--|
| 1 Напорный ящик | 6 насос ZPP/Z22 или AHLSTAR A |
| 2 Напорная сортировка | 7 Бак оборотной воды |
| 3 Смесительный насос ZPP/Z22 | 8 Вакуумный насос |
| 4 Деаэратор | 9 AHLSTAR A – насос отходов сортирования |
| 5 Вихревая очистка | |

Рис. 1. Система короткой циркуляции

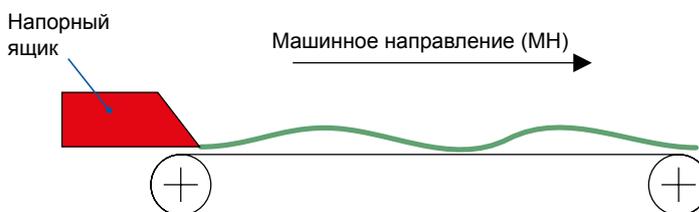


Рис. 2. Колебания массы m_2 в машинном направлении



Пульсации давления в системе короткой циркуляции БДМ

Так как система КЦ комплексная, источники пульсации давления могут возникать, усиливаться или компенсироваться различными компонентами, установленными в системе КЦ.

Так как существует несколько причин возникновения пульсаций в системе КЦ, крайне необходимо разрабатывать, изготавливать и монтировать ее компоненты, как и всю систему, таким образом, чтобы пульсации давления были настолько низкими, насколько это возможно. Это будет гарантировать стабильную работу машины и постоянное качество продукции.

Источники пульсации давления в системе короткой циркуляции БДМ

Сортировки

- конструкция и качество вращающихся элементов и сита

Трубопроводы

- конструкция и опоры

Механические вибрации

- плохо зафиксированные трубопроводы
- насосы, сортировки и другие компоненты, плохо зафиксированные на фундаменте
- само здание

Привод насосов

- редуктор
- муфта
- система регулируемого привода

Конструкция системы

- наложение рабочих частот: насосы и сортировки
- резонансные частоты насосов и системы (в т. ч. труб)
- управление запорным клапаном
- управление рециркуляцией

Смесительный насос

- качество конструкции и изготовление, особенно рабочего колеса
- положение рабочей точки от точки макс. КПД
- условия на всасе (NPSH)

Принципы пульсации давления

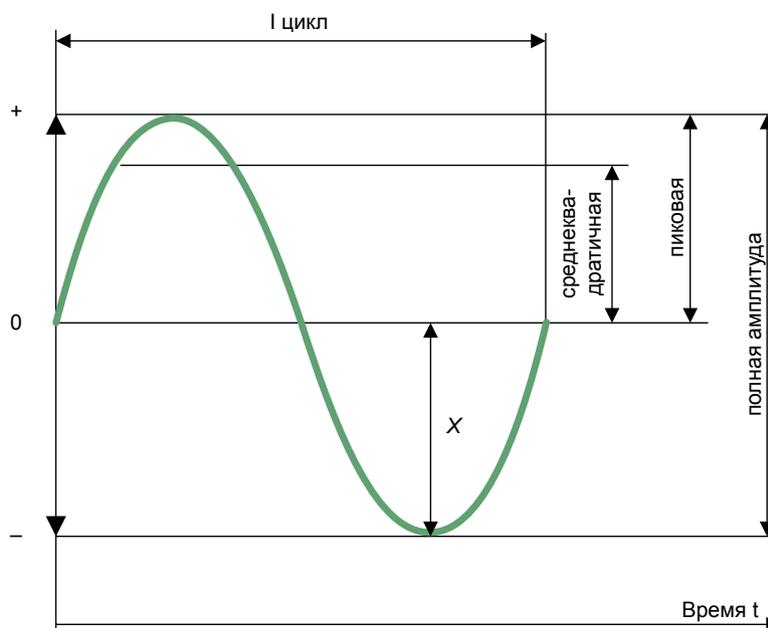
Частота

Частота, рис. 3, это количество пульсаций в единицу времени, т.н. кол-во циклов в секунду, при измерении частоты в Гц (Герц) имеется в виду число циклов в минуту.

Амплитуда

Амплитуда, Рис. 3, в случае пульсации давления это максимальная величина импульса относительно среднего значения. Значение амплитуды может быть выражено несколькими путями: в Паскалях (Па), мбар (миллибарах), м.в.ст. (метр водного столба).

Рис. 3 показывает графически и математически взаимосвязь между этими терминами: среднеквадратичная (RMS), пиковая (peak) или полная амплитуда (peak-to-peak).



Частота (f) = Гц (циклов в минуту)	Среднеквадратичная (RMS) = пик/ $\sqrt{2}$
Амплитуда (X), среднеквадратичная (RMS), пиковая (peak) или полная амплитуда (peak-to-peak) = Па, мбар, м.в.ст., psi	Полная амплитуда (peak-to-peak) = rms $\times 2\sqrt{2}$
	1000 Па=10 мбар = 0,102 м.в.ст.=0,15 psi

Рис.3. Основы пульсации давления: частота и амплитуда

Резонанс

Эффект резонанса наблюдается когда устройство посылает определённые вибрации (пульсации) на частоте равной частоте собственных колебаний трубопровода или другого агрегата. Когда второй агрегат получает вибрацию, он так же начинает вибрировать.

Соответственно резонансная вибрация может обладать много большей амплитудой, чем первичная амплитуда вибрации или пульсации.

Наложение пульсаций

Наложение пульсаций имеет место, когда два или более компонентов, таких как смесительный насос или напорная сортировка, создают пульсации на одинаковых или близ-

ких друг к другу частотах. Результатом является рост амплитуды пульсации давления.

Только периодические пульсации давления, которые гармонируют с частотой вращения насоса (n) вызваны насосом.

Пульсации давления, вызванные центробежным насосом

Пульсации давления на лопастной частоте

а) Пульсации давления на частоте лопастей рабочего колеса (fz) вызываются каждой лопастью при прохождении через «корпусной водорез» - участок, где поток переходит из вращательного движения в поступательное. Рис.4.

Эффект примерно такой же как при очень быстром закрытии задвижки: это вызывает гидроудар.

Пример:

$z = 7$ лопастей
 $n = 600$ об/мин
 $fz = z \times n / 60 = \text{Гц}$
 $fz = 7 \times 600 / 60 = 70 \text{ Гц}$

Расстояние между рабочим колесом и водорезом корпуса влияет на амплитуду пульсаций. Для сохранения низких пульсаций необходимо соблюдать определенное расстояние, определяемое гидравлическими характеристиками насоса.

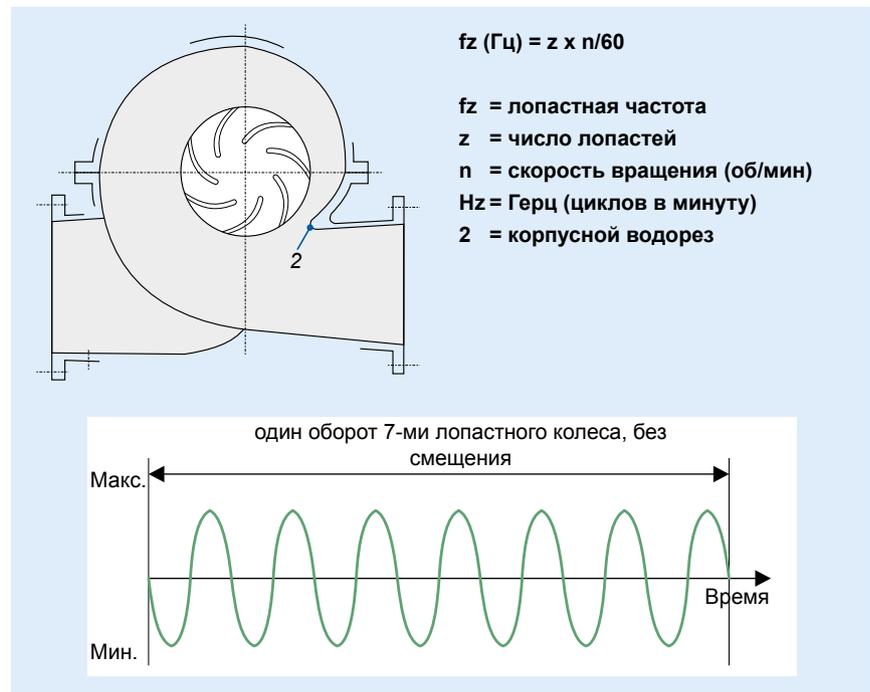


Рис. 4. Пульсации давления на лопастной частоте колеса



Рис. 5. Варианты лопастей рабочего колеса

b) Форма лопастей колеса. Рис. 5 показывает различные варианты лопастей. В случае рис. 5а, кромка прямых, не смещенных друг относительно друга лопастей, проходит водорез всей своей шириной сразу, амплитуда импульса существенно больше, чем в другом случае, когда лопасти смещены или скошены и смещены одновременно, Рис. 5с.

В этом случае ширина лопасти, проходящей водорез в единицу времени существенно меньше и соответственно магнитуда импульса будет меньше. Эффект будет еще больше если лопасти колеса не разделены перегородкой.

Рис. 6 показывает разницу пульсаций давления Δp между прямыми лопастями с прямой перегородкой и со смещенными прямыми лопастями в зависимости от подачи насоса. График показывает относительную разницу между этими типами колес (лопастей).

Пульсации давления на частоте вращения

Пульсации давления на частоте вращения могут быть вызваны:

- эксцентricностью форм, что означает эксцентricность формы рабочего колеса и/или отверстия колеса и свободной зоны рабочего колеса
- неточностью в симметричности поверхностей, что характеризуется недостаточностью перпендикулярности и/или местной неправильностью поверхности рабочего колеса (Рис.7)
- неправильностью балансировки вращающихся узлов

Пример:

$$n = 1000 \text{ об/мин}$$

$$fn = n/60 = \text{Гц}$$

$$fn = 1000/60 = 16,6 \text{ Гц}$$

Результатом неприемлемых пульсаций давления на частоте вращения отражается на массе m_2 полотна в машинном направлении (МН), что иллюстрирует Рис. 8.

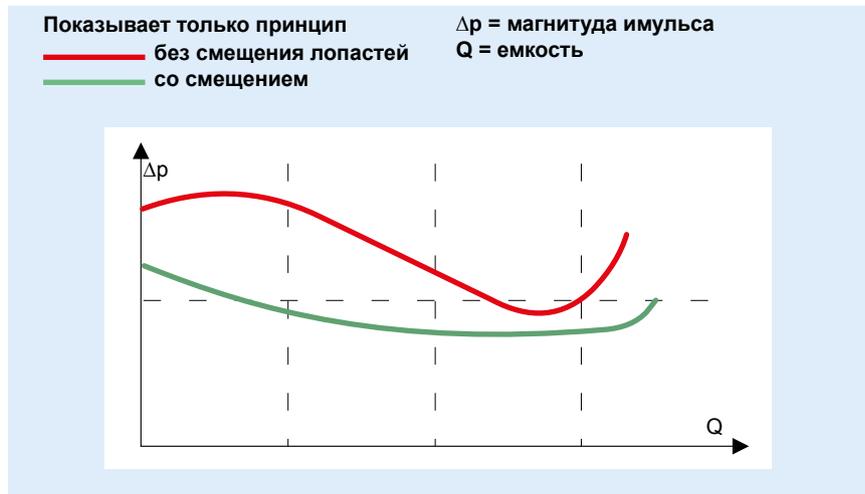


Рис. 6. Влияние формы лопастей на пульсации давления при различной подаче flows

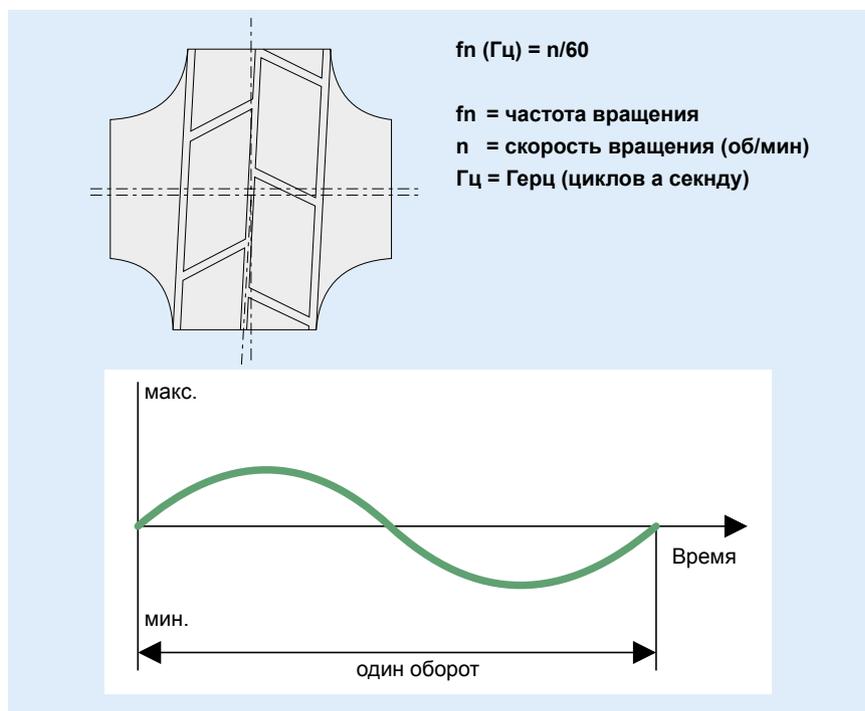


Рис. 7. Пульсации давления на частотах вращения

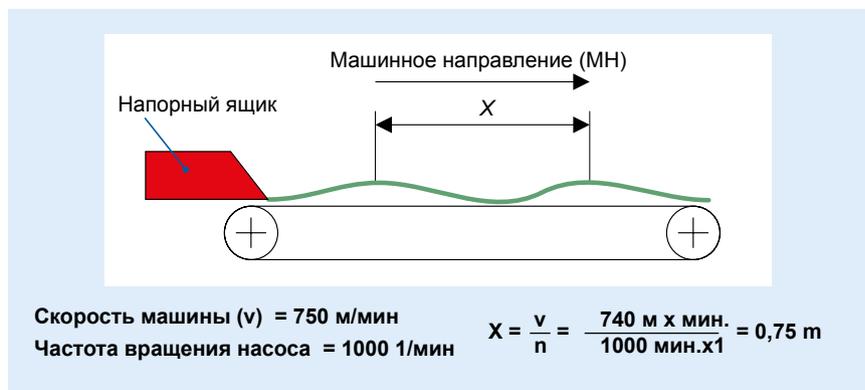


Рис. 8. Колебания массы метра квадратного в машинном направлении на частоте вращения насоса

Влияние условий со стороны всаса

Если разница между NPSHa (Net Positive Suction Head - кавитационный запас), доступным в системе, и NPSHr, требуемым насосом слишком мала и это может сказываться на уровне пульсаций. NPSHa системы должен быть выше чем NPSHr насоса.

Другие аспекты пульсаций давления вызываемых центробежным насосом

а) Пульсации давления вызываемые насосом могут быть обнаружены на нескольких частотах (1...x крат от частоты вращения). Наибольшую амплитуду пульсации имеют на частотах = 2x скоростям вращения (fn) и на 1x и 2x от лопастной частоты (fz).

Пульсации давления на двойной частоте вращения (fn) могут возникать вследствие несоосности привода и насоса. Так же они могут возникнуть вследствие люфтов в муфту или передающем вращение узле.

б) Уровень пульсаций давления определяется положением фактической рабочей точки по отношению к точке наивысшего КПД. Рис. 9 показывает, что наименьший уровень пульсации имеют если рабочая точка насоса лежит вблизи точки макс. КПД.

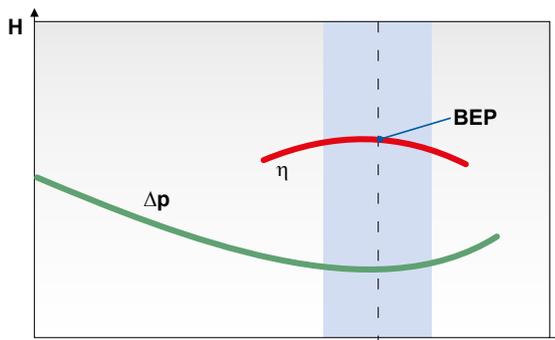


Рис. 9. Влияние рабочего положения на пульсации давления

Форма колеса и качество изготовления

Так как форма рабочего колеса и качество его изготовления являются наиболее важными факторами в отношении пульсаций давления, им должно быть уделено особое внимание.

Рис. 10 показывает важнейшие нюансы и этапы производства для обеспечения высокой точности изготовления колеса, вызывающего только пульсации низкого давления.

- 1 Высокоточное литье
- 2 Лопастные смещены и наклонены
- 3 Симметричные проходы
- 4 Соосность поверхностей всаса и нагнетания, симметричные лопасти и их углы
- 5 Высокая точность и симметричность форм колеса
- 6 Динамическая балансировка ротора
- 7 Точное производство, контроль качества

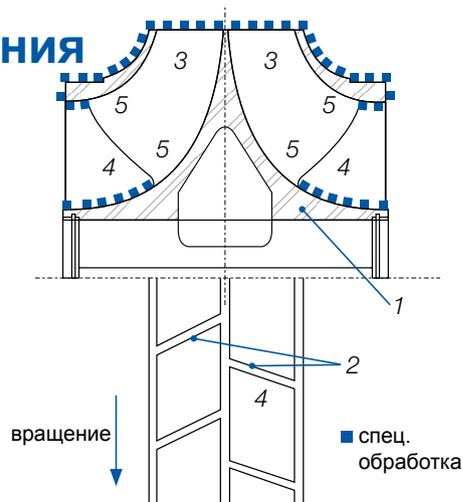
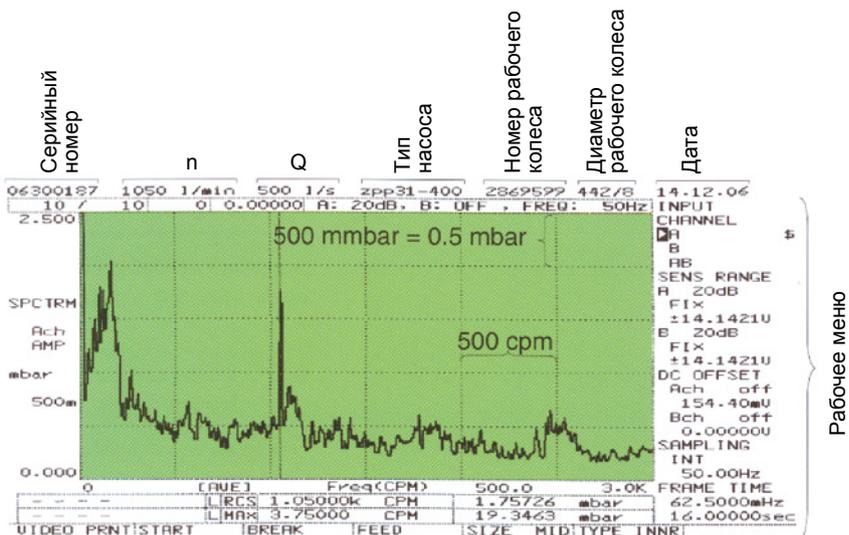


Рис. 10. Особенности конструкции и изготовления рабочего колеса

Обозначение	ZPP31-400
№ работы	300187
Серийный №	92300187
Дата теста	Дек 14, 2006
Скорость 1/мин	1050 об/мин
Пульсации на частоте вращения	
мбар	± 1,75
мм в.ст.	± 17,8

Рис. 11. Пример протокола пульсаций



Минимизация пульсаций давления

Для минимизации пульсаций центробежного насоса в напорном ящике необходимо учитывать следующие аспекты.

Пульсации давления на лопастной частоте

Пульсации давления на лопастной частоте (fz) могут быть снижены:

- конструкцией и качеством изготовления рабочего колеса
- использованием колес с наклонными, разделёнными и смещёнными лопастями
- за счет обеспечения определённого расстояния между колесом и корпусным водорезом
- ослаблены за счет снижения сопротивления (трения) труб и других компонентов системы

Основываясь на опыте, частоты пульсаций давления на лопастной частоте в большинстве случаев превышают 60 Гц, и так как они гасятся системой подачи массы, их влияние на качество конечной продукции не существенно. Однако использование более быстроходного насоса будет преимуществом, так как чем выше частота пульсаций, тем легче их ослабить.

Пульсации на частотах вращения

Пульсации давления на частоте вращения (fn) могут быть снижены:

- конструкцией и качеством изготовления рабочего колеса
- динамической балансировкой ротора
- пульсации будут наименьшими, если рабочая точка близка к точке максимального КПД
- пульсации будут наименьшими на двойной частоте вращения, если используется зубчатая муфта

Другие аспекты

а) Наложение рабочих частот насоса и сортировки. Так как сортировка, располагающаяся между смесительным насосом и напорным ящиком, так же создает пульсации давления, их частоты не должны быть близкими к частотам пульсаций насоса. Иначе будет иметь место усиление этих частот.

б) Смесительные насосы зачастую используются на переменной частоте вращения, соответственно двигатель должен быть регулируемым.

с) На рынке доступны устройства ослабления колебаний, но прежде всего при проектировании системы короткой циркуляции машины необходимо уделять внимание проектированию и использованию узлов, так чтобы они создавали только пульсации с низкой амплитудой, не влияющие на качество продукции.

Испытания на пульсации давления

Тесты на пульсацию могут выполняться на специальном стенде на заводе-изготовителе насоса. Как пример протокола испытаний указаны на Рис.11. График показывает амплитуду пульсаций давления на определенной частоте.

Вертикальная ось соответствует амплитуде, с шагом большого деления 500 ммбар (0,5 мбар) между пунктирными линиями. Макс. величина шкалы 2.500 мбар. Значения представлены как среднеквадратичные (RMS). Горизонтальная ось для частоты разделена на интервалы по 500 срт (циклов в минуту). Полная длина выборки - 3000 срт (50 Гц).

Пульсации давления на скорости вращения составили 1,75 мбар в этом примере. Масштабы могут быть изменены, например частотный диапазон до 200 Гц. Другие обозначения смотри на рис. 11.

Заключение

Sulzer поставил более 5000 смесительных насосов и насосов первой ступени очистки для напорных ящиков бумагоделательных машин по всему миру и обладает выдающимся числом референций различных применений насосов для выработки разных типов бумаг.

Все это, вместе с нашими исследованиями и современными методами конструирования и производственными мощностями позволяет поставлять специальные насосы для производств высококачественной бумаги.

ЗАО «Зульцер Насосы»
195220 Россия, Санкт-Петербург,
Гражданский пр., 11, этаж 10
Тел. +7 (812) 324 74 27
Факс +7 (812) 324 74 26
spb@sulzer.com

Филиал ЗАО «Зульцер Насосы»
620089 Россия, Екатеринбург,
ул. Машинная, 42а, офис 1107
Тел. +7 (343) 253 19 11
Факс +7 (343) 253 19 12
ekat@sulzer.com

www.sulzer.com



E00531 ru 11.2016, Copyright © Sulzer Ltd 2016

Данным буклетом не обеспечиваются какие-либо гарантии. Для получения сведений о предоставляемых на оборудование гарантиях обращайтесь к нашим специалистам. Инструкции по использованию и безопасности предоставляются отдельно. Вся предоставленная здесь информация может быть изменена без уведомления.